جامعة الحمدانية

كلية التربية

قسم الفيزياء

مادة الطاقة الشمسية المرحلة الثالثة

الفصل الأول

مقدمه في الطاقه الشمسيه

ان مفهوم الطاقه الشمسيه قد استخدم منذ ان خلق الانسان على الارض اي منذ ملايين السنين فقد استخدمت الطاقه في البدايه على شكل غذاء للانسان ثم اكتشف الانسان النار واستخدمت كمصدر الطاقه في الطبخ والتدفئه وبمرور الزمن استخدم الانسان الطاقه في الزراعه و استخدم طاقه الرياح لتسيير السفن و الطواحين الهوائية وكذلك استخدام الطاقه المائيه لتدوير النواعير و التوربنيات فالى هذا الحد فان الانسان يستخدم الطاقه الشمسيه بصوره غير مباشره .

بعد قيام الثوره الصناعيه اي بعد اكتشاف الماكنه البخارية سنه ١٧٠٠ فاستخدم الانسان لاول مره مصادر طاقه جديده بكميات كبيره وهي الفحم والوقود الحجري وكذلك النفط ان هذه المصادر متوفره لديه وليس هناك حاجه الى ان يكون قرب مصدر المياه او ان يحاول استخدام الرياح وادخلت عندئذ الكهرباء ومحطات توليد الكهرباء لتوليد الطاقه باستخدام الوقود و بعد الحرب العالمية الثانية استخدمت الطاقة النووية كمصدر جديد للطاقه في الوقت الحاضر فان جميع البلدان تستخدم انواع مختلفه من الطاقة

انواع الطاقة

مصادر الطاقه

١. **non Commercial غير تجارية**

أ - الخشب

ب- فضلات الحيوانات

ج – فضلات الزراعة

٢. **Commercial تجارية**

أ – الطاقه النووية

ب – الطاقة المائية

ج - الوقود الحجري

١- النفط
٢- الفحم الحجري
٣- الغازات الطبيعية

ولكن السؤال هنا ان هذه المصادر يتوقع لها النفاد فلهذا يجب التفكير في مصادر جديده للطاقه صحيح ان هذه المصادر قد وجدت للتقدم العلمي والتكنولوجي ولتطور الحياه ولكن لها سلبيات اخرى .

١- ان احتراق الوقود يؤدي الى تلوث البيئه مما يؤثر على الصحه العامه .
٢- ان التلوث الحراري يؤدي الى تلف النباتات والحيوانات .
٣- استخدام الطاقه النوويه يؤدي الى التلوث بالاشعاع مما لها تاثيرات كبيره على البيئه.

هنالك عده اختيارت للمصادر الجديده للطاقه

المصادر المتجدده

١- الطاقه الشمسيه تعطي حوالي 4×10^{24} J/year
٢- الطاقه النوويه تتضمن الانشطار والاندماج النووي الانشطار يعطي حوالي 6.7×10^{22} J والاندماج يعطيه حوالي $\sim \times 10^{28}$ J
٣- زيت القطران Tar Sand and oil shale و الطفل الزيتي
٤- طاقه الرياح
٥- الطاقه الكيميائيه
٦- طاقه المد والجزر وطاقه الموجات $\sim \times 10^{20}$ J / year
٧- طاقه الجيو حراريه وهي طاقه الارض حوالي 10 Km تحت الارض تتراوح 4×10^{22} J

اولا الطاقه الشمسيه (طاقه متجدده)

ان الطاقه الشمسيه الساقطة على الارض تكون حوالي 1.8×10^{11} M watt وهي طاقه هائله جدا

ايجابيات الطاقه الشمسيه

١- طاقه مجانيه و هائله و متوفره .
٢- لا تعمل التلوث .
٣- طاقه حره لا تتاثر بسياسات الدول و متوفره في جميع انحاء العالم .

سلبيات الطاقه الشمسيه

١- طاقه متغيرة غير مركزه فتحتاج الى مساحات واسعه من المجمعات الشمسيه والخلايا الشمسيه لتجميعها.
٢- متغيرة حسب الفصول في اليوم الواحد وحسب الظروف المناخيه فيجب خزنها في الاوقات المشمسه للاستفاده منها في الاوقات التي لا توجد فيها شمس.

سؤال / ماذا يحدث للطاقه الشمسيه الساقطة على الارض

ج/

٣٠% من الطاقه تنعكس الى الفضاء

٤٧% من الطاقه تتحول الى حراره و تشع الى الفضاء

٢٣% تتحول الى طاقه حركيه لتيسير الرياح والموجات و في عمليات التركيب الضوئي في النباتات

ان الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض يشكل فقط ٣٠% من الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي ويسقط حوالي ٧٠% على المحيطات والباقي $1.7x10^{14}$ k watt فقط يسقط على الارض.

استخدامات الطاقه الشمسيه

تستخدم الطاقه الشمسيه بطريقتين .

الطريقه المباشره

١- خلايا فوتو فولتية (خلايا شمسية)
٢- الالواح الحرارية

الطريقه الغير مباشره

١- طاقة مائية
٢- الرياح
٣- الكتلة الحيوية (BIO mass)

التحويل الحراري.

المجمع الشمسي : وتقسم هذه المجمعات الى نوعين

- المائيه
- والهوائيه

عمل المجمع الشمسي.

عندما يتعرض جسم اسود الى اشعاع شمسي فيمتص هذا الاشعاع ينتقل جزء من هذا الاشعاع الممتص الى مائع (الهواء او الماء) فيعمل على تسخين الماء اوالهواء.في هذه المجمعات لا تزداد درجه الحراره من ٧٠ الى ٨٠ سيليزيه اما اذا كانت هناك حاجه الى درجه

حراره اعلى من ١٠٠ فتستعمل المركزات مثل المرايا حيث تقوم بتركيز الطاقه الشمسيه حيث يوضع المجمع .

نظرا لتغير موقع الشمس و لجعل المجمع يواجه الشمس دائما وذلك بوضعه على قاعده متحركه تقوم بأتباع اثر الشمس و هذه الحركه تسمى بتتابع الاثر.

وتتراوح درجه الحراره المائع للمجمع الذي يكون به المركز حواليC^0 ٣٠٠و كما ذكرنا سابقا فان من اهم مشاكل استخدام الطاقة الشمسيه هي كونها متغيرة حسب الايام والفصول فيجب ان يكون هناك نظام خزن للطاقه يعمل على خزنها عندما تكون الشمس غير موجوده.

ان الطاقه تخزن بطرق متعدده حراريا او ميكانيكيا او كهربائيا .

استخدامات الطاقه الحراريه

١- تسخين المياه[سخانات شمسيه ، مجمعات شمسيه]
٢- التدفئه والتبريد
٣- التقطير
٤- تجفيف المحاصيل الزراعيه
٥- الطبخ (الفرن الشمسي)
٦- تجهيز الطاقه كهربائيا وميكانيكيا وحراريا

التحويل الفوتو فولتائي : عندما يسقط الاشعاع الشمسي على خليه شمسيه فيتحول الاشعاع الشمسي الى كهرباء .

ومن مميزات الخلايا الشمسيه

١- لا توجد فيها اجزاء متحركة .
٢- تحتاج الى صيانه قليله .
٣- تعمل بكفاءه بكل انواع الاشعاع الشمسي .
٤- ليس فيها اجزاء متحركه او تصدر ضجيج .
٥- لا تجري في داخلها تفاعلات كيميائيه او تحويل طاقه من نوع الى اخر .
٦- انها لا تحتاج الى وقود لتكون قادرة على الانتاج.

ان من اهم المواد المستعملة لتصنيع الخلايا الشمسيه هي السيليكون الذي يتوفر بكميات كبيره والذي يوجد منه على انواع مثل السيليكون ذات البلورة الواحدة او متعدد البلورات او سيليكون العشوائي ان السيليكون النقي عازل و لكن عند اضافه بعض الشوائب اليه يصبح موصل كهربائي فعند اضافه شوائب من انواع P,N الى السليكون فان يصبح موصلا" كهربائيا" .عندما يكون الاشعاع الشمسي بحدود 1000watt لكل متر مربع فان الخلية تنتج تيار مقداره 25 mA لكل سم مربع و تتراوح كفاءه الخليه الشمسيه السليكونيه بحدود ١٣% وهناك انواع

اخرى من الخلايا الشمسيه مثل كبريتات الكادميوم و ارسنات الكاليوم في اول رحله فضائيه كان سعر

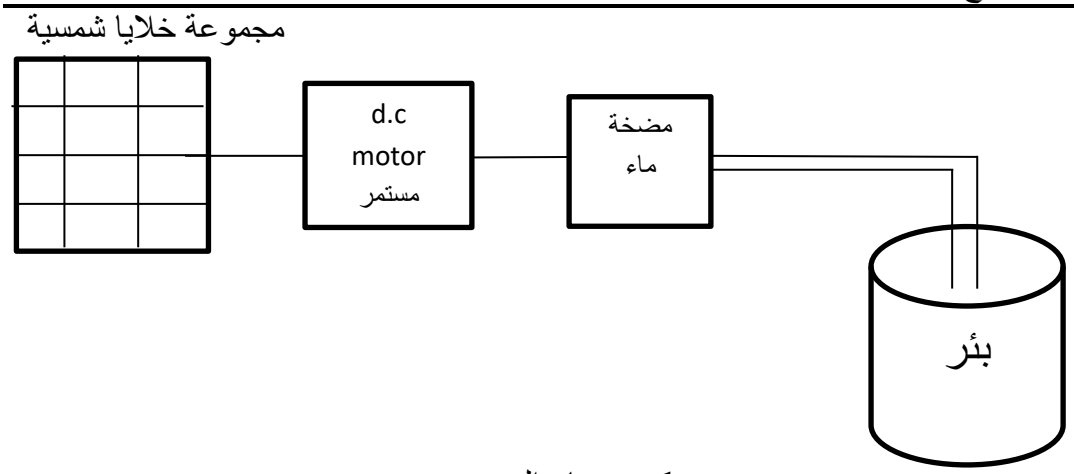
تكلفه الواط الواحد بحدود الاف الدولارات اما بعد ذلك فقد انخفضت الى ٥٠٠ دولار ومن ثم الى ٥٠ دولار.

سؤال / هل تختلف الخلايا الجافه عن الخلايا الشمسيه ؟

استخدامات الخلايا الشمسيه .

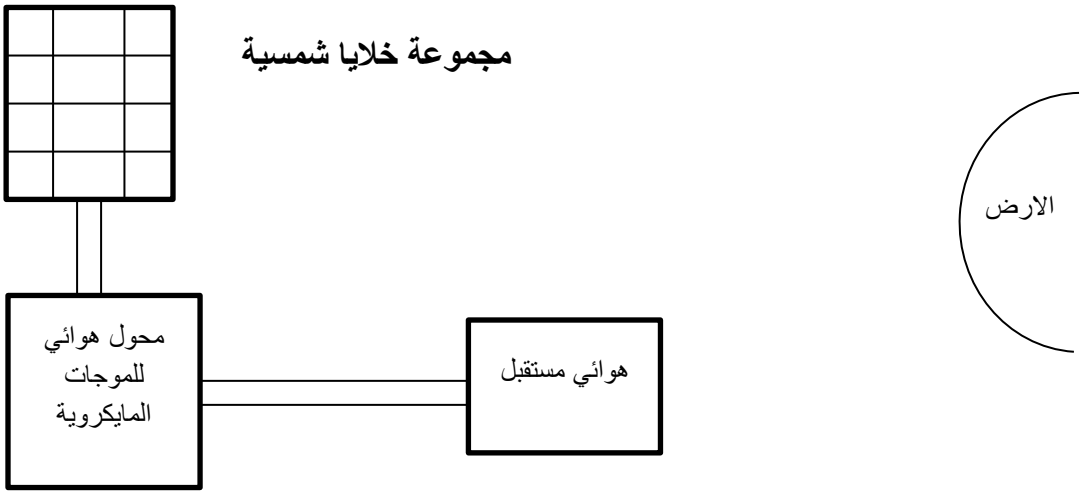
من اهم استخدامات الخلايا الشمسية هي

١- الضخ



تركيب جهاز الضخ

٢-محطات الطاقه الفضائيه: حيث تستخدم مصفوفات الخلايا الشمسيه في الفضاء لاقتناص ضوء الشمس و ايصال الطاقه الى الارض على شكل حزم من الامواج الدقيقه (الميكروويف) حيث توضع المحطه في مكان ثابت وعلى ارتفاع كبير مقارنه بنصف قطر الارض و هذا يتضمن عدم تضليل المحطه بظل الارض الا في حدود ساعه واحده عنده منتصف الليل في الاعتدالين الربيعي والخريفي .



اهم فوائد هذه المنظومه .

١- توفر ضوء الشمس بصوره مستمره حيث لا تحتاج الى خزن .
٢- الشده العاليه للضوء في الفضاء.

مساوئ هذه المنظومه هي

١- صعوبه تصليح العطب وتكاليف توازن المنظومة.
٢- تحتاج الى خزانات كبيره نوعا ما على سطح الارض لاستلام الطاقه المنبعثه من المحطات الفضائيه .
٣- التاثيرات البيئيه الناتجه عن حزم الموجات الدقيقه.

الفصل الثاني

نموذج الشمس

نموذج الشمس :

الشمس هي المصدر الرئيسي لمعظم الطاقه المتوفره حاليا على الارض وهذا يشمل الطاقه اللازمه للتسخين المباشر فضلا عن طاقه الرياح والقدره الكهرومائية والطاقه المشتقه من الوقود الحجري الذي وجد نتيجه التركيب الضوئي الذي من خلاله النبات حول الطاقه الشمسيه الى طاقة كيميائية .

الشمس هي اقرب النجوم الى الارض وهي من صنف النجوم الصفراء وقطرها (١.٤) مليون كيلومتر ومتوسط بعدها r_o عن الارض حوالي(١٤٩.٥) مليون كيلومتر وهي عباره عن كتله غازيه ملتهبه تتكون بصوره رئيسيه من الهيدروجين و كميات اقل من الهيليوم وتركيبها الفيزياوي معقد ولكن يمكن اعتبارها تتكون من عده طبقات تختلف من حيث الكثافه والضغط والسمك والحراره تتراوح درجه حرارة باطن الشمس من (٤٠-١٥) مليون درجه مطلقه وان هذه الحراره الكبيره والمصاحبه لضغط عالي جدا تختلق ظروف معينه طبيعيه لاندماج ذرات الهيدروجين حيث تندمج ٤ بروتونات من الهيدروجين لتكون نواة الهيليوم وبما انه كتله نواة الهيليوم النهائيه والناتجه من الاندماج النووي اقل بقليل من كتله بروتونات الهيدروجين الاربعه المندمجه فان فرق الكتله هو الذي يتحول الى طاقه هائله في قلب الشمس هذه الطاقه تنتقل الى الغلاف الخارجي للشمس والذي تبلغ درجه حرارته k ٦٠٠٠ تتناقص كميه الطاقه الاشعاعية الواصله الى الارض بنسبه عكسية مع مربع المسافه عن الشمس .وبما ان الارض تدور في مسار بيضوي حول الشمس لذلك فان كميه الطاقه الساقطه على الغلاف الخارجي للارض يتغير على مدار السنه. ان اقرب بعد للارض عن الشمس (١٤٧) مليون كيلو متر في بدايه كانون الثاني واقصى بعد هو (١٥٢) مليون كيلومتر في بدايه تموز تتناقص كمية الاشعاع و قيمه الاشعاع تتغير بمقدار ٣.٥ % بسبب اختلاف المسافه و ميلان محور الارض بمقدار ٢٣.٥ درجه ويطلق على معدل بعد الارض عن الشمس بالوحده الفلكيه Astronomy unite (Au) حيث ان

$$Au = 1.49 \times 10^{8} \text{ km} = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$$

و يمكن حساب البعد بين الارض والشمس في المعادله التاليه التي استخدمت من قبل Duffic and Bechman

$$E_0 = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 = 1 + 0.033\, Cos\, [\frac{2\pi}{365}\, dn\,]$$

حيث ان

dn تسلسل اليوم في السنه.

E_o معامل تصحيح الاختلاف المركزي لمدار الارض حول الشمس eccentricity

r_o متوسط المسافه بين الارض والشمس والذي يدعى بالوحده الفلكية (Au)

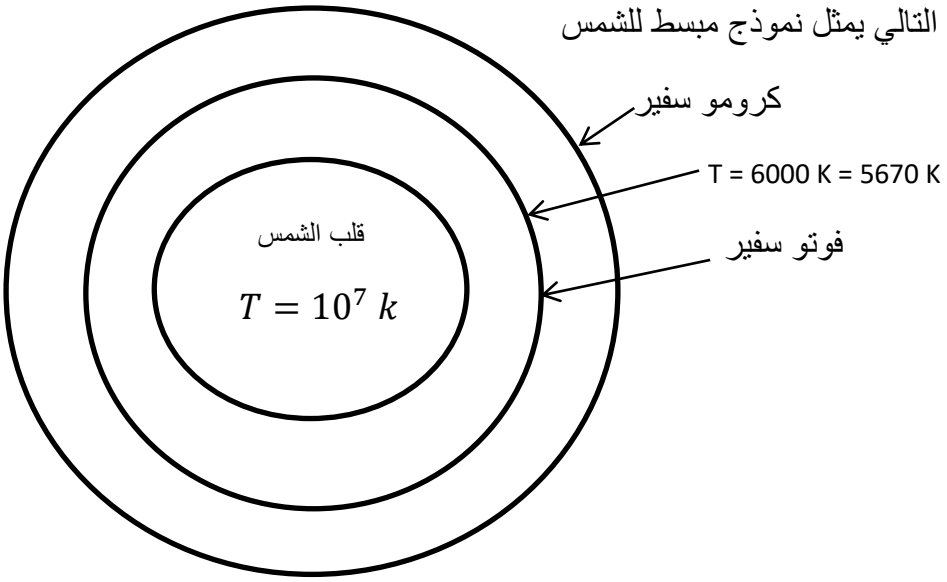
r المسافه بين الارض والشمس.

مثال : Caculation of the Sun - Earth distance (r) on 16 october

dn = 289 days

dn = 31 +28 +31 +30 +31 +30 +31+ 31 +30 +16 = 289 dyas

الشكل التالي يمثل نموذج مبسط للشمس



١_ الثابت الشمسي - Solar Canstant

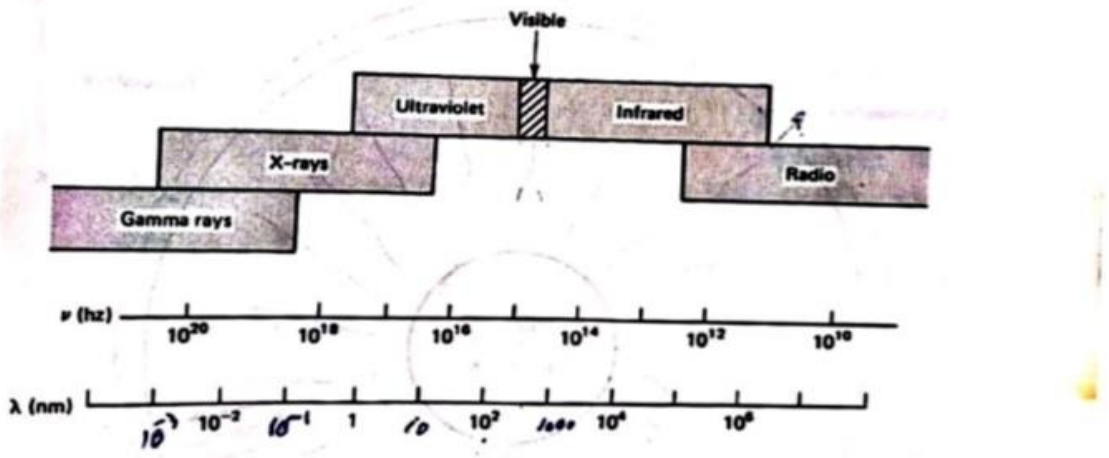
تعرف كميه الطاقه الشمسيه الساقطه عموديا على وحده المساحه لوحده الزمن خارج الغلاف الجوي عند متوسط المسافه بين الارض والشمس(r_o) بالثابت الشمسي ودلت التجارب بان

الثابت الشمسي ليس ثابتا" من وجه النظر الفيزيائيه و قيمته فيها مقدار من التباين البسيط . حديثا"جرت محاولات للوصول الى قيم حقيقيه للثابت الشمسي استخدمت فيها الصواريخ و الطائرا

النفاثه والبالونات والاقمار الصناعيه اوصى Gueymard سنه ٢٠٠٤ استخدام 1366 $Watt/m^2$. ان قيمه الثابت الشمسي المعتمده هي 1367 watt / m^2 .

٢_ الطيف الشمسي – Solar Spectrum

ان الطاقه المنبعثه من الشمس تعطي مدى واسع من الطيف الكهرومغناطيسي اذ تمتد من الاطوال الموجيه القصيره جدا لاشعه كاما والاشعه السينيه الى الموجات الطويله للاشعه الراديوية ان حوالي ٩٩% من الاشعه الشمسيه تقع اطوالها الموجيه بين (٠.١٥-٤.٠) مايكرون و هي موجات قصيره لحد ما وتقسم الاشعه الشمسية الى



الشكل 1.2 الطيف الكهرومغناطيسي .

Wave length (m)

التردد V

الضوء المرئي = 400nm – 700nm

0.4 Mm – 0.7 Mm

وحدات مايكرو متر $1Mm = 10^{-6}m = 10^{-4}$ cm

الطول نانو متر $1\ nm = 10^{-9}\ m = 10^{-7}$ cm

الموجي $1Mm = 1000\ nm$

انكستروم $1\ A^0 = 10^{-10}\ m = 10^{-8}$ cm

١ _ الاشعه فوق البنفسجيه – (uv) ultra violet radiation

و تشكل حوالي ٩ % من الطيف الشمسي وتقسم عاده الى ثلاث حزم حزمة الاولى uv nearتسمى الاشعه القريبه وطولها الموجي (٠.٤ – ٠.٣) مايكرون او تسمى uv – A هذه الاشعه مفيدة الانسان تعطي فيتامين D وحزمة ثانيه far-uv طولها الموجي (٠.٣ - ٠.٢) مايكرون وتسمى حزمه uv-B وهي ضارة و حزمة ثالثه Max-uv بعيدة جدا

وتسمى uv-c وطولها الموجي (٠.٢-٠.٠٠١) مايكرون وطبقه الاوزون هي التي تحمينا من هذه الاشعه.

٢ _ الاشعه المرئيه – Visible Radia.

وتشكل حوالي ٤٥% اطوالها الموجيه تتراوح (٠.٧٧-٠.٤) مايكرون.

٣ _ الاشعه تحت الحمراء In frared Radiation

و تشكل حوالي ٤٦% من الاشعه الشمسيه و تقسم الاشعه تحت الحمراء عاده الى الاشعه تحت الحمراء القريبه واطوالها الموجيه يتراوح (٠.٧٧-٢٥) مايكرون والاشعه تحت الحمراء البعيدة اطوالها الموجية تقع (١٠٠٠ - ٢٥) مايكرون لذلك فان الاطوال الموجيه النموذجيه للاشعه الشمسيه تتفاوت بين (٤ – ٠.١٥) مايكرون و تمثل ٩٩% من الطاقه المنبعثه من الشمس و هي موجات قصيره.

اشعاع الجسم الاسود

تتكون الاشعه الكهرومغناطيسيه من موجات لها مجالات كهربائيه ومغناطيسيه متذبذبه وكل موجه تتصف بطول موجي λ وتردد υ في الفراغ تسير كل الموجات في نفس السرعه 3×10^8 m/sec وو العلاقه بين التردد والطول الموجي والسرعه هي $C = \upsilon\lambda$

حيث ان كلما يزداد التردد يقل الطول الموجي او العكس صحيح فعندما تسقط الاشعه الكهرومغناطيسيه على سطح ما فانها اما تنتقل او تنعكس او تمتص اذا كان الجسم غير شفاف فانه لا يمكن ان يحدث انتقال وان الطاقه الاشعاعيه في وحده الزمن في وحده المساحة لوحده الاطوال الموجيه التي تسقط على سطح ما تسمى بفيض الطيف الساقط Incidenty F_λ^i spectrum وكذلك فيض الطيف الممتص absorbed spectrum والمنعكس ويرمز لهما F_λ^r . F_λ^a

على التوالي وان الفيض الكلي في التوزيع هو

معادله الطيف $F = \int_0^\infty f_\lambda \, d_\lambda$ ــــــــ1

λ = تشير الى ان اننا نتعامل مع طول موجي واحد .

Spectral absorptivtiy امتصاصية الطيف $a_\lambda = \frac{F_\lambda^a}{F_\lambda^i}$

انعكاسيه الطيف $r_\lambda = \frac{F_\lambda^r}{F_\lambda^i}$

Spectral reflectivity

عندما يكون الجسم غير شفاف فان مالاينعكس من السطح يجب ان يمتص ومن الممكن ان نكتب $a_\lambda + r_\lambda = 1$--------2

وتعتمد r_λ . a_λ لجسم حقيقي على الطول الموجي للفيض الساقط وعلى اتجاه زاوية السقوط

الجسم الاسود : Black Body

هو الجسم الذي سطحه يمتص كل مركبات الاشعه الكهرومغناطيسيه الساقطه دون الاخذ بنظر الاعتبار الطول الموجي و اتجاه زاويه السقوط لمثل هذه الاجسام يكون .

لكل قيم الاطوال الموجيه $r_{\lambda = 0}$. $a_\lambda = 1$

الجسم الابيض : White Body

هو الجسم الذي سطحه يعكس كل مركبات الاشعاع الكهرومغناطيسي الساقطه دون الاخذ بنظر الاعتبار الطول الموجي او اتجاه زاوية السقوط

لكل قيم الطول الموجي $r_{\lambda = 1}$. $a_\lambda = 0$

الجسم الرمادي : Gray Body

هو كل جسم امتصاصية سطحة تقع بين امتصاصية الجسم الاسود و امتصاصية الجسم الابيض ولكنها لا تعتمد على الطول الموجي او اتجاه زاويه السقوط (متساوي الخواص بجميع الاتجاهات) يدعى الجسم الرمادي ولمثل هذه الاجسام

لكل قيم الطول الموجي $a_\lambda = a$ $0 < a < 1$

ومن هذه الحقائق العمليه في الطبيعة ان اي جسم غير شفاف (opaque)يبقى عند درجة حرارة ثابته يبعث سطحه اشعة كهرومغناطيسية مميزة تسمى بالاشعه الحراريه وهذه الاشعه تنبعث بكل الاتجاهات وتحتوي على جميع الاطوال الموجيه للطيف الكهرومغناطيسي .

ان الفيض الحراري الذي يغادر الجسم يعتمد على صفات سطح الجسم كما يعتمد على درجه حرارته المطلقة بالنسبه للسطوح الماصه بصوره متساويه في جميع الاتجاهات يكون الفيض الحراري المنبعث متساويا في جميع الاتجاهات وتوزيع طيفه يعطى بالعلاقه الاتيه

$$F_\lambda = \varepsilon_\lambda \beta_\lambda (T) - - - - - -1$$

الفيض الحراري = F_λ

الانبعاثية = ε_λ

دالة بلانك = β_λ (T)

حيث ان ε_λ هي انبعاثية الطيف emssivity و β_λ (T) هي داله بلانك plancks function ان هذه الداله الشامله لكل الاجسام T. λ

تعطى بالعلاقه الاتيه $\beta_\lambda (T) = \frac{a}{\lambda^5 \left(e^{\frac{b}{\lambda T}} - 1 \right)} - - - - 2$

ثوابت هي $a = 2\pi hc^2$ " $a = 3.74x10^{-16} w.m^2$

ثابت بلانك $h = 6.625\ x10^{-34} Joul\ .sec$

$$b = \frac{hc}{k} = 1.4388x\ 10^{-2} m - k$$

$$c = 2.99x10^8 \frac{m}{sec}$$

ثابت بولتزمان $k = 1.3806\ x\ 10^{-23} \frac{joul}{k}$

ويكون الفيض الكلي للاشعاع المنبعث من السطح

$$F = \int_0^\infty \varepsilon_\lambda \beta_\lambda (T)\, d_\lambda \quad - - - - - 3$$

نعوض في المعادلة رقم -١- للفيض فنحصل على

$$F = \int_0^\infty F_\lambda\, d_\lambda$$

و باستخدام قانون كيرشوف (kirchhoff) الذي ينص على ان انبعاثية الطيف لسطح متساوي الخواص في كل الاتجاهات (Isotrobic)تساوي امتصاصية الطيف لذلك نستنتج ان $\varepsilon_\lambda =$

$$a_\lambda - - - - - -4$$

ومن هذه المعادله نستنتج ان الجسم الاسود الذي له امتصاصية $a_\lambda = 1$ يكون الباعث الاعظم كفاءه مع انبعاثية $\varepsilon_\lambda = 1$ لكل الاطوال الموجيه وكذلك فان معادله الطيف للجسم الاسود (معادله رقم واحد) تصبح بهذا الشكل

معادله الطيف للجسم الاسود $F_{\lambda_{black}} = \beta_\lambda (T)$

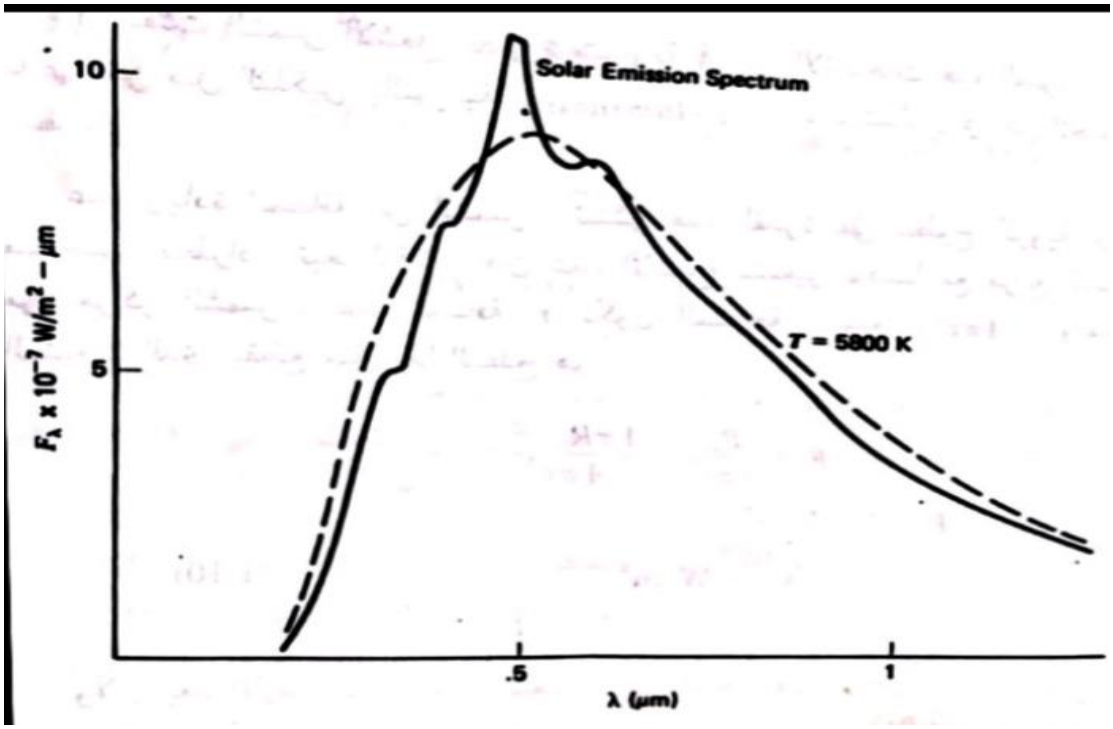
ومن هذه المعادله تبين ان الداله التي تصف توزيع الطيف المنبعث من السطح الاسود عند درجة حرارة مطلقة معينه T هي داله بلانك ونستنتج ايضا من المعادلة 4 ان الجسم الابيض $a_\lambda = \varepsilon_\lambda = 0$

اي انه .ان الجسم الابيض لا يبعث اي اشعه حراريه اما الجسم الرمادي يبعث اشعاع بحسب العلاقه $0 < \varepsilon < 1$ $F_{\lambda_{gray}} = \varepsilon \beta_\lambda (T)$

سؤال / اشتق الداله التي تصف توزيع الطيف للجسم الاسود عند درجه حراره معينه

سؤال / اكتب نص قانون كيرشوف مع ذكر معادله الطيف الجسم الاسود والابيض والرمادي عند تطبيق قانون كيرشوف عليها

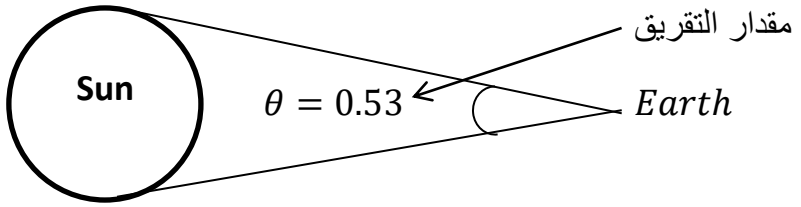
الانبعاث الاشعاعي للشمس : ناخذ الجسم الاسود كنموذج للشمس عند درجه حراره الاتزان. فان الفيض الاشعاعي المنبعث من سطح الشمس يمكن تمثيله بتوزيع بلانك .ان احسن تقريب للطيف الشمسي هو منحني الجسم الاسود الذي يقابل درجه حرارته $T_o = 5800\ K$



الشكل يبين توزيع الطيف للفيض المنبعث من الشمس الخطوط المتقطعة هي طيف الانبعاث للجسم الاسود عند 5800K

ان الفيض المنبعث الذي يغادر الشمس يكون منتشرا".الا انه يصبح على الاكثر احادي الاتجاه monodirctional او على شكل حزم في الوقت الذي يصل الى غلافنا الجوي .وكلما ابتعدنا عن الشمس يظهر قرص الشمس وكانه يتقلص في الحجم وكل الطاقه تظهر وكانها تاتي في اتجاه اكثر تحديدا لان الشمس ليست بالضبط نقطه وانما تظهر على شكل قرص فان الاشعاع لا يشبه حزمة واحد فقط ولكن يتفرق قليلا فمن الشكل يمكننا تحديد مقدار التفريق بالسنة بين قطر الشمس الى المسافه بين الارض والشمس .لذا يكون مقدار التفريق الزاوي

$$2R_O = 13.9\ x\ 10^8 m$$



$$r = 1.5\ x\ 10^{11} m$$

الشكل الهندسي لتحديث الزاويه التفريق للثابت للشمسي

$$\Delta\theta = \frac{2R_o}{r} = \frac{2\ x\ 6.9\ x\ 10^8 m}{1.5\ x\ 10^{11}\ m}$$

$$= 9.28\ x\ 10^{-3} rad$$

$$= \frac{9.28\ x\ 10^{-3}\ x\ 360^0}{2x3.14} = 0.53^o$$

ملاحظه لتحويل الرقم منrad الى الدرجه

الرقم ب rad يضرب x $\frac{360^0}{2\pi}$

و هذه اكثر قليلا من نصف درجه لذا فان الفيض الذي يكون الثابت الشمسي يمكن تقريبه الى اشعاع احادي الموجه .

باختصار فان الفيض الشمسي الذي يصل الى اعالي الغلاف الجوي للارض هو في الاساس كهرومغناطيسي الصفات وتوزيع طيفه يشبه الى حد بعيد الطيف المنبعث من الجسم الاسود عند 5760k .و تقريبا نصف الطاقه التي تصلنا تكون على شكل اشعه تحت الحمراء.بينما ثلث الطاقة تقع في الطيف المرئي. الفيض في الاساس يشبه حزمة او اشعاع احادي الاتجاه مع تفريق

قدره $\frac{1^0}{2}$ ~ . الفيض الكلي(معدلة على مدار الفصول) الذي يقطع سطحا متجها نحو الشمس يسمى بالثابت الشمسي و يساوي تقريبا 1352 watt/m^2 وان الفيض الواصل الى سطح الارض تقل شدته بصورة ملحوظه بعد ان يعبر خلال الغلاف الجوي للارض.

الفصل الثالث

الفلك الشمسي Solar Astronomy

ان كميه الطاقه الشمسيه الواصله الى سطح الارض تعتمد على

١. الصفات البصريه لمكونات الغلاف الجوي صفات البصريه [ذرات او غبار الموجود في مكونات الغلاف الجوي] .
٢. الحركة الظاهرية اليوميه للشمس عبر القبه السماويه .

لدراسه او لايضاح حركه الشمس الظاهريه حول مشاهد على الارض يجب دراسه
١- حركه دوران الارض حول الشمس .

٢-دوران الارض حول محورها.

لدراسه حركه الارض حول الشمس نفرض ان

١- الارض هي جسم سماوي يدور حول الشمس [نهمل تاثير الكواكب الاخرى]
٢- ان الارض والشمس عباره عن كرات صغيره بسبب المسافه الكبيره التي تفصل بينهما
٣- ان الشمس تبقى ثابته عند دوران الارض حولها نتيجه لكبر كتلتها.

نتائج هذه الحركه

١- ان الارض تدور في مستوى ثابت حول الشمس ان المستوى الثابت الذي يحتوي مدار الارض يسمى مستوى دائره البروج (ecliptic plane) عندما يمر القمر في هذا المستوى يمكن ان يحدث الخسوف .
٢- ان شكل مدار الارض حول الشمس هو مدار بيضوي تكون الشمس موجوده في نقطه معينه تعرف بالبؤره ولكنه قريب من الدائري(لانه يوجد فيه اختلاف مركزي)

ان معادله مدار الارض بالاحداثيات القطبية $r = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon\,Cos\,\theta}$ مدار الارض

ε =هي الاختلاف المركزي eccentricity

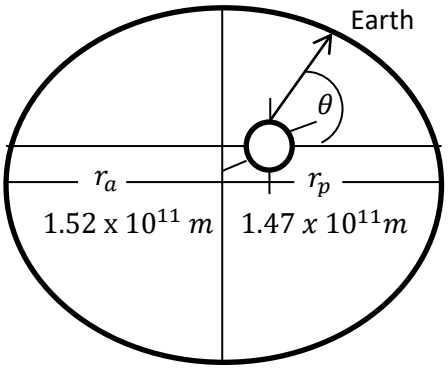
$Cos\theta$ = هي الزاويه بين الارض والشمس

a =هي معدل المسافه المداريه (نصف المحور الكبير)

r = مدار الارض

$a = 1.49\ x\ 10^{11} m$

ε : هو مقدار الانحراف عن الشكل الدائري و يساوي صفر بالنسبه للشكل الدائري وقيمته بالنسبه الشكل البيضوي هي $\varepsilon = 0.0167$



(Aphelion~ July4) (Perihelion~ jan. 4)

الشكل يبين مدار الارض موضح فيه الاختلاف المركزي وبصوره مبالغ فيها .

ان اصغر قيمه ل r تدعي الحضيض الشمسي (perihelion)تحدث عندما تكون $\theta = 0$ في كانون الثاني

$$r_p = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{1-\varepsilon\,Cos\,\theta} \qquad \theta = 0 \qquad ,cos0 = 1$$

$$r_p = \frac{a\,(1-\varepsilon)\cancel{(1+\varepsilon)}}{\cancel{(1+\varepsilon)}}$$

$$\therefore r_p = a\,(1-\varepsilon) = 1.497\,x\,10^{11}\,(1-0.0167)$$

$$= 1.47\,x\,10^{11}m$$

وكذلك ان اكبر قيمه ل r (تدعي الاوج الشمسي) aphelion وتحدث عندما $\theta =$ 180^0وتحدث في شهر تموز نعوض في معادله مدار الارض نحصل على

$$r_a = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{1+\epsilon\,Cos\,\theta}$$

عندما $\theta = 180^0$

$Cos\,180^0 = -1$.

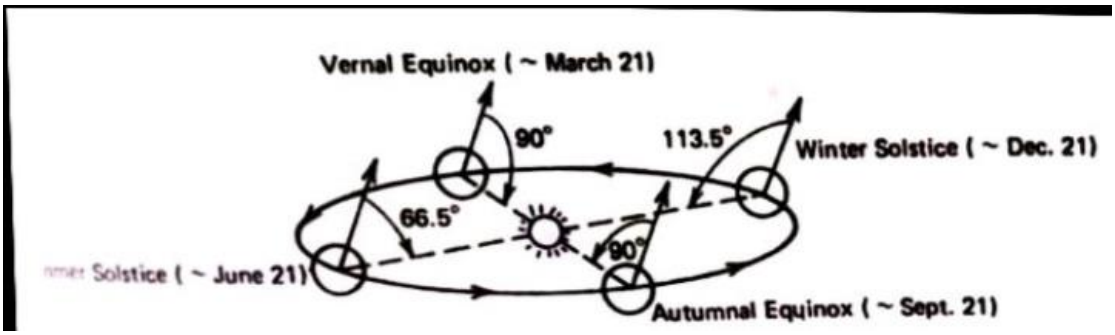
$$r_a = \frac{a\,\cancel{(1-\varepsilon)}(1+\varepsilon)}{\cancel{(1-\varepsilon)}}$$

$$\therefore r_a = a\,(1+\varepsilon) = 1.497\,x\,10^{11}\,(1+0.0167)$$

$$r_a = 1.52\,x\,10^{11}\,m$$

ما سبب حدوث الفصول الاربعه

تحدث الفصول الاربعه بسبب ميلان محور دوران الارض عن الخط العمودي على مستوى دائره البروج بزاويه الميلان هي 23.5 درجه وهي ثابته خلال السنه سرعه الدوران تساوي دوره واحده خلال او كل h (23.93)



شكل يمثل تغيرالزاويه بين محور الارض وخط الارض -- الشمسى حسب الفصول.

ملاحظه :زاويه ميلان الشمس بالشتاء تكون سالبه $\delta = -23.5^{o}$ و عند الاعتدالات تساوي صفر وفي الصيف تكون زاويه الميلان موجبه $\delta = 23.5^{0}$

هذه الفتره الزمنيه تدعى باليوم الفلكي (sidereal day). الزاويه المحصوره بين محور الارض و الخط الذي يصل بالشمس تتغير حسب الفصول .عند نقطه واحده بالمدار يميل محور دوران الارض نحو الشمس صانعا زاويه مقدارها 66.5^{0} مع هذا الخط و هذا يحدث في حوالي ٢١ حزيران ويعرف الانقلاب الصيفي Summer Solstice . الفتره الزمنيه بين انقلابين صيفيين متتاليين تسمى بالنسبه المداريه tropical year وهي تساوي الزمن الذي تكون فيه الارض اقرب ما يمكن من الشمس مرتين متتاليتين او تساوي سنه فلكيه Sidereal year .كل سنه فلكيه تساوي($24\ x\ 365.25) = 8766$ ساعة تقريبا

في ربع سنه مداريه بعد الانقلاب الصيفي يصنع محور الارض زاويه مقدارها ٩٠° مع خط الارض والشمس وهذا هو الاعتدال الخريفي autumnal equinox الذي يحدث في حوالي ٢١ ايلول. نفس الحاله تحدث في ربع السنه قبل الانقلاب الصيفي عند الاعتدال الربيعي Vernal equinox تقريبا في ٢١ اذار عند الاعتدالات تتساوى فترات الليل والنهار لكل المشاهدين على

الارض .بعد نصف سنه مداريه من الانقلاب الصيفي نصل الى الانقلاب الشتوي تقريبا في ٢١ كانون الاول عند هذا الحد يميل محور دوران الارض بعيدا عن الشمس صانعا" زاويه قدرها 113.5^{0} مع خط الارض والشمس .

اليوم الشمسي : هي الفتره التي تظهر فيها الشمس مرتين متعاقبتين في السماء من الظهر الى الظهر التالي. في الظهر تكون الشمس في اعلى نقطه لها في السماء.

خصائص اليوم الشمسي

١- تغير اليوم الشمسي خلال السنة ليس ثابت .
٢- التغير في اليوم الشمسي ليس منتظما .

ولايجاد اليوم الشمسي نفرض

١- ان الارض تدور حول محورها وليس حول الشمس فيصبح اليوم الشمس مساويا لليوم الفلكي

$$f_{rot} = \frac{1_{rev}}{T_{sidereal}} = \frac{1_{rev}}{(23.93 \text{ x } 60 \text{ x}60)sec}$$

$$f_{rot} = 1.16\ x\ 10^{-5}\frac{rev}{sec}$$

٢- اذا فرضنا ان الارض لا تدور فان الشمس سوف تعمل دورة واحدة حول الارض بفترة ٣٦٥.٢٥ يوم

$$f_{rev} = \frac{1_{rev}}{T} = \frac{1_{rev}}{(365.25\ x\ 24\ x\ 60\ x\ 60\ )\ sec}$$

$$f_{rev} = 3.17\ x\ 10^{-8}\frac{rev}{sec}$$

$f_{net} = f_{rot} - f_{rev}$ صافي التردد او معدل التردد

$$f_{net} = (\ 1.16 - 0.00317\ )x\ 10^{-5}\frac{rev}{sec}$$

$$= 1.15x10^{-5}\frac{rev}{sec}$$

ملاحظة f_{rev} تمثل التردد العكسي عند الانقلابات

$$T = \frac{1}{f_{net}} = 8.695x10^{4}\ sec = 24\ hr$$

ملاحظه يقسم الرقم على ٣٦٠٠ فتحصل على الزمن بالساعات

$$\frac{8.695\ x\ 10^{4}}{3600} = 24\ hr$$

ان هذا الزمن يدعى اليوم الشمسي

لا يبقى اليوم الشمس ثابتا خلال السنه الاسباب الاتيه

١- عند حساب f_{rev} فرضنا ان الانجراف السنوي للشمس هو نحو الشرق ولان محور البرم للارض مائل فيكون الانجراف نحو الشرق فقط عند الانقلابات اما عند اعتدالات تسير الشمس اما شمال الشرق او جنوب الشرق عند عبورها خط الاستواء

$$f_{rev} = f_{rev}\, cos\, 23.5^0$$

$$f_{rev} = 0.917 \quad f_{rev} = 2.90x10^{-8}$$

٢- المدار البيضوي للارض يساهم في عدم انتظام اليوم الشمسي بسبب ان السرعه الدورانيه للارض تكون اكبر في الحضيض الشمسي (4- jan.) مما في الاوج الشمسي (4-july) فيتغير اليوم الشمسي.

ملاحظه تغير قيمه f_{rev} من قيمه عظمى مقدارها $3.17x10^{-8}$ عند الانقلابات الى قيمه صغيره مقدارها $2.90x10^{-8}$ عند الاعتدالات هل يمكنك تعليل ذلك

ولان محور الارض يميل نحومستوى دائره البروج. ومدارها بيضوي .يتغير اليوم الشمس خلال السنه بطريقه غير منتظمه ولكن معدله ٢٤ ساعه.

ان اليوم الشمس يكون اطول ما يمكن ٢٤ ساعه + ٣٠ ثانيه قرب الانقلاب الشتوي واقصر ما يمكن ٢٤ ساعه -١٩ ثانيه قليلا قبل الاعتدال الخريفي. وتحدث قيمه عظمى مره ثانيه قرب الانقلاب الصيفي بينما تحدث قيمه صغرى مره ثانيه قرب الاعتدال الربيعي . وان الفرق بين اطول واقصر يوم شمسي هو اقل من دقيقه واحده او 0.07 في المئه من قيمة المعدل .و يختلف التوقيت الشمسي عن التوقيت المحلي بسبب

١- المدار البيضوي للارض
٢- السرعه الدورانيه للارض ولايجاد التوقيت الشمسي من التوقيت المحلي (توقيت العاصمه)يجب اضافه عاملي تصحيح

العامل الاول هو الاختلاف في خط الطول المحلي عن خط الطول القياسي نظرا لكون الارض تدور بزاويه ٣٦٠^o في ٢٤ ساعة فان الاختلاف في خط الطول درجة واحدة يولد اختلافا قدره اربع دقائق.

٢-اختلافات بسبب معادله الزمن Equation of time (EOT) نتيجة اختلاف الظهر الشمسي من يوم الى اخر وتراكم هذا الاختلافات خلال مدة معينة.

معادله الظهر الشمسي $Solar\ noon = 12 \pm 4\,(\,l_{st} - l_{loc}\,) - EOT$

خط الطول القياسي L_{st}

خط الطول المحلي L_{loc}

معادله الزمن بالدقائق EOT

الاشارة + قبل الظهر ، - بعد الظهر

اما معادله التوقيت الشمسي

$$Solar\ time = T + 4(L_{st} - L_{loc}) + EOT$$

T تمثل التوقيت المحلي للعاصمه بالساعات

ويمكن حساب معادله الزمن من عدة معادلات ومنها

$$\mathrm{EOT} = 9.87\ \mathrm{Sin2B} - 7.53\mathrm{CosB} - 1.5\ \mathrm{Sin\ B}$$

$$\mathrm{B} = \frac{360}{365}\ (dn - 81)$$

dnتمثل تسلسل اليوم في السنه

Bحساب تسلسل الزمن

ملاحظه :معادلات حساب التوقيت الشمسي والظهر الشمسي تحفظ

امامعادله EOT لا تحفظ

مثال١/ جد التوقيت الشمسي المقابل للساعه ١٠.٣٠صباحا"في 5 شباط في مدينه بغداد الواقعه على خط الطول المحلي ٤٤.٣ درجه وخط الطول القياسي ٤٥^{o} (وهذا الاختلاف يولد المدارالبيضوي للارض) . اذا كانت

EOT= -13.5 ثم جد الظهر الشمسي

Sol: $solar\ time = T + 4\ (L_{st} - L_{loc}\ ) + EOT$

$$= 10.30 + 4\ (\ 45^0 - 44.\ 3^0\ ) - 13.5$$

$$= 10.30 + 4x0.7 - 13.5$$

$$solar\ time = 10.30 - 10.7 = 10.19.3\ min$$

$$solar\ noon = 12 \pm 4(L_{st} - L_{loc}\ ) - EOT$$

$$= 12 + 4\ x\ 0.7 - (-13.5)$$

$$= 12 + 4\ \mathrm{x}\ 0.7 + 13.5$$

$$= 12 + 16.3\ min$$

$$= 12.16.3\ min$$

مثال

احسب التوقيت الشمسي المقابل للساعه الثالثه بعد الظهر في العاشر من تشرين الاول في مدينه نيويورك الواقعه على خط طول محلي ٧٤° وخط الطول القياسي ٧٥° غربا"

١-- احسب EOT

٢-- احسب الظهر الشمسي اذا كانت

$$EOT = 9.87\ Sin\ 2B - 7.53\ CosB - 1.5\ SinB - - - -1$$

$$B = \frac{360}{365}\ (dn - 81) - - - - - - - - -2$$

نحسب dn

$sol:$

$$= dn$$
$$= 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 10$$
$$= 283\ day$$

نعوض عن dn في المعادلة السابقة ٢ ثم نحسب EOT في المعادلة الاولى

نحصل على EOT = 13

$$Solar\ time = T + 4(L_{st} - L_{loc}) + EOT$$

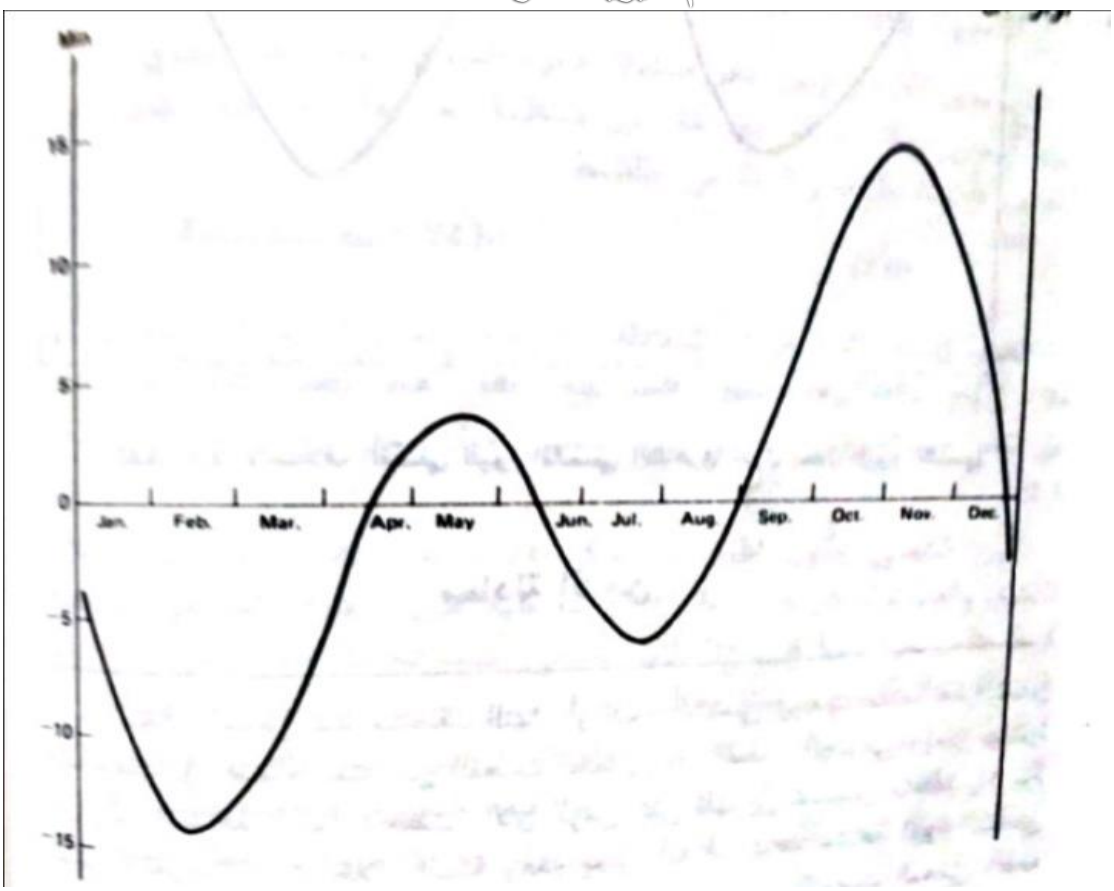
$$= 3 + 4(75 - 74) + 13$$

$$= 3 + 17min = 3.17min$$

$$Solar\ noon = 12 - 4(75 - 74) - 13$$

$$= 12 - 4 - 13\ min = 12 - 17min$$

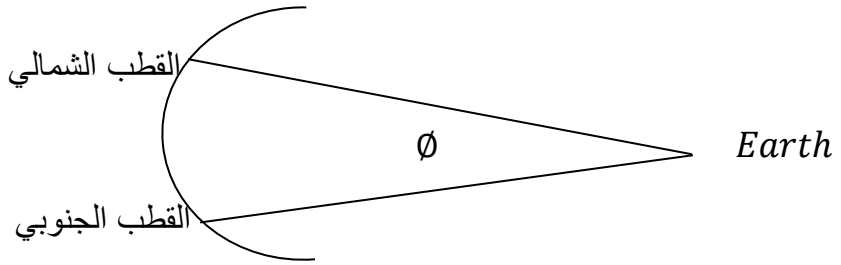
$$solar\ noon = 11.43\ mint$$



الشكل يمثل معادله الزمن EOT

الاحداثيات الشمسيه

١- **خط عرض المكان دائره العرض**Ø(Latitude): هي الزاويه بين الخط الذي يصل المكان بمركز الارض مع مسقطه على خط الاستواء وتقاس دائره عرض المكان بالدرجات .

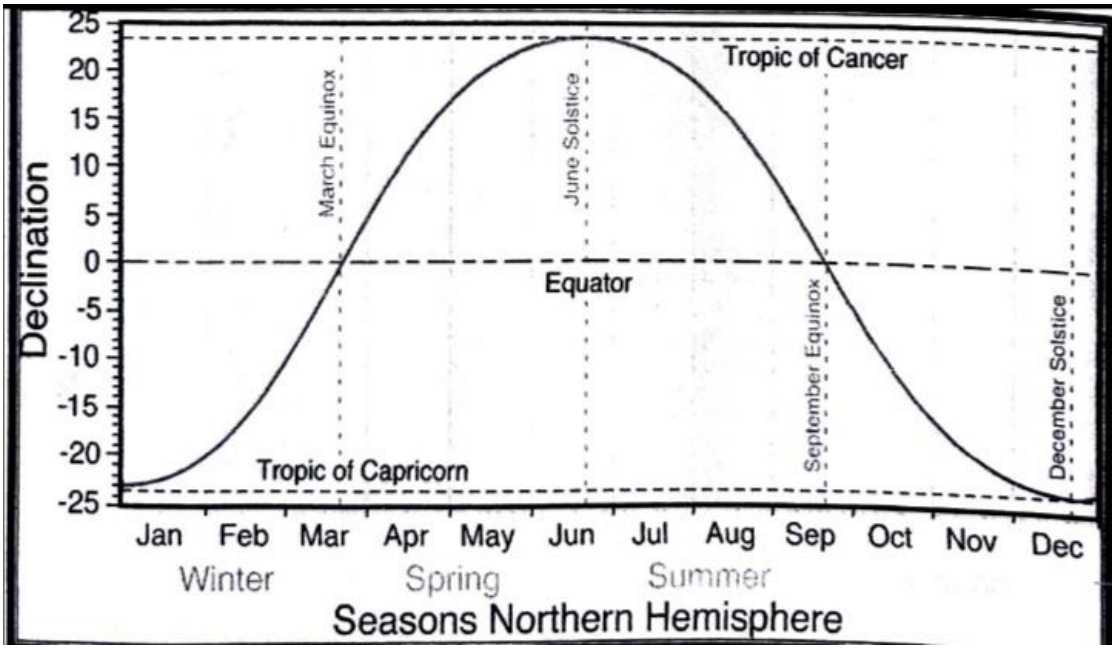


٢- زاويه ميل الشمس Solar Declination : δ

هي زاويه بين الخط الذي يربط مركز الارض والشمس مع مسقطه على خط الاستواء وتنشا من ميلان محور الارض والشمس مع الخط العمودي على مستوى دوران الارض حيث يكون مقدارها في الانقلاب الصيفي 23.5 وفي الانقلاب الشتوي 23.5- درجه و تساوي صفر في الاعتداليين الربيعي والخريفي ومن معادله (cooper) يمكن حساب زاويه الميلان δ

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

dnيمثل تسلسل اليوم في السنه



الشكل يمثل تغير زاويه ميلان الشمس كدالة لتسلل اليومي في السنه.

مثال : احسب زاويه ميل الشمس لليوم الاول من شهر نيسان

$$\delta = 23.45^0 sin\left[\frac{360}{365}\ (284 + dn)\right]$$

$$dn = 31 + 28 + 31 + 1 = 91 days$$

$$\delta = 4.0^0$$

مثال: احسب زاويه ميل الشمس ليوم الانقلاب الشتوي

$$dn = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 31 + 30 + 21 = 35$$

5

$$dn = 355 days$$

$$\delta = 23.45^0 Sin\left[\frac{360}{365}\ 355 + 284\right]$$

$$\delta = -23.45^0$$

مثال احسب زاويه ميل الشمس ليوم الانقلاب الصيفي.

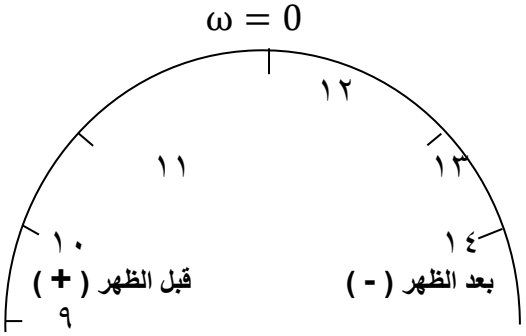
$$dn = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 21 = 172 days$$

$$\delta = 23.45^0 \; sin \left[\frac{360}{365}\,(172 + 284)\right]$$

$$\delta = 23.45^0$$

٣- الزاوية الساعية : Hour Angle و نرمز لها (ω)

هي الزاوية الزمنية او القياس الزمني الزاوي للوقت وتكافئ ب ١٥درجة لكل ساعه وتقاس من الظهر المحلي وتساوي ١٥ مضروبا في عدد الساعات قبل الظهر وبعد الظهر و تساوي صفر عند الظهر و تكون موجبه قبل الظهر وسالب بعد الظهر وتقاس الزاوية الساعية بالدرجات وتحسب في المعادله



$$\omega = \frac{360^0}{24hr}\;(12 - t)$$

او $\omega = 15^0\,(12 - t)$

t الزمن بالساعات

عند منتصف النهار $\omega = 0$

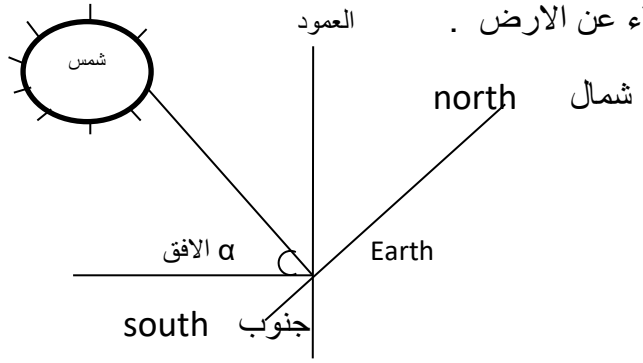
قبل الظهر $\omega = +$

بعد الظهر $\omega = -$

وتصف الزاويه الساعيه حركه الشمس اليوميه حول الارض في ٢٤ ساعه اي تصف الموقع الظاهري للشمس.

٤- زاويه ارتفاع الشمس α

هي الزاويه بين الشعاع القادم من الشمس مع الافق و تساوي صفر عند الشروق و اعلى قيمه لها عند الظهر او هي الزاويه المحصوره بين اتجاه الاشعاع الشمسي والسطح الافقي للارض.
الافق : هو خط وهمي الذي يفصل السماء عن الارض .



ونحسب زاوية ارتفاع الشمس من المعادلة

$$\sin\alpha = \sin\emptyset \sin\delta + coc\ \emptyset\ cos\delta \cos\omega$$

$$\alpha = \sin^{-1}[\sin\emptyset \sin\delta + cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega]$$

$\emptyset$ تمثل عرض المكان . δ زاويه الميلان . ω الزاويه الساعيه

مثال : احسب زاويه ارتفاع الشمس ليوم الانقلاب الصيفي لمدينه الموصل الواقعه على خط عرض $36^o\ .19'$ اذاكانت $t = 5hr$

$$\emptyset = 36^0 . \frac{19}{60} = 36.32^0 \quad ; \omega = 15(12-5) = 105^0$$

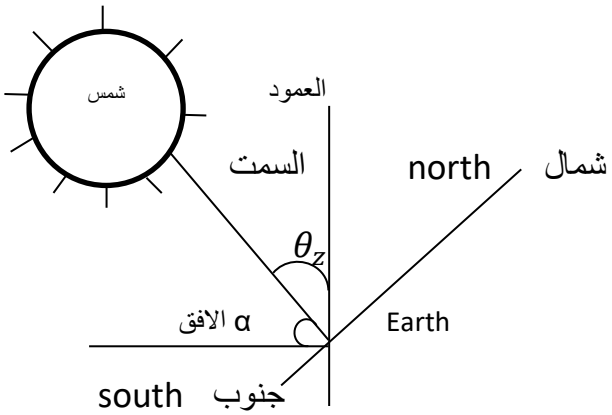
$$sin\alpha = sin\emptyset\ sin\delta + cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega$$

$$sin\alpha = sin36.32^0\ sin23.5^0 + cos36.32^0\ cos23.5^0 cos105^0$$

$$\boldsymbol{\alpha = 25.27^0}$$

٥- زاويه السمت θ_z *Zenith angle*

هي الزاويه المكمله لزاويه ارتفاع الشمس او هي الزاويه بين الشعاع القادم من الشمس والعمود و تحسب في المعادله



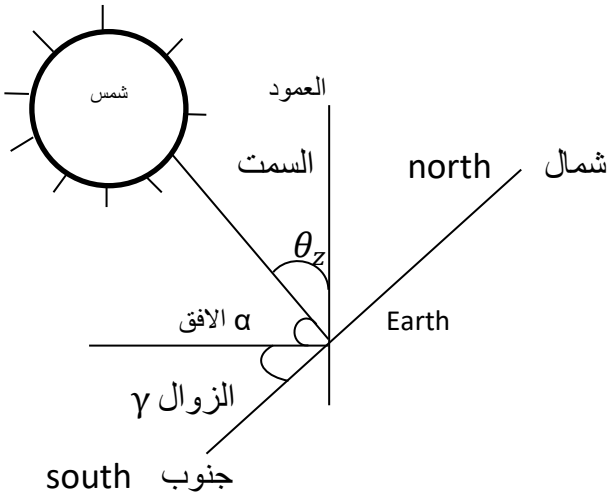
$$\theta_z + \alpha = 90^0$$

$$\theta_z = 90^0 - \alpha$$

عند الشروق تكون $\alpha = 0$, $\theta_z = 90^0$

عند الغروب تكون $\alpha = 0$, $\theta_z = 90^0$ وعند الظهر تكون α اعلى قيمة لها

٦- زاويه الزوال γ *Azimuth angle* : هي الزاويه بين خط شمال الجنوب مع مسقط الشمس على السطح الافقي . زاويه الزوال تساوي صفر عند الظهر و موجبه قبل الظهر و سالبة بعد الظهر وتمثل هذه الزاويه مقدار الانحراف عن الجنوب وتمثل الموقع الجغرافي للشمس ان موقع الشمس يتحدد بزاويه الزوال زاويه ارتفاع الشمس



وتحسب زاوية الزوال من المعادلة

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{(\cos\delta \ cos\omega)}{\cos \alpha}$$ المعادلة تحفظ

مثال / احسب زاويه ارتفاع الشمس α والزاويه الزوال γو زاويه السمت θ_z للساعات ٩*١٠*١٢*في مدينه الموصل الواقعه على خط عرض $\emptyset = 36.3$درجه في ٢٠ كانون الاول.

$\omega = 15(12-9) = 45$ الساعة التاسعة

$\omega = 15(12-10) = 30$ العاشرة

$\omega = 15(12-12) = 0$

$dn = 354\ days$ 20 كانون الاول

اكمل الحل

لحساب وقت الشروق و وقت الغروب وعدد ساعات النهار المضيئه نحسبها من زاويه ارتفاع الشمس

$$sin\alpha = sin\emptyset\ sin\delta + cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega$$

$sin\alpha = sin0 = 0$, $\alpha = 0$ عند الشروق

نعوض في معادله ارتفاع للشمس

$$0 = sin\emptyset\ sin\delta + cos\emptyset \cos\delta\ cos\omega$$

$$-cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega_r = sin\emptyset\ sin\delta$$

$$\therefore cos\omega_r = \frac{-\sin\emptyset\ sin\delta}{cos\emptyset\ cos\delta} = -tan\emptyset\ tan\delta$$

$$\omega_r = \cos^{-1} \quad [-tan\emptyset\ tan\delta]$$

$$\omega_s = -\omega_r$$

زاوية الشروق تساوي زاوية الغروب ولكن بعكس الاشاره.

اي انه نفس القيمه ولكن بعكس الاشاره

اما عدد ساعات النهار المضيئه ويرمزلها δ_0

$$\delta_0 = \frac{2}{15}\ \omega_r$$

$$\delta_0 = \frac{2}{15}\cos^{-1}[-tan\emptyset\ tan\delta]$$

مثال/ جد وقت الشروق ووقت الغروب وعدد ساعات النهار المضيئه في مدينه الموصل الواقعه على خط عرض $^{\circ}$٣٦.٣ في ٦ كانون الاول

$$sol: \qquad \emptyset = 36.3^0\ , \qquad dn = 340day$$

$$\delta = 23.54\ \ \sin\left[\frac{360}{365}\ (340 + 284)\right]$$

$$\omega_r = \cos^{-1}[-\tan\emptyset\ tan\delta]$$

$$\omega_r = -\omega_s \quad , \quad \delta_0 = \frac{2}{15}\ \omega_r$$

$$\delta_0 = 9.6 \text{ ساعة}$$

مثـال / احسـب طـول النهـار فـي السـاعات فـي مدينـة بغـداد الواقعـة علـى خـط عـرض $38^o.21'$ليوم الاعتدال الربيعي .

$$sol: \qquad S_0 = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-tan\emptyset\ tan\delta)$$

$\delta = 0$ في الاعتدال الربيعي

$$S_0 = \frac{2}{15}\ cos^{-1}\ (0)$$

$$S_0 = \frac{2}{15}\ 90 = 12\ hr$$

مثـال / احسـب طـول النهـار S_0 لمدينـة الموصـل الواقعـة علـى خـط عـرض $36^o.19$ ليوم الانقلاب الصيفي

$$sol: \qquad \emptyset = 36.\frac{19}{60} = 36.32^o$$

$$\delta = 23.5 \qquad \text{للانقلاب الصيفي}$$

$$\omega_s = 108.640^0$$

$$S_0 = 14.48 \quad , \quad = \quad 14.29'$$

$0.48\ x\ 60 = 29'$ .1 توضيح

مثـال / احسـب زاويـة السـمت θ_z عنـد السـاعة *14* بالتوقيـت المحلـي فـي *20* آب لمدينة واقعة على خط عرض 38^o شمالا"

$$sol: \quad \omega = 15(12 - t) = -30^0$$

$$dn = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 20 = 232\ days$$

$$\delta = 23.45^0\ sin\left[\frac{360}{365}\ (232 + 284)\right]$$

$$\delta = 12.10^0$$

$$\theta_z = cos^{-1}\ [\ sin\ \delta\ sin\ \emptyset + cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega\ ] \qquad \theta_z = 34.2^o$$

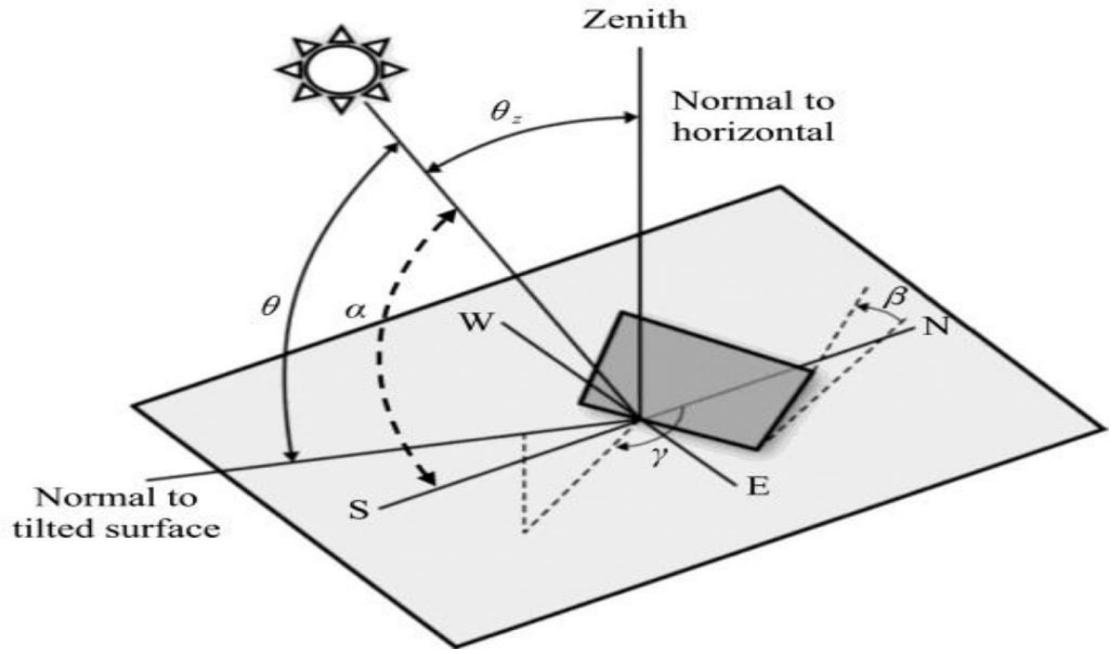
الطاقه الشمسيه الساقطه على السطوح المائله

زاويـه سـقوط الشـمس : هـي الزاويـه المحصـوره بـين اتجـاه الاشـعاع الشمسـي والعمـود على السطح المائل اذا كانت زاويه ميل السطح β

من الرسم يتبين

Cosθ= SinΦ (Sinδ Cosβ + Cos δ Cosω Cos ɣ Sinβ) + CosΦ (Cos δ Cos ω Cos β –Sin δ Cos ɣ Sin β) +Cos δ Sin ɣ Sinω Sin β------ 1

تمثل عامل الميلان لاشعه الشمس حول السطح المائل Cos θ



حالات خاصه Special Cases

١- اذا كان السطح عمودي

$\beta = 90^0$

COSβ = Cos 90 = 0

Sinβ = Sin 90 = 1

نعوض بالمعادلة التي تمثل عامل الميلان

CosΘ = SinΦ (Cos δ Cos ɣ Cosω) – CosΦ Sin δ Cos ɣ + Cos δ Sin ɣ Sin ω

٢- اذا كان السطح افقي **β =0**

$sinB = sin0 = 0$ $Cos\,\beta = cos\,0 = 1$

نعوض في المعادله السابقه فنحصل على

$$cos\theta_z = sin\emptyset sin\delta + cos\emptyset\, cos\delta\, cos\omega$$

هذه الزاويه هي نفسها للسطح الافقي وتمثل زاويه السمت

٣- اذا كان السطح يواجه الجنوب $\gamma = 0$

$$cos\gamma = cos0 = 1$$

$$sin\gamma = sin0 = 0$$

نعوض في المعادله ١

$$cos\theta = sin\emptyset\ sin\delta\ cos\beta + sin\emptyset\ cos\delta\ cos\omega\ sin\beta + cos\emptyset\ cos\delta\ cos\omega\ cos\beta - cos\emptyset\ sin\delta\ sin\beta$$

وباستخدام المتطابقات

حيث جيب وجيب تمام حاصل طرح الزاويتين

$$sin\ (\emptyset - \beta) = \ sin\emptyset\ cos\beta - cos\emptyset\ sin\beta$$

$$cos\ (\emptyset - \beta) = sin\emptyset\ sin\beta + cos\emptyset\ cos\beta$$

نعوض المتطابقات في المعادله السابقه فنحصل على

$$cos\ \theta = sin\delta\ sin\ (\emptyset - \beta) + cos\ \delta\ cos\omega\ cos(\emptyset - \beta)$$

Cos θ هي الزاويه التي يضعها الاشعاع الشمسي مع العمود على السطح المائل

اذن عندما السطح يواجه الجنوب $\gamma = 0$

$$cos\ \theta = sin\delta\ sin(\emptyset - \beta) + cos\delta\ \ cos\omega\ cos\ (\emptyset - \beta)$$

المعادله تحفظ

٤- اذا كان السطح المائل موضوع بصوره عموديه $\beta = 90$ و يواجه الجنوب $\gamma=0$

$$cos\ \gamma = cos0 = 1 \quad ; \quad cos\beta = cos90 = 0$$

$$sin\gamma = sin0 = 0 \quad ; \quad sin\beta = sin90 = 1$$

نعوض في المعادله الاولى التي تمثل معادله عامل الميلان فنحصل على

$cos\ \theta = sin\emptyset\ cos\delta\ cos\omega - cos\emptyset\ sin\ \delta$ المعادلة تحفظ

- ولايجاد زاويه الشروق والغروب على السطح المائل

$$\theta = 90^0 \quad ; \quad cos90^0 = 0 \quad ; \quad sin90^0 = 1$$

$$cos90^0 = sin\,\delta\, sin\,(\emptyset - \beta) + cos\delta\, cos\omega_r\, cos(\emptyset - \beta)$$

$$0 = sin\delta\, sin(\emptyset - \beta) + cos\delta\, cos\omega_r\, cos(\emptyset - \beta)$$

$$\therefore cos\,\omega_r = \frac{-sin\delta\, sin(\emptyset - \beta)}{cos\delta\, cos(\emptyset - \beta)}$$

حفظ $\omega_r = Cos^{-1}(-\tan\delta \tan(\Phi-\beta))$

الزاويه الساعيه لشروق الشمس

مثـال / اوجـد الزاويـه التـي يصـنعها الاشـعاع الشمسـي مـع العمـود علـى مجمـع شمسـي يواجـه الجنـوب فـي ٢١ كـانون الاول فـي السـاعه العاشـره صـباحا" .المجمـع موضـوع فـي مدينـه الموصـل الواقعـه علـى خـط عـرض $^{\circ}$٣٦.٣ ويميـل بزاويـه ٢٠ درجـة مـع السطح الافقي .

Sol : ɣ =0

n = 355 days

δ = 23 . 45 Sin ($\frac{360}{365} = (\,dn + 284\,)$

δ = - 23.5

$\beta = 20^0$ ' $\Phi = 36.3^0$

$\omega = 15\,(12\text{-}10) = 30^0$

$$Cos\Theta = Sin\,\delta\;\; Sin(\Phi - \beta) + Cos\,w\,Cos\,\delta\;\; Cos\,(\Phi - \beta)$$

$$Cos\Theta = Sin\; -23.5Sin(36.3^o - 20^o) + Cos30Cos - 23.5Cos\,(\,36.3^o - 20^o)$$

$$\Theta = 83.19^o$$

الزاويه التي يضعها الاشعاع الشمسي مع العمود على مجمع شمسي

مثـال احسـب الزاويـه السـاعيه لشـروق الشـمس علـى مجمـع شمسـي موضـوع فـي مدينـه الموصـل الواقعـه علـى خـط عـرض ´19 . ٣٦ فـي ١٥ نيسـان و يميـل بزاويـه $^{\circ}45 = \beta$ مع السطح الافقي

SOL : dn = 31+28+31+15

dn = 105 days

$\delta = = 23.45 \text{ Sin } [\frac{360}{365} (284 + 105)]$

$= 9.4^o$

$\Phi = 36. \frac{19'}{60} = 36.3^o$

$\omega r = Cos^{-1} (- \tan \delta \tan (\Phi - \beta)$

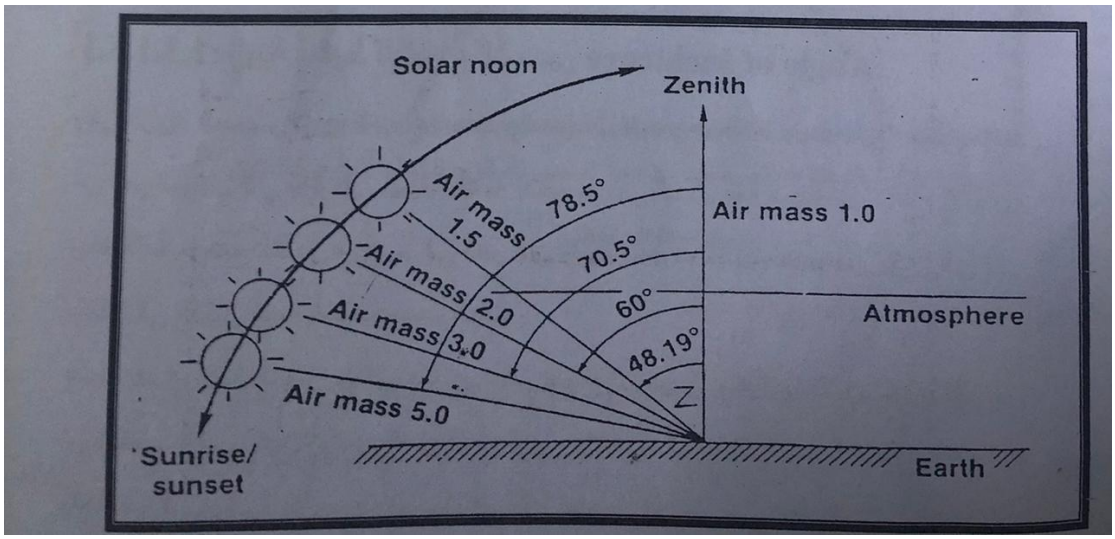
$= Cos^{-1} (- tan (9.41') \, tan (36.3^o - 45^o)$

$$\omega r = 88.55^{\circ}$$

الكتـل الهوائيـه (AirMass) : هـي النسـبه بـين طـول المسـار للاشـعاع الشمسـي داخـل الغلاف الجوي الى سمك الغلاف الجوي .

Air Mass = $\frac{pA}{PB}$

A M = $\frac{1}{cos\ Z} = Sec\ Z$



تمثل الاشعاع [لكتله الهواء الصفري] او الثابت الشمسي AM_0

هي كتله الهواء الواحده $Z = 0 = AM_1$

عندما تكون الشمس مباشره فوق الراس او السمت

هـــــــــي كتلـــــــــه الهـــــــــواء عنـــــــــدما تميـــــــــل الشـــــــــمس AM_2 بزاويه ٦٠ درجه

مثال / اوجد الزاويه التي تميل فيها الشمس عند الكتل الهوائيه AM

= 5.6

Sol :

$AM = \frac{1}{COSZ}$

$5.6 = \frac{1}{COS\ Z}$

$Z = Cos^{-1}\frac{1}{5.6}$

Z = 79.7

مثال / اوجد الكتله الهوائيه عندما تميل الشمس بزاوية 30°

$AM = \frac{1}{COS\ Z} = \frac{1}{COS\ 30}$

AM = 1.15 Units

مثال واجب :اوجد الزاويه التي تميل فيها الشمس عند الكتله الهوائيه AM_2

ما هي انواع الاشعه الشمسيه الساقطه على اي سطح

تقسم الاشعه الشمسيه حسب الطول الموجي الى

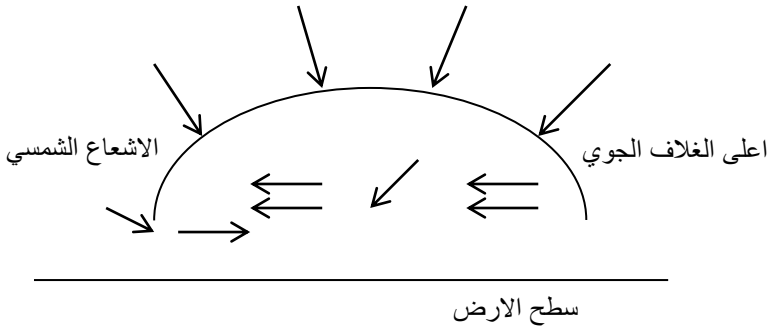
١- اشعاع قصيره الموجه : (Rs)يمثل الاشعاع الشمسي الصادر من الشمس او اي جسم يبعث اشعاع عند درجه حراره k 6000 و طول موجي يتراوح بين(٣-٠.٣) مايكرون
٢- اشعاع طويل الموجه : (Rl) ويمثل الاشعاع المنبعث من الاجسام التي درجه حرارتها قريبه من درجه حراره المحيط (الجو) ويكون الطول الموجي لها اكبر من ٣ مايكرون

انواع الاشعاع الموجي قصير الموجه

أ- الاشعاع الشمسي المباشر : وهو الاشعاع الصادر من الشمس والذي يسقط مباشره على السطح من دون اي تشتت
ب- الاشعاع المباشر العمودي : هو الاشعاع المباشر الذي يسقط عموديا على السطح
ت- الاشعاع المنتشر :عندما تعترض مركز الاستطاره في الجو الاشعاع الشمسي الساقط فانه يؤدي الى تشتت الاشعاع فيغير من اتجاهه و تزداد كميه الاشعاع المنتشر عند وجود الغيوم والعواصف الترابيه.

الاشعاع الكلي= الاشعاع المباشر + الاشعاع المنتشر

٣- الاشعاع المنعكس : هو الاشعاع المنعكس من على سطح الارض وهو قليل جدا".



الفصل الرابع

الغلاف الجوي

نموذج الغلاف الجوي .

الفرضيات التي وضعت لنموذج الغلاف الجوي هي

١- ان الغلاف الجوي رقيق بحيث يمكن اعتباره مستويا "عند مقارنته مع نصف قطر الارض حيث ان للغلاف الجوي ارتفاع مؤثر بحدود 8km تقريبا وهو صغير عند مقارنته مع نصف قطر الارض r

٢- ان المتغيرات الجوية تشمل

- درجة الحرارة T
- الكثافة ρ
- الضغط P

و هذه المتغيرات تدرس لانها تتغير مع الارتفاع

$$T(z) \quad , \quad \rho\,(z) \quad , p\,(z)$$

حيث ان z يمثل الارتفاع

١- درجة الحرارة : ان شكل تغير درجة الحرارة T_z له اهمية حيث ان تصرفه يساعد على تقسيم الغلاف الجوي الى اربعة طبقات هي

أ- طبقة التربوسفير troposphere : و تمتد من سطح البحر الى 12km فوق مستوى سطح البحر حيث تقل درجة الحرارة مع الارتفاع وبمعدل 6.5k .km و هذا النقصان في درجة الحرارة يطلق عليه (معدل سرعة الهبوط الحراري Γ_z)

حيث ان $T_Z = T_0 - \Gamma_z$

هذه المعادلة تمثل شكل تغير درجة الحرارة في طبقة التربو سفير حيث ان Γ_{3km} تساوي 19.5^0 .عند ما $T_O = 15^0$ فان درجة الحرارة عند 3km هي

$$T_{3km} = 15 - 6.5\,x\,3 = 15 - 19.5 = -4.5$$

وتحتوي هذه الطبقه على 80% من كتلة الغلاف الغازي و هي المسؤلة عن توفر الطاقة الشمسيةعلى سطح الارض ما عدا امتصاص الاشعة فوق البنفسجية من قبل الاوزون في طبقة الستراتوسفيرو قد سماها العرب بطبقة النسيم و حديثا سميت بالطبقة المناخية .

ب- طبقة الستراتوسفير : stratosphere

تمتد هذه الطبقة من (12km – 50km) في هذه الطبقة تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع وذلك لوجود الاوزون في هذه الطبقة فيمتص الاشعة فوق البنفسجية فتزداد درجة الحرارة و تخلو هذه الطبقة من تقلبات الطقس لانعدام بخار الماء ويوجد فيها طبقة الاوزون لذلك فهو العامل المسؤول عن ارتفاع درجة الحرارة في هذه الطبقة

ت- الميزو سفير : messosphere

و تمتد هذه الطبقة 50km الى 85km فوق سطح البحر و تحدث في الطبقة عمليات احتراق الشهب و النيازك الساقطة من الفضاء الخارجي و المتجهه الى سطح الكرة الارضية .

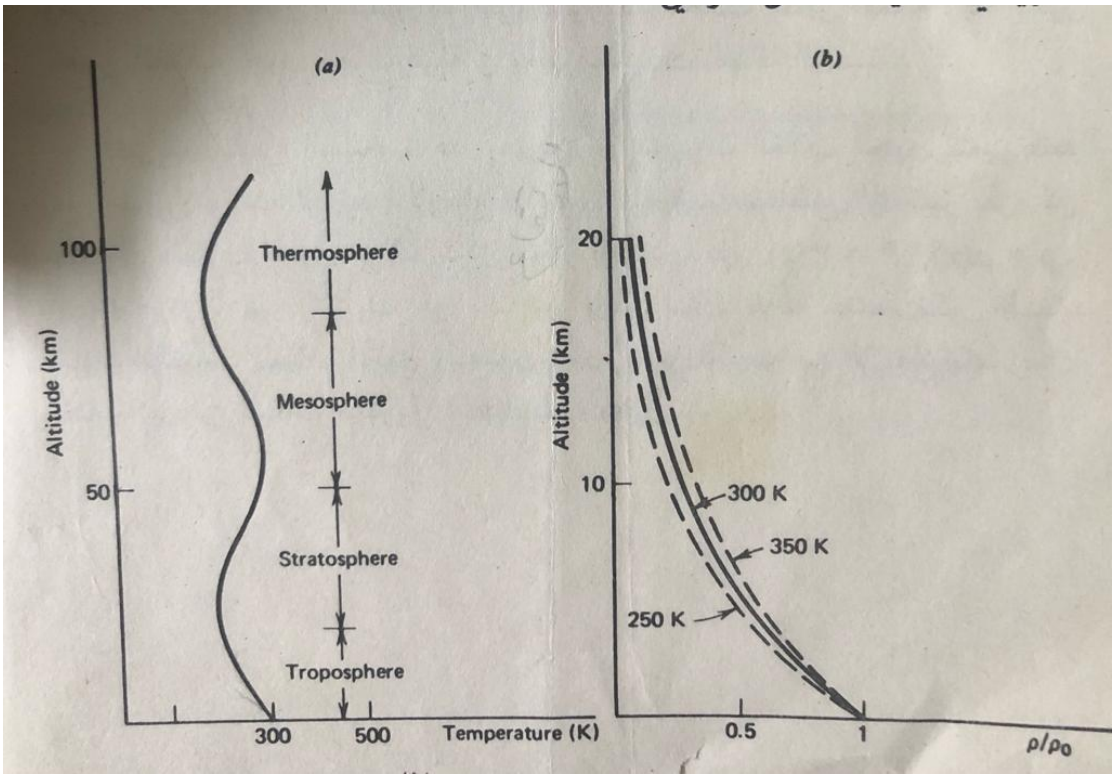
ث- طبقة الثرمو سفير : thermosphere

و تمتد من 85km الى الاعلى [نهاية الغلاف الجوي]

الشكل يمثل تغير درجة الحرارة و الكثافة مع الارتفاع عند درجات حرارة مختلفة

a = تغير درجة الحرارة

b = تغير الكثافة



مثال / احسب درجة الحرارة عند ارتفاع 2km عندما $T_o = 15^o$

$$T_{2km} = T_O - \Gamma_{2km}$$

$$= 15 - 2\ x\ 6.5$$

$$= 15 - 13 = +2$$

الفرضيات المستخدمة لحساب شكل تغير الكثافة مع الارتفاع

١- ان الغلاف الجوي متساوي الحرارة
٢- هواء التربو سفير ممزوج بصورة جيدة و يتصرف كغاز مثالي

$$PV = RT \quad \rightarrow \quad P = \frac{RT}{V}$$

و من قانون الكثافة

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \rightarrow \quad V = \frac{M}{\rho} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{V} = \frac{\rho}{M}$$

اذن الضغط بدلالة الكثافة

$$P = \frac{\rho RT}{M}$$

حيث ان R هو ثابت الغاز

$$R = 8317\ J/\ kg\ .mole\ .k$$

الوزن الجزيئي للهواء $M = 29\ amu$

Atomic mass unit

اهم الغازات الموجودة في الهواء هي

النتروجين و نسبته $\frac{4}{5}$

الاوكسجين و نسبته $\frac{1}{2}$

اما CO_2 ، بخار الماء نسبتهما متغيرة

وهذه تمثل العلاقة لشكل تغير الكثافة مع الارتفاع $\rho_z = \rho_o\ e^{-\frac{z}{H}}$

وهذه العلاقة تبين ان الغلاف الجوي هو غلاف اسي exponential atmosphere

ρ_0 تمثل الكثافة عند مستوى سطح البحر

H : تمثل مقياس الارتفاع Scale Height

وتمثل الارتفاع الذي تنخفض عنده كثافة الغلاف الجوي الاسي الى 1/e من قيمتها عند مستوى سطح البحر.

و من معادلة الكثافة $\rho_z = p_o \frac{1}{e^{z/H}}$

Z يمثل الارتفاع

و من معادلة الضغط بدلالة الكثافة $\frac{N}{M}$

$$P = \frac{\rho RT}{M} \quad ----\rho = \frac{PM}{RT}$$

و الكثافة عند مستوى سطح البحر $\rho_O = \frac{P_o M}{RT_o}$

حيث ان $P_O = 1.01\ x\ 10^5\ N/m^2$ الضغط عند مستى سطح البحر

درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر $T_o = 273\ k$

$$\therefore \rho_o = \frac{1.01\ x\ 10^5\ x\ 29}{8317\ \ x\ 273}$$

الكثافة عند سطح البحر $\rho_o = 1.29\ kg\ /m^3$

و مقياس الارتفاع $H = \frac{RT_O}{Mg}$

$$H = \frac{8317x\ 273}{29\ x\ 9.8} = 8000m = 8km$$

نعوض في معادلة الكثافة عند ارتفاع 8km

$$\rho_{8km} = 1.29\ x \frac{1}{e^{8/8}}$$

$$\rho_{8km} = 1.29\ x \frac{1}{e^1}$$

$$= 1.29\ x \frac{1}{2.7}$$

$$\therefore\ \rho_{8km} = 0.47$$

هذا يعني ان كثافة الغلاف الجوي تقل بمقدار $\frac{1}{e}$ من قيمتها عند مستوى سطح البحر

اجهزة قياس الاشعاع الشمسي

توجد في الوقت الحاضر محطات انوائية ذاتية العمل تعمل بالطاقة الشمسية تبث المعلومات لاسلكيا الى جهاز استقبال مرتبط بشاشة عرض .

اجهزة القياس يجب ان تتوفر فيها الشروط التالية

١- مقاومتها لتقلبات الطقس .
٢- سهلة الاستعمال.
٣- لا تحتاج الى عناية فائقة .
٤- دقيقة بمقدار كافي يحقق الغرض من استخدامها .

محطة الطاقه الشمسية تضم

١- المتحسسات
٢- المستلمات

توضع المتحسسات في مكان بعيد عن المؤثرات الخارجية الطبيعية التي تقوم بتحويل التغيرات الجوية الى اشارات كهربائية تنتقل هذه الاشارات الى المحطة لاسلكيا " او بواسطة الاسلاك التي تربط المتحسسات و المستلمات.

المستلمات توضع عادة داخل المختبر الذي يحتوي على الحاسب الاكتروني و شاشة عرض لكل عنصر من العناصر الموجودة في موقع المتحسسات .

بالامكان عرض قيم كل عنصر من العناصر على شاشة العرض انيا " او ساعيا" او يوميا " كما يمكن الحصول على قيم العناصر في اي وقت وذلك من خلال خزنها في الحاسب الالكتروني .

اجهزة قياس الاشعاع الشمسي

١- اجهزة قياس الاشعاع الشمسي الكلي (المباشر و المنتشر)

أ- **Pyronometer:**

يقوم بقياس الاشعة الشمسية الكلية ذات الاطوال الموجيه المحصورة بين (٣-٠.٣) مايكرون الجزء المتحسس لهذا الجهاز يتكون من حلقتين دائريتين المركزية ذات لون اسود و الخارجية ذات لون ابيض .فعند سقوط الاشعة الشمسية على الجهاز تمتص الحلقة السوداء الاشعاع و تصبح اكثر سخونه من الحلقة الخارجية البيضاء التي تعكس الاشعاع .الفرق في درجات الحرارة يولد اشارة (فولتية) تتناسب مع الفرق في درجات الحرارة بين السطحين الاسود و الابيض و كلما كانت شدة الاشعاع الشمسي عالية كان الفرق في درجات الحرارة اكبر والفولتية الناتجة تكون اكبر. يقيس هذا الجهاز الاشعاع الشمسي الكلي (المباشر والمنتشر) بوحدات $watt/m^2$. يغطى الجزء المتحسس بنصف كره زجاجية شفافة للاشعة الشمسية و يحميها من

المؤثرات الخارجية يمكن استخدام هذا الجهاز لقياس الاشعاع الشمسي الكلي على زوايا مختلفة الميل (٠-٩٠) درجه .

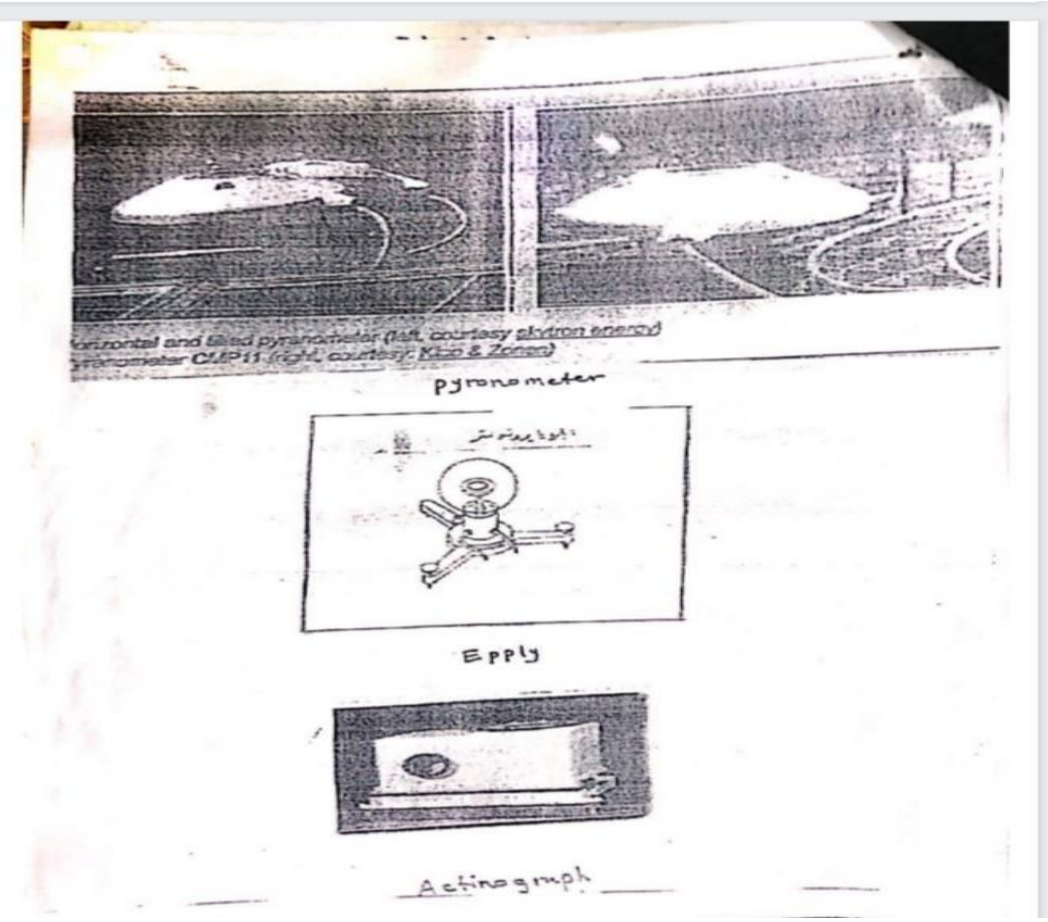
ب- جهاز Epply

يستخدم هذا الجهاز لقياس الاشعاع الشمسي الكلي حيث يتكون من قرص مركزي ابيض يحيط به حلقة سوداء فالقطعة السوداء تمتص كل الاشعة بينما تعكس البيضاء معظمها و بالتالي فان الفرق في درجات الحرارة بين القطعنين يتحول الى تيار كهربائي يقيس كل الاشعة المباشرة و المنتشرة التي يتعرض لها الجهاز .

ت- جهاز Actinograph

يستخدم هذا الجهاز لقياس الاشعاع الشمسي الكلي حيث يتكون من شريطين معدنيين مطليين بالون الابيض و بينهما شريط ثالث مطلي بالون الاسود تتصل هذه الاشرطة بقضيب مشترك من احد الاطراف و يتصل الطرف الاخر للشريطين الابيضين بجسم الجهاز،اما نهاية الشريط الاسود يتصل بمجموعة عتلات لتكبير الحركة تنتهي بقلم تسجيل على اوراق بيانية خاصة لقياس الاشعاع الشمسي الكلي بالسعرات / سم^{٢} .مقدار الانحراف يتناسب مع فرق الطاقة الساقطة على الشريطين الابيض و الاسود

الاشكال التالية (٢-٣-٤) توضح اجهزة قياس الاشعاع الشمسي الكلي



٢- جهاز قياس الاشعاع الشمسي المنتشر .

هو نفس الجهاز المستخدم في قياس الاشعاع الشمسي الكلي (pyronometer) ولكن يضاف اليه طوق خاص . يحجب هذا الطوق الاشعة الشمسية المباشرة من السقوط على الجزء المتحسس مباشرة .

الطوق يحتوي عادة على تدريجات لكل خطوط الطول و العرض وذلك لغرض المعايرة و الضبط و ولجعل الطوق دائما في مواجهة الشمس .و يثبت الطوق على خط عرض و خط طول المحطة .

فا عدة الجهاز عادة ما تكون متحركة نسبيا تبعا" لحركة الشمس بحيث تجعل الطوق دائما في الظل و بعيدة عن تاثير الاشعاع المباشر .

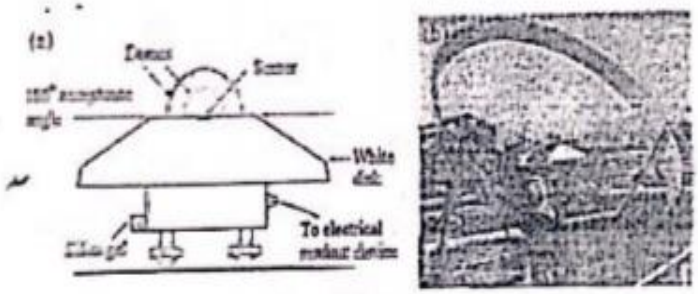
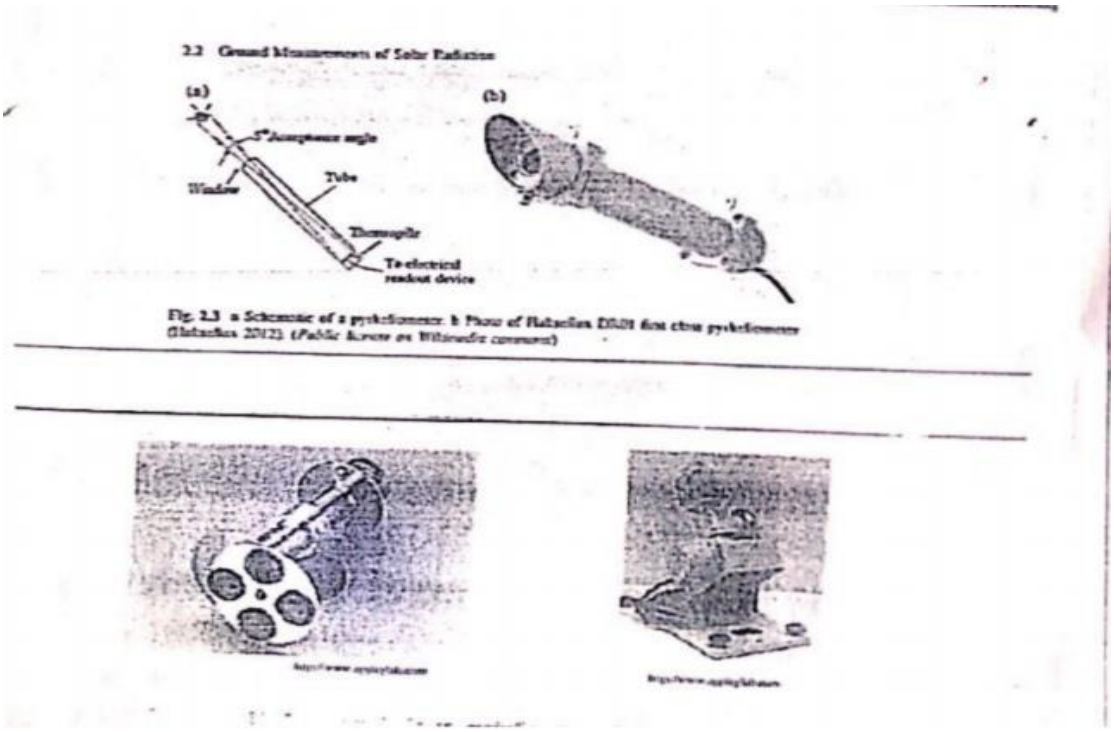


Fig. 2.4 a Schematic of a pyranometer. b First class pyranometer LPPYRA 12 (DeltaOHM 2012) equipped with shadow ring, mounted on the solar platform of the Wien University of Technology, Austria (33°15' 2012)

٣- جهاز قياس الاشعاع المباشر Pyrheliometer

يوضع الجهاز على حامل كهربائي يتابع مسار الشمس للتخلص من الاشعاع المنتشر يوضع سداد مخروطي الشكل فوق المجس (المتحسس) بزاوية تفريق مقدارها (0.53) درجه تسمح بقياس الاشعاع المباشر فقط . في المحطات التي تحتوي على جهاز قياس الاشعاع الشمسي الكلي و جهاز قياس الاشعاع الشمسي المنتشريمكن ايجاد الاشعاع الشمسي المباشر من طرح قيمة الاشعاع المنتشر من الكلي .

Pyrheliometer يتالف من انبوب اسطواني طويل يوجد في نهايته المتحسس .



٤- جهاز قياس صافي الاشعاع Net Radiation

صافي الاشعاع (Rn) يمثل

$Rn = Rs - Rl$

Rs = الاشعاع الشمسي قصير الموجة

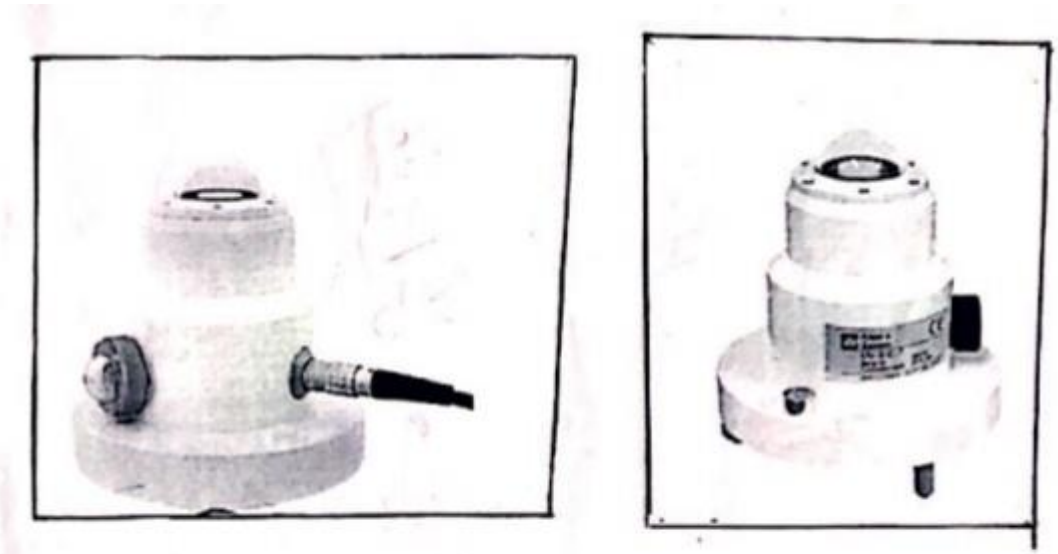
Rl = الاشعاع الشمسي طويل الموجة (الاشعاع المنعكس من قبل سطح الارض)

هذا الجهاز (Net Radiation) يحتوي على (Pyronometer) يوضع في الجزء العلوي منه لقياس الاشعاع الشمسي الكلي و (Pyronometer) يوضع في الجزء السفلي منه لقياس الاشعاع الشمسي المنعكس من على سطح الارض . الجهاز يقوم بقراءه الفرق بين كميات الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض و الاشعاع الشمسي المنعكس من على سطح الارض .

٥- جهاز قياس الاشعة فوق البنفسجية (UV. radiometer)

يقوم هذا الجهاز بقياس الاشعة فوق البنفسجية عند الطول الموجي (٠.٣٨- ٠.٢٩٥) مايكرون. الجهاز اسطواني الشكل مغلق باحكام من كل الجوانب و يحتوي بسطحة العلوي واقي تنفذ الاشعة الشمسية من خلاله . بعد مرور الاشعة الشمسية فانها تلاقي طبقة رقيقة (فلتر) تعمل كمصفات حيث تسمح فقط للاشعة الموجية ذات الطول الموجي (٠.٣٨-٠.٢٩٥) مايكرون المرور من خلالها . بعدها تمر هذه الاشعة عبر خلية كهروضوئية فينتج عنها توليد فرق جهد كهربائي (فولت) . و من خلال تسجيل المعلومات يتم تحويل هذه الفولتية الى قراءه للاشعة فوق البنفسجية . يبلغ ثابت حساسية الجهاز.

$150\ \mu v\ /\ w\ .\ m^{-2}$



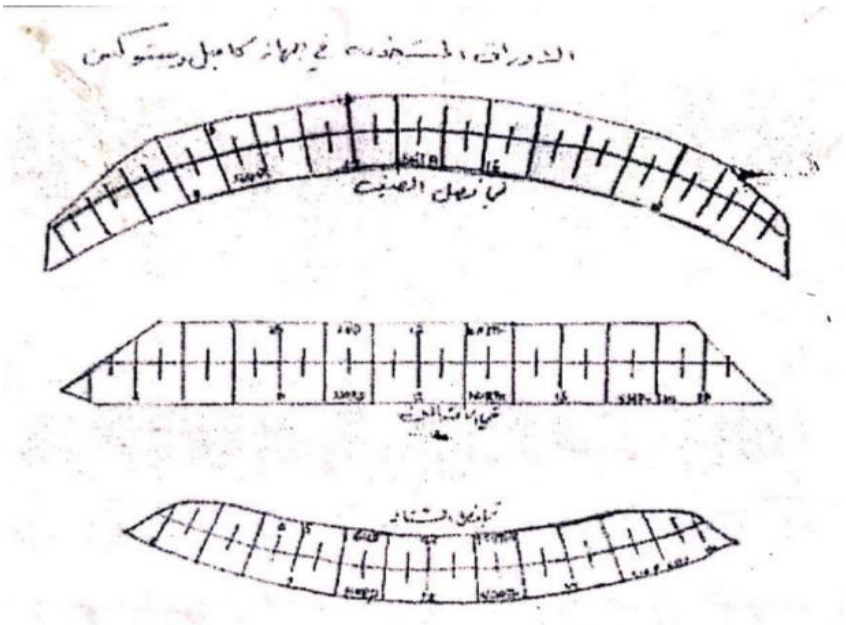
[UV radio meter]

٦- جهاز قياس سطوع الشمس (campbell – stokcs)

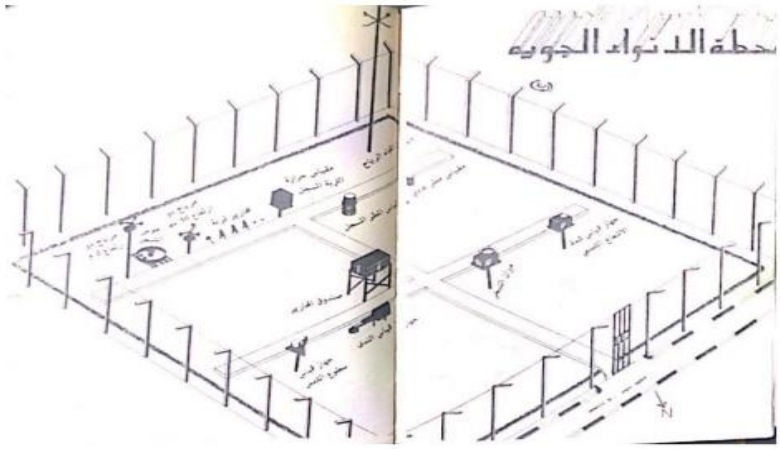
يتكون من كرة زجاجية بقطر (١٠) سم توضع على حامل بحيث يكون الاشعاع الشمسي الساقط يتركز في منطقة البؤرة و يسقط على ورق حساس مدرج الى ساعات خلف الكرة و يقوم بحرق الموقع على الورقة عند عبور شدة الاشعاع قيمة العتبة و مقدارها ($120\ w/m^2$) .عند وجود غيوم فلا يحصل حرق للموقع على الورقة . هذا الجهاز يكون حساس للاشعاع الشمسي المباشر الساقط عند قيمه اعلى من قيمة العتبة .

هناك ثلاث من الاوراق الخاصة لعملية القياس لساعات السطوع

١- الاوراق الخاصة بالصيف و تكون طويلة و محدبة .
٢- الاوراق الخاصة بالشتاء تكون قصيرة و مقعرة .
٣- الاوراق الخاصة بالربيع و الخريف تكون مستقيمة .

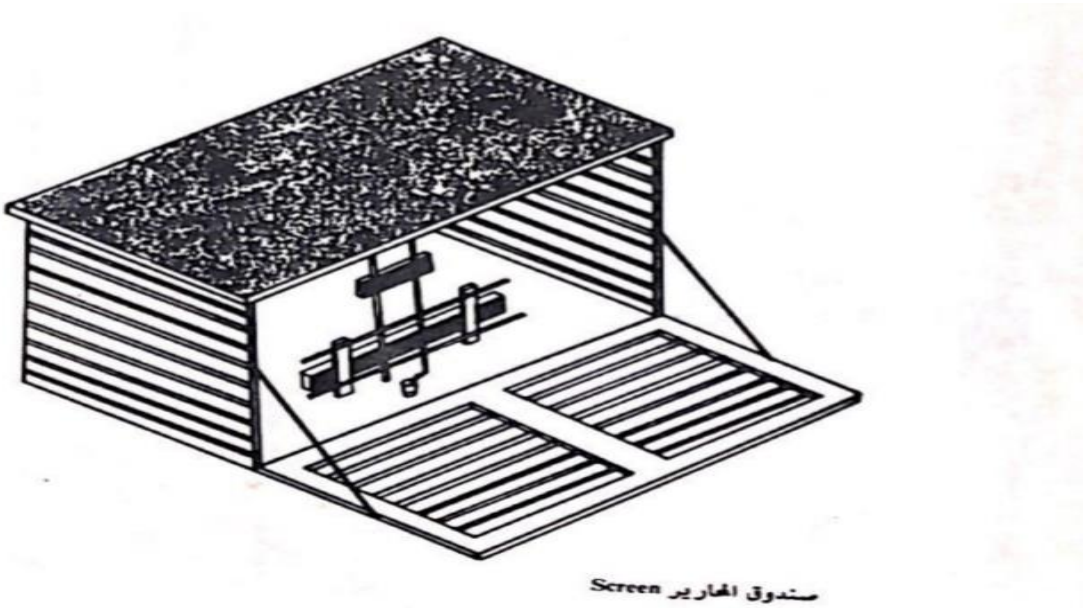


وسنتناول أدناه أجهزة المحطة وعملها:



١. صندوق المحارير Screen

عبارة عن صندوق خشبي مصبوغ باللون الأبيض، جدرانه ذات شرائح خشبية متعاكسة من جهة لاخرى تسمح لمرور الهواء وتجعل المحارير دائما في الظل، ويستعمل لحماية المحارير المستخدمة لقياس درجة حرارة الهواء من تأثيرات الاشعاع وفي نفس الوقت تهويتها للحصول على درجة حرارة الهواء. ويثبت هذا الصندوق عادة على قاعدة ترتفع ١٢٠ سم عن مستوى سطح الأرض ويكون اتجاه الصندوق دائما باتجاه الشمال الشكل التالي يبين مخططة مبسطة لصندوق المحارير



صندوق المحارير Screen

ويحتوي صندوق المحارير على المحارير والاجهزة التالية:

أ. المحرار الجاف والرطب Dry Met bulb Thermometer

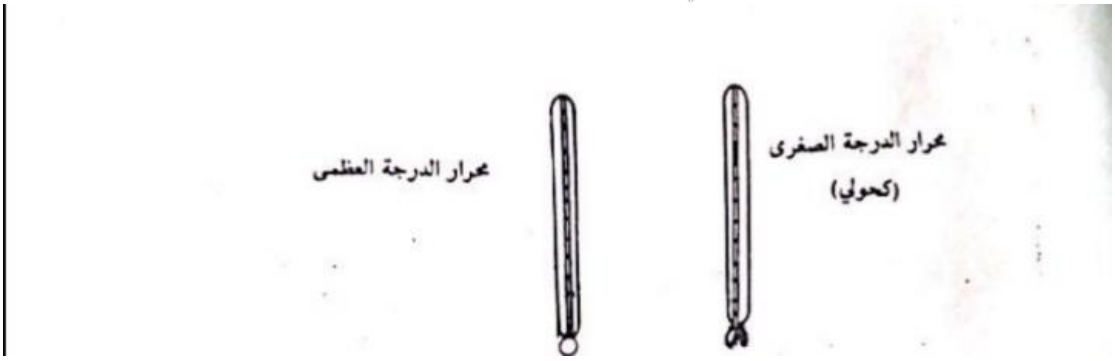
عبارة عن محرارين زئبقبين اعتياديين، الجاف بقيس درجة حرارة الهواء الأنية اما المبلل أو الرطب تحاط بصلته بقطعة من القماش او الشاش الذي يبتل باستمرار عن طرة خبط او شريط من القطن يمتص الماء بصفة دائمة وبفعل الخاصية الشعرية من علبة خاصة تملأ بالماء لهذا الغرض. ويعلق المحراران معا على حامل وبشكل عمودي وتؤخذ قراءتا المحرارين الجاف والرطب ومن الفرق بين قراءتي المحرارين وبواسطة مسطرة قباس Slide rule نستخرج درجة الندى وضغط البخار والرطوبة النسبيق

ب . محرار الدرجة العظمى :

عبارة عن محرار زئبقي يوجد في انبوبته الشعرية عند مخرجها من بصلة المحرار اختناق يعمل كصمام يسمح للزئبق بالمرور من البصلة إلى الأنبوبة الشعرية عند تمدده بارتفاع درجة الحرارة، ولا يسمح له بالعودة بالاتجاه المضاد عند انكماشه بانخفاض الحرارة وبذلك يشير الى أعلى درجة حرارة يبلغها الهواء ويوضع بشكل افقي في صندوق المحارير ليساعد على حركة الزئبق

ج. محرار الدرجة الصغرى:

وهو عبارة عن محرار كحولي، اذ غالبا ما يستخدم الكحول بدل الزئبق نظرا لان درجة أنجاد الكحول هي اكبر من الزئبق ويوجد بداخل أنبوبة المحرار الشعرية مؤشر دقيق من الزجاج له رأسان ولكنه يتحرك بسهولة في الأنبوبة. فاذا ما انخفضت درجة الحرارة فأن الكحول ينكش حتى بصل سطحه إلى طرف المؤشر وعندئذ يجذبه معه نحو بصلة المحرار بقوة الشد السطحي والتماسك. أما اذا ارتفعت درجة الحرارة فأن المؤشر يبقى في مكانه وينساب الكحول من حول رأسيه في الأنبوبة نتيجة تمدده. ومعنى هذا أن رأس المؤشر البعيدة عن بصلة المحرار تعين باستمرار اقل درجة حرارة يبلغها الهواء. ويوضع هذا المحرار بشكل افقي ايضا في صندوق المحارير لكي يساعد على حركة الكحول والمؤشر فبه



د. جهاز مسجل الحرارة Thermograph

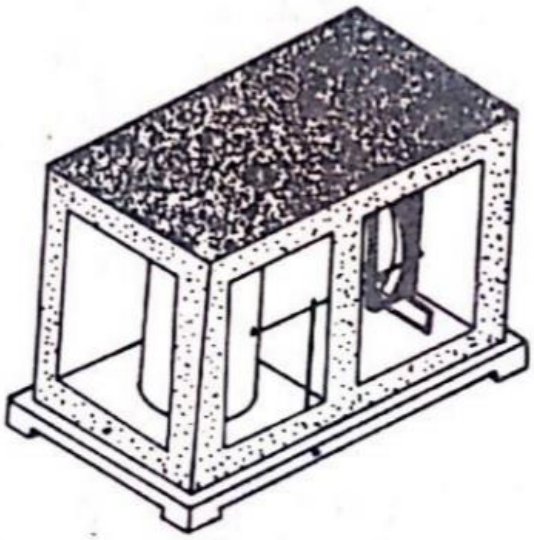
يتركب هذا الجهاز من منظم حراري عبارة عن قطعة معدنية مقوسة تتكون من شريحتين معدنيين بمختلف معامل تمددها (كالحديد والألمنيوم) وملحومتين او مشبتين احداهما مع الأخرى. ويتصل طرف هذه القطعة المعدنية بعدة روافع تنتهي بذراع مثبت به ابرة تتحرك على ورقة رسم بياني خاصة مقسمة رأسية إلى درجات حرارة وافقية إلى ساعات وملفوفة حول اسطوانة تحركها ساعة في داخلها. فاذا ارتفعت درجة الحرارة فأن معامل تمدد الشريحة الداخلية من القطعة المعدنية هو الأكبر، فيزداد انفراج القطعة المعدنية المقوسة وتنتقل هذه الحركة عن طريق الروافع والذراع إلى الابرة التي ترتفع بدورها على ورقة الرسم البياني مسجلة ارتفاع في درجة الحرارة، ويحدث العكس اذا انخفضت درجة الحرارة ان تنكمش الشريحة الداخلية ويزيد تقوس القطع المعدنية وبالتالي تنتقل هذه الحركة الى الابرة فتخفض. ومعنى هذا أن الابرة ترسم خطة بيانية يرتفع وينخفض تبعا لارتفاع وانخفاض الحرارة في ساعات اليوم والشكل التالي بين جهاز قياس درجة الحرارة المسجل .

ولابد من الاشارة هنا إلى أهمية قياس درجات الحرارة حيث تعتبر الحرارة اهم عناصر المناخ اذ ترتبط بها جميع العناصر الأخرى من ضغط ورياح ورطوبة ومظاهر التكاثف المختلفة. كما نؤثر تأثيرا كبيرا في توزيع مظاهر الحياة على سطح الأرض. اما اكثر المقاييس شيوعا لقياسها فهي المقياس المئوي Centigrade والمقياس الفهرنهيتي Fahrenheit حيث يعتبر الأول درجة اذابة الجليد صفر ودرجة غليان الماء ١٠٠م اما الثاني فدرجة الاذابة للجليد به هي ٣٢ف ودرجة غليان الماء ٢١٢ف.

ويعتبر المقياس المنوي اكثر شيوعا "ويستخدم بشكل واسع في معظم الدول. هذا ويمكن تحويل الدرجة المئوية الى فهرنهايتية وبالعكس حب المعادلتين التاليتيين:

$$م^{0} = \left(ف - 32\right)\frac{5}{9}$$

$$ف^{o} = م^{0}\ x\frac{9}{5} + 32$$



Hygro graphجهاز مسجل الرطوبة

ه. جهاز مسجل الرطوبة Hygro graph

يتركب من خصلة من الشعر مثبتة من طرفيها وترتيط برافعة مثقلة تتصل بذراع ينتهي بأبرة تتحرك على ورقة رسم بياني يومية ملفوفةحول اسطوانة تحركها ساعة بدلخلها.

تتمدد خصلة الشعر وتنكمش او بعبارة اخرى ترتخي وتتقلص تبعا " لزيادة نسبة الرطوبة في الهوء او نقصانها وينتقل هذا التأثير عن طريق الرافعة والذراع الى الابرة فترسم خطا بيانيا يرتفع وينخفض تبعا لزيادة الرطوبة ونقصانها .

لذا يستفاد من هذا الجهاز في تسجيل التغيرات اليومية في الرطوبة النسبية Relative humidity والتي هي عبارة عن النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهوا ء الى الكمية التي يمكن أن يحملها الهواء في درجة حرارة وضغط معينين.

٤٠٣. المطر واجهزة القياس الخاصة به:

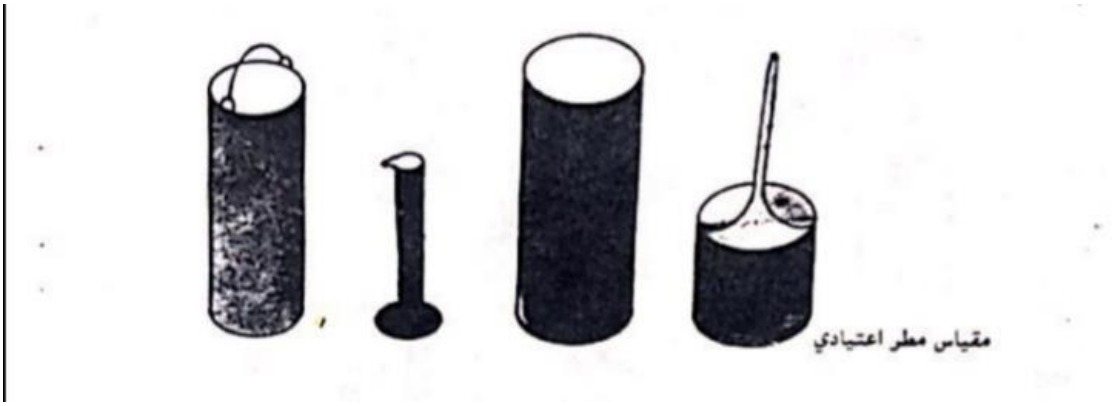
كما هو معروف بأن الماء يصل إلى سطح الأرض من السحب باشكال مختلفة منها المطر والثلج والبرد.. الخ. ويتكثف قسم منها على شكل ندى وقسم منه يتبخر والباقي يبقى في التربة او يأخذ طريقه إلى البحر. أن قياس كمية المطر الساقطة والمتبخرة ضروري لاقتصاديات الماء ولاغراض علم المياه والفيضانات وكذلك فأن لكمية المطر الساقط فوائد زراعية ومناخية وعادة تدخل في سجلات المناخ الاغراض البحث وفي تصميم الخزانات المائية والمنشآت الصناعية.

وتعرف كمية المطر الساقط بأنها عمق الماء مقدرة بالملمترات التي تغطي سطح افقية عند انعدام التبخر

اما اجهزة قياس المطر الموجودة في المحطة فهي:

أ. مقياس المطر :Rain guage .

عبارة عن اسطوانة يوضع بداخلها اناء لتجميع المطر ويوضع فوق الاسطوانة قمع معلوم الفتحة لاستلام الأمطار، ويلحق بهذا الجهاز أنبوبة القياس الخاصة به (والمخطط التالي يوضح ذلك).



ب. مقياس المطر المسجل Recording Rain guage.

يتكون من اسطوانة ذات نهاية على شكل قمع تحتوي على خزان بداخله طوافة متصلة بمؤشر فعند سقوط المطر ترتفع الطوافة ويرتفع المؤشر الذي يسجل كمية الأمطار على أوراق بيانية اسبوعية ملفونة على اسطوانة تدور بواسطة ساعة.

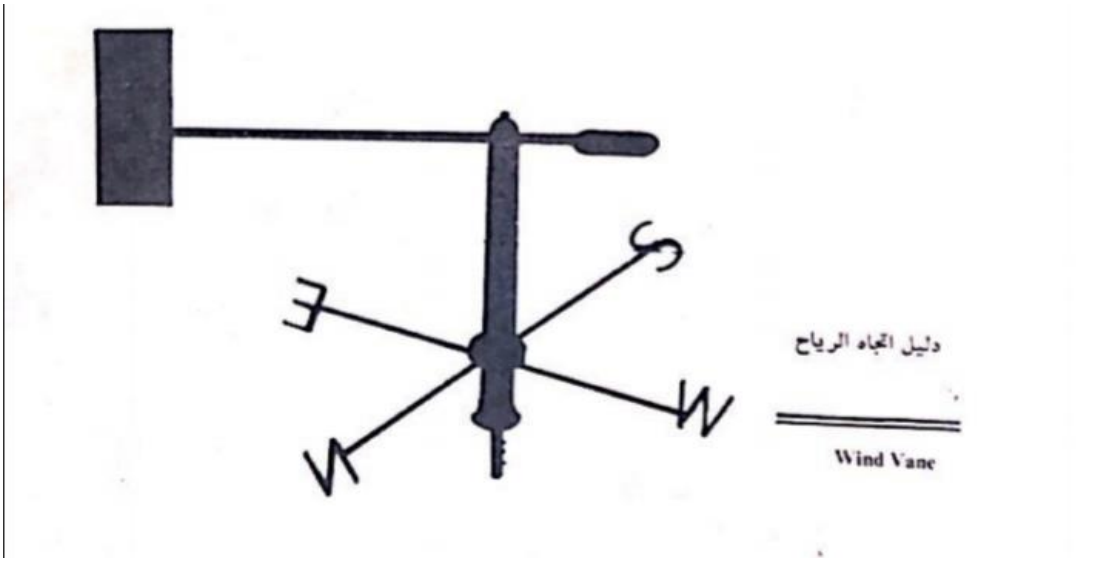
والورق البياني مدرج من صفر لغاية ١٠ ملم ففي حالة عدم وجود مطر فان سن التسجيل يرسم خطا افقيا أما عند سقوط المطر فان التسجيل يرسم خطا مائلا وكلما زادت شدة المطر كلما اصبح الخط اكثر ميلانا" ، وتكون نهاية الخط المائل لغاية ١٠ ملم وبعدها يتم التفريغ ذاتيا" بواسطة عملية السيفون وينزل سن التسجيل إلى الصفر ويبدأ التسجيل مرة أخرى، وهذا معناه فقط عند الصعود تحسب الكمية الساقطة من الأمطار.

٤.٩. الرياح وقياس اتجاهها وسرعتها:

تحدث الرياح بسبب الاختلاف في الضغط الجوي بين تقطتين على نفس المستوى من سطح البحر وذلك لاختلاف درجات الحرارة والرطوبة حيث يتجه الهواء من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الواطي وتزداد سرعة الرياح كلما زاد الفرق في الضغط الجوي.

وتؤثر الرياح على شكل النباتات ونموها وانتشار البذور، الأمراض والحشرات وانتقال الحرارة والرطوبة وتوزيعها كما تؤثر على التبخر والنتح وبالتالي على الجفاف. ويرصد اتجاه الرياح بواسطة دليل اتجاه الرياح wind Vane الذي يتكون من رأس اسطواني متصل في نهايته بذيل عريض تدفعه الرياح فيشير الرأس الاسطواني إلى الجهة التي تهب منها الرياح. ويتحرك الرأس الأسطواني على عمود اجوف يوجد فيه محورين متعامدين ومثبتين في وضع يتفق مع الجهات الأصلية، وفي نهاية الأطراف الأربعة لهذين المحورين توجد اربعة حروف انكليزية

تمثل الجهات الأصلية . وعند رصد اتجاه الرياح يراقب الراصد الرأس الأسطواني لمدة بسيطة من الزمن (٢-١ دقيقة) للتعرف على الاتجاه الغالب الذي يشير اليه الرأس الأسطواني.



اما سرعة الرياح الWind Speed

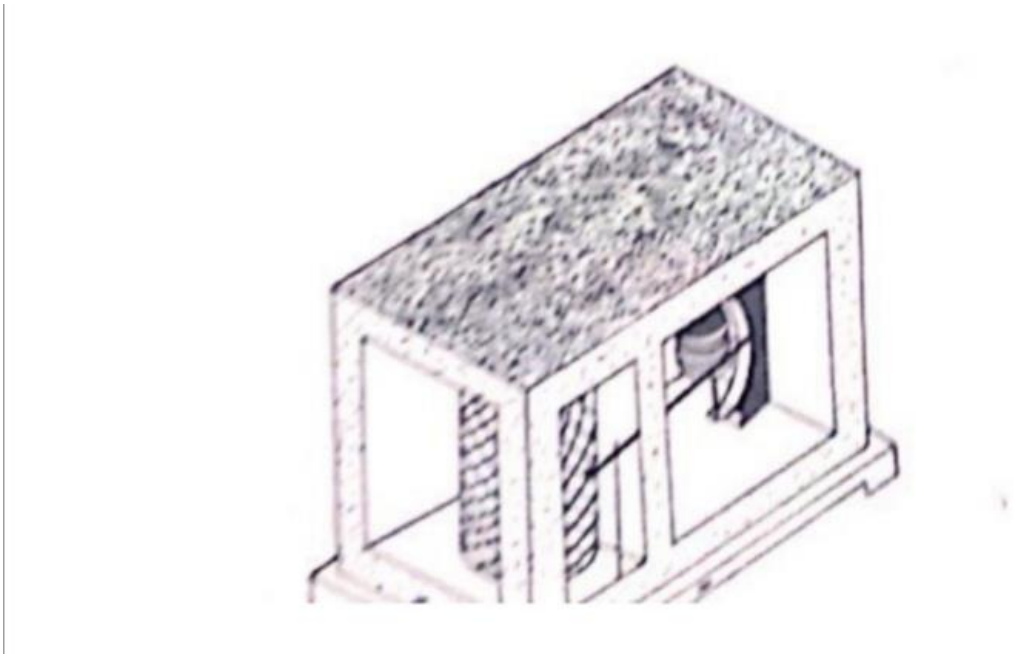
تقاس بواسطة المرياح Anemometer الذي يتركب من ثلاثة كؤوس نصف كروية. مثبتة على عمود قائم يتصل بعداد يتحرك تبعا لعدد اللفات التي تدورها الكؤوس نصف الكروية .فعند رصد سرعة الرياح يقرا العداد اولا " وبعد فترة معينة يقرأ مرة اخرى ثم بحسب الفرق بين القراءتين فتنتج سرعة الرياح خلال تلك الفترة المحددة بالكم أو بالميل او بالعقدة حسب نظام الجهاز. ويوضع جهاز قياس سرعة الرياح قرب حوض التبخر وعلى ارتقاعين ٢٠٠.٥٠ سم هنا وهنالك جهاز آخر يدوي بمكن بواسطته معرفة سرعة الريح كما موضح في ادناه -

الضغط الجوي

يمثل الضغط الجوي قوة الهواء المؤثر على وحدة المساحة السطح المعرض لهذا الضغط نتيجة تصادم جزيئات الهواء بصورة عمودية عليه . وحدات قياس الضغط الجوي هي الملمتر زئبق (mm Hg) او الملبار (mb) و يمثل المليبار $\frac{3}{4}$ xملم زئبق و الضغط الجوي الاعتيادي يساوي 1013.2 مليبار التي تساوي ٧٦٠ ملم زئبق = ١ ضغط جوي. و يختلف الضغط الجوي عادة حسب المكان و الزمان و تؤثر عليه عوامل عديدة اهمها الارتفاع عن مستوى سطح البحرو درجات الحرارة و الرطوبة الجوية ،اختلاف الجاذبية اما بالنسبة لاجهزة قياس الضغط الجوي فهنالك عدة اجهزة اهمها :

البارومتر الزئبقي

البارومتر المعدني



جهاز البارومتر المسجل

تأثيرات الغلاف الجوي والأرض في الإشعاع الشمسي .

Effects of the Atmosphere and the Earth on Solar Radiation

يتعرض الإشعاع الشمسي عند مروره بالغلاف الجوي للكرة الأرضية الى عوامل تؤدي الى تخفيض شدته وتعتمد على مكونات الغلاف الجوي . آن شدة الإشعاع الشمسي التي تصل الى وحدة المساحات من الغلاف الجوي للأرض يفقد تقريبا (٥٠%) من شدته في احسن الأحوال الجوية ، بسبب تعرض الإشعاع الشمسي الى عوامل الامتصاص والاستطارة والانعكاس عند أختراقه للغلاف الجوي للأرض . لذا فان الإشعاع الواصل الى سطح الأرض هو اشعاع تم توهينه بسبب تعرضه الى ثلاث عمليات في الامتصاص (Absorption) والاستطارة (Scattering) والانعكاس (Reflection) من قبل الغازات وبخار الماء و العوالق الجوية والغيوم .

الامتصـــــــــــــــاص Absorption

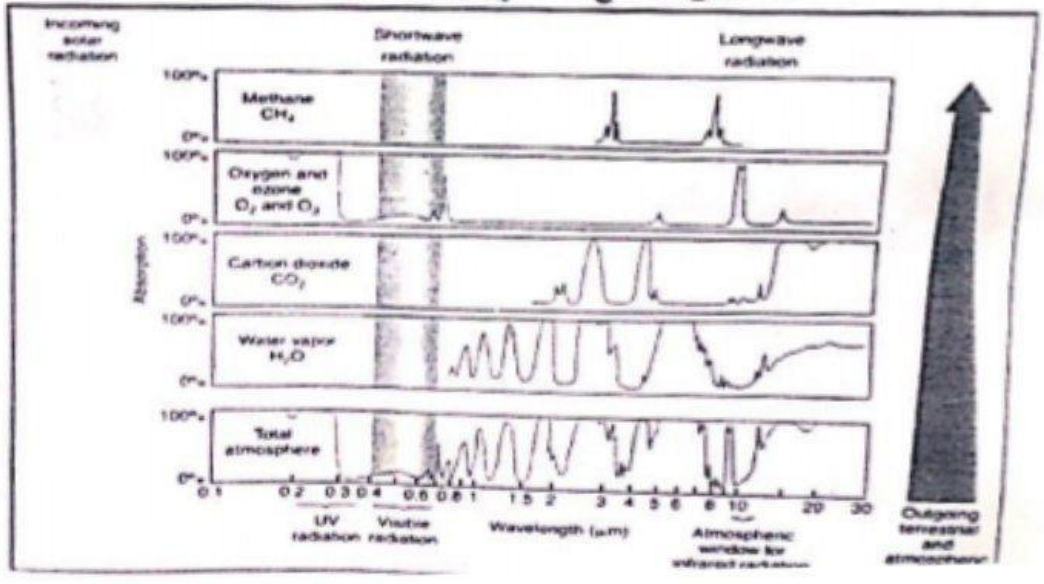
يحدث الامتصاص للاشعاع الشمسي بشكل فعال من قبل الأوكسجين والأوزون ويخار الماء وثاني اوكسيد الكربون ودقائق الغبار. الغازات الجوية تتميز بكونها ممتصات اختيارية (انتقائية) (Selective absorber) للاشعاع الشمسي والاشعاع الأرضي ، أي تمتص أطول موجية محددة من دون أخرى .

الامتصاص بواسطة غازي الاوكسجين والاوزون :

يوجد غاز الأوكسجين (O_2) على ارتفاع (١٠٠) كم فوق سطح الأرض وبحالة ذرية او جزينية، ولهذا الغاز حزم امتصاص تقع في المنطقة فوق البنفسجية ، وعلى الرغم من أهمية غاز الأوكسجين في تكوين الطبقة الأيونوسفيرية وتأثيره في ارتفاع درجة حرارتها ، الا ان تاثيره بالنسبة الى امتصاص الأشعة الشمسية قليل جدا ويمكن اهماله، وتنحصر حزم امتصاص الأوكسجين بين (٠.١٧٥ - ٠.٢٠٢) مايكرونا و (٠.٢٤٢-٠.٢٦٠) مايكرونا ".

الشكل (7.1)

امتصاص الاشعاع الشمسي من قبل الغازات الجوية



أما بالنسبة لغاز الأوزون (O_3) الذي يتمركز في طبقة الستراتوسفير (Stratosphere) على ارتفاع (١٠-٤٠) كم ، فله حزم امتصاص عديدة تقع في المنطقتين فوق البنفسجية وتحت الحمراء ، كالحزمة المحصورة بين (٠.١٠٥ - ٠.٢٠٠) مايكرونا "، والحزمة المحصورة بين (٠.٢٣-٠.٣٢) والتي يطلق عليها حزمتي هارتلي (Hately Band) ، وكذلك الحزم المحصورة بين بين (٠.٤٤ - ٠.٧٦) مايكرونا يطلق عليها حزمة شابوي (Shappuis Band) وتعد حزمة هارتلي التي تقع في المنطقة فوق البنفسجية من أهم حزم امتصاص الأوزون السبب الرئيس لانقطاع الطيف الشمسي في المنطقة التي تقل فيها الاطوال الموجبة عن (٠.٢٩)مايكرونا " ، لذا فان مقدار ضئيلا من الأشعة فوق البنفسجية يخترق الغلاف الجوي ويصل الي سطح الأرض ، وان الطاقة الممتصة تسبب تسخين الغلاف الجوي في طبقة الستراتوسفير (Stratosphere) ويمتص (٣%) من الإشعاع الشمسي فوق ارتفاع (٤٠) كم

الامتصاص بواسطة ثنائي أوكسيد الكاربون وبخار الماء.

أن غاز ثاني أوكسيد الكاربون (Co_2) له حزمتا امتصاص قليلة التأثير ، تنحصر حزمة امتصاصه الاولى بين (٠.١ -٠.٢) مايكرونا " في المنطقة فوق البنفسجية ، وتتركز حزمة الإمتصاص الثانية عند الطول الموجي (٢.٦) ماكرونا "، ولكن لغاز ثنائي أوكسيد الكاربون حزم امتصاص مهمة في المنطقة التي تزيد فيها الاطوال الموجية عن (٤) مايكرونا "، والتي لها تأثير كبير في امتصاص الاشعاع الارضي (Terrestrial radiation) والتي تتحول الى حرارة .كما أ ن (Co_2) يقوم باعادة بعث جزء من الاشعاع الممتص من قبل الأرض عن طريق ما يسمى بظاهرة البيت الزجاجي ويسبب ذلك سخونة الغلاف الجوي الى درجة تعتمد على نسبة وجود هذا الغاز في الجو . أما امتصاص بخار الماء (H_20) للاشعاع الشمسي فيعد من أهم العوامل المسببة لنضوب الإشعاع، قلبخار الماء حزم امتصاص كثيرة تقع اهمها في المنطقة المزنية والمنطقة تحت الحمراء . وهناك حزم امتصاص لبخار الماء أطوال موجاتها أكبر من (٢.٨) مايكرونا " في المنطقة تحت الحمراء، ولكن ليس لها تأثير في شدة الإشعاع الشمسي بل لها تاثير كبير في امتصاص الاشعاع الارضي . اما الغازات الأخرى كالميثان ($CH4$) وثاني أوكسيد النتروجين (N_20) فليس لها أي تأثير يذكر في امتصاص الإشعاع الشمسي .

في الطبقات السفلى يمتص بخار الماء ما يقرب (٤٠%) من الأشعة القريبة من تحت الحمراء (near in frared) .

الاستطاره.: Scattering

يتشتت الاشعاع الشمسي باتجاهات متعددة ويسقط بعدة زوايا عندما يصطدم بأحد الجزيئات او الجسيمات العالقة في الغلاف الجوي مثل جزيئات الهواء و بخار الماء و دقائق الغبارو ذرات صلبة وسائلة أخرى عالقة في الجو فانه يستطار و يتشتت في الاتجاهات جميعها وهذا الجزء من الاشعاع يسمى بالاشعاع المنتشر (Diffuse solar). فيحدث بسبب هذا التصادم أن يتشتت جزء من الاشعاع الشمسي من دون تغيير في اطواله الموجية ، وهذا التشتت يكون على نوعين: الأول يحدث حينما يصطدم الإشعاع الشمي مع الجزيئات التي تكون قطارها اقل من الطول

الموجية (λ) للاشعاع الشمسي كما هي الحال لجزيئات الهواء وبخار الماء ويعرف هذا النوع من التشتت باستطارة رايلي (Rayleigh) .

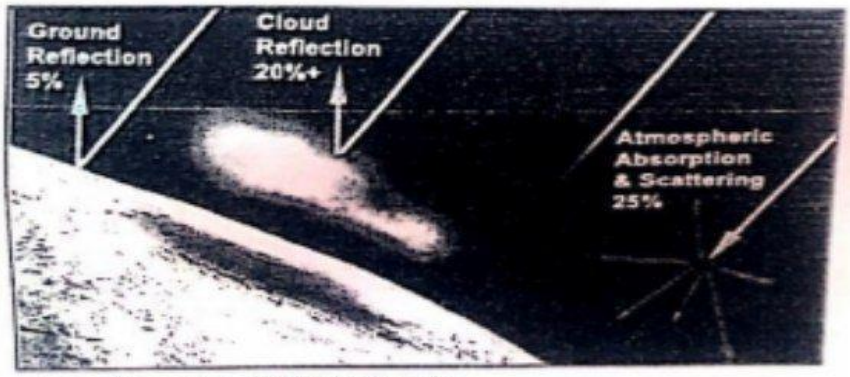
أما النوع الثاني والذي يعرف بالتشتت الانعكاسي فيحدث حينما تكون اقطار الجزيات اكبر من الاطوال الموجية (λ) للاشعاع الشمسي وهذا يعرف باستطارة گوستاف ماي (Mie) وهذا ينطبق على دقائق الغبار وبقية الدقائق العالقة بالغلاف الجوي . واعتمادا على قطر الجسيمات او الجزيئات المسببة للاستطارة (D) ومعامل انكسار الهواء (n) و الطول الموجي (λ) بالمايكروميتر وضع (Seigel, Howel، ١٩٨١) التقسيمات الآتية للاستطارة

-حينما $(\pi D/\lambda < 0.6n)$ فان الاستطارة تتبع استطارة (Rayliegh) ، و الجزيئات تكون اقطارها اقل من الأطوال الموجية للاشعاع الشمسي كما هي الحال في جزيئات الهواء وبخار الماء و ان القطار هذه الجزيئات بحدود ($1\ A^O$) ، استطارة رايلي لجزيئات الهواء تقوم على عدد من الفرضيات منها ان الجزيئات يجب أن تكون كروية وقطرها قل من (0.2λ) واستطارة كل جسيم لا تعتمد على استطارة الجسم الأخر. حينما تكون ($0.6\ n\ <\ \pi\ D\ /\lambda < 5$) فان الاستطارة الخاصة بهذه الحالة تتبع استطارة ماي (Mie Scattering) اقطار هذه الدقائق اكبر من ($10\ A^O$) مثل الهباء (Aerosols) -حينما تكون ($\pi\ D\ /\lambda > 5$) فان التشتت في هذه الحالة من نوع التشتت الانعكاسي (Diffuse Refflection) وتكون قطار الجزيئات اكبر من الطول الموجي للاشعاع الشمسي الساقط وهذا ينطبق على الغبار .

الانعكاسيه (α) ان من الاشعاع الشمسي (Rs) الواصل سطح الارض و الغلاف الجوي ينكعس ، ودالة الانعكاس المعروف به بالالبيدو (Albedo)، اي معامل الانعكاس و هو يمثل النسبة بين الاشعاع الكلي المنعكس من فوق سطح الأرض مقارنة بالاشعاع الساقط علية . وهذا يعتمد على لون السطح و يتباين على حسب طبيعة السطح و زاوية السقوطى او ميل سطح الارض و ينعكس تقريبا (٢٠%) من الإشعاع الشمسي الساقط من قبل الغيوم ، و بحدود (٥%) من الاشعاع الشمسي من قبل سطح الارض كما في الشكل

الشكل (8.1)

نسبة الامتصاص والانعكاس والاستطارة من قبل مكونات الغلاف الجوي



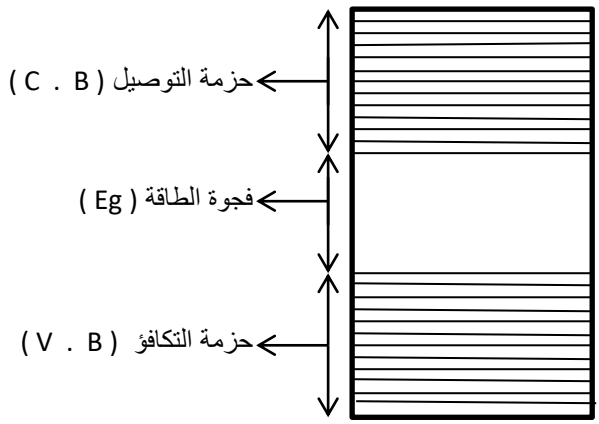
Source: http://sgul.org/WIKI/Solar-Radiation.

العوازل و الموصلات و اشباه الموصلات

Insulators . Conductors . Semi Conductors

العوازل Insulators : هي المواد التي تكون الكترونات التكافؤ في ذرتها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالذرة ولهذا تحتاج الى مجال كهربائي كبير جدا للتخلص من جذب النواة بمعنى اخر ان العوازل لا تحتوي على شحنات حره ناقلة تحت الظروف الاعتيادية .

تكون حزمة التكافؤ [valance Band (V.B)] في العوازل مفصولة عن حزمة التوصيل (C.B) بفجوة طاقة (Eg) كبيرة تصل قيمتها الى حوالي (5ev) و بالتالي فان الالكترونات في حزمة التكافؤ لا يمكنها الانتقال الى حزمة التوصيل في درجات الحرارة الاعتيادية لذا يكون العازل غير موصل كهربائيا .

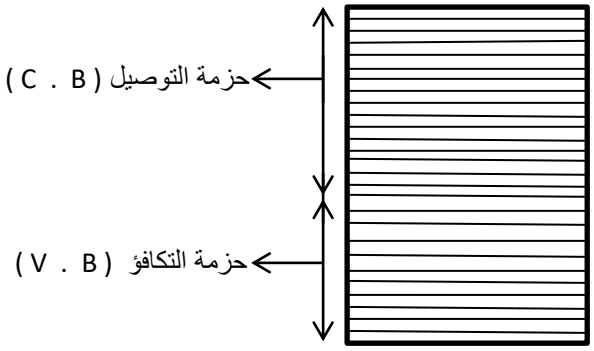


مخطط حزم الطاقة في العوازل

*- ان المقاومه الكهربائية للعوازل تصغر بالتسخين و لكنها تبقى كبيرة نسبيا . لكي نفصل الكترون عن ذرته نحتاج الى طاقة كبيرة لذلك ينصهر الجزء الاكبر من العوازل الكهربائية الصلبة قبل ان تكتسب خاصية توصيل

الموصلات Conductors : تتميز الموصلات بتداخل حزمة التوصيل و حزمة التكافؤ و عليه تختفي فجوة الطاقة و تكون للمادة الكترونات حرة كثيرة لهذا فان التيار الكهربائي المار يكون نتيجة حركة الالكترونات الحرة . عند الصفر المطلق لا تستطيع الالكترونات التحرك خلال البلورة وذلك لانها جميعا"مرتبطة بشدة الى ذراتها وبالتالي فانها تملاء حزمة التكافؤ من اوطأ مستوى طاقة فيها الى اعلى مستوى طاقة و بعبارة اخرى فان حزمة التوصيل عند الصفر المطلق تكون فارغة .

عند ارتفاع درجة الحرارة فوق الصفر المطلق فان الطاقة الحرارية التي يكتسبها الالكترون سوف تمكنه من الافلات من ذرته و الانتقال الى حزمة التوصيل .



مخطط حزم الطاقة في الموصلات

اشباه الموصلات Semi Conductors . تحظى المواد شبه الموصلة في الوقت الحاضر بأهمية بالغة وذلك لاستخدامها في تصنيع معظم الاجهزة الالكترونية الحديثة.

تتميز اشباه الموصلات النقية :

١- تكون عازلة تماما عند درجة الصفر المطلق لشدة ارتباط الالكترونات بذراتها
٢- عند رفع درجة حرارتها تصبح الطاقة الحرارية كافية لكسر بعض الروابط بين الذرات فتتحرر بعض الالكترونات تاركة مكانها فجوة و بذلك تصبح البلورة موصلة للكهرباء عن طريق الفجوات التي تتحرك عكس الالكترونات.

مخطط الطاقة في اشباه الموصلات لا يختلف عن نظيره في العوازل الا في سعة فجوة الطاقة حيث تكون صغيرة بحدود (1.1ev) او اقل .

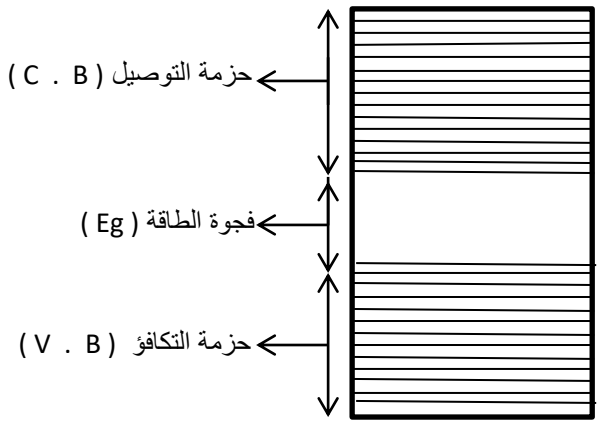
عند درجة حرارة $27c^{o}$ (300k) تكتسب الالكترونات طاقة و تنتقل الى حزمة التوصيل تاركة خلفها فجوة (hole) في حزمة التكافؤ .

سريان التيار في شبه الموصل يعزي الى مجموعة حركة الالكترونات في حزم التوصيل و الفجوات في حزمة التكافؤ اي ان (الكترون – فجوة) هو الذي يقوم بعملية التوصيل في اشباه الموصلات .

و اهم اشباه الموصلات هو الجرمانيوم و هو رباعي التكافؤ و عرض فجوة الطاقة فيه Eg هي (1ev) وكذلك السليكون الذي عرض فجوته هي (1.21 ev)

بالمقارنـه مـع اشـباه الموصـلات فـان Eg فـي العـوازل كبيـرة تصـل (9 ev ~) ، امـا فـي الموصلات لا توجد فجوة طاقة Eg .

(ev) يمثل الطاقة التي يمتلكها الاكترون عندما يسقط في فرق جهد مقدار واحد فولت.



مخطط حزم الطاقة في اشباه الموصلات

اشباه الموصلات النقية Intrinsic Semi Conductors

ان للمـواد شـبه الموصـلة النقيـة تركيبـا بلوريـا ،اذ تترتـب ذرتهـا وفـق نسـق هندسـي بابعـاد فراغيـة هـذا النسـق يسـمى البلـورة . فـي اشـباه الموصـلات فـان الفجـوات المتولـدة فـي حزمـة التكـافؤ نتيجـة لتهـيج الالكترونـات حراريـا تسـاهم فـي عمليـة التوصـيل الكهربـائي .و كـذلك بعـض الالكترونـات فـي حزمـة التكـافؤ يمكـن ان تنتقـل الـى هـذه الفجـوات الفارغـة و بـذلك تكتسـب سـرعة الانجـراف اللازمـه لعمليـة التوصـيل . يمكـن وصـف التوصـيلية الكهربائيـة فـي حزمـة التكـافؤ بسـريان الفجـوات عنـد تسـليط المجـال الكهربـائي علـى المـادة فـالفجوات المتولـدة فـي حزمـة التكـافؤ و الالكترونـات الموجـودة فـي حزمـة التوصـيل تتحـرك باتجـاهين متعاكسـين . و يكـون التيـار النـاتج هـو حاصـل جمـع التيـار الالكترونـات و تيـار الفجـوات و يرمـز لكثافـة حـاملات الشـحنه فـي شـبه الموصـل النقـي ni للالكترونات السالبة و pi للفجوات الموجبة .

تتولـد هـذه الحـاملات فـي اشـباه الموصـلات علـى شـكل ازواج مـن (الكتـرون – فجـوة) و يكون ni=pi

ان تركيز ازواج (الكترون – فجوة) يتغير بتغير درجة الحرارة بلكلفن كما موضح

$$ni = pi = AT^{\frac{3}{2}} \quad e^{-Eg/2KT} \qquad (law\ of\ mass\ action)$$

حيث ان k = ثابت بولتزمان $K = \frac{1}{11600}\ \frac{ev}{k}$

$$k = 8.625\ x\ 10^{-5}\quad \frac{ev}{k}$$

Eg = فجوة الطاقة و هي فرق الطاقة بين قمة حزمة التوصيل و قمة حزمة التكافؤ (*Eg in ev*)

A = متغير تجريبي لشبه موصل $A = \ 10^{16}\ cm^{-3}\ K^{-3}/_{2}$

عند تسليط المجال الكهربائي على شبه موصل ستكون كثافة التيار الناتج (J)

$$J = \frac{E}{\rho}$$

ρ = المقاومة النوعية بالاوم – متر $\Omega\,.\,m$

E = المجال الكهربائي

يمكن التعبير عن المقاومة النوعية بالعلاقة : $\rho = \frac{1}{e\ ni\ (\mu_n + \mu_p)}$

حيث ان

e = شحنة الاكترون = $1.6\ x\ 10^{-19}$

μ_n . μ_p هي حركية الالكترون و الفجوة

ni هي كثافة الحاملات

مثال / جد المقاومة النوعية لسيلكون نقي عند كل من $0\ C^o$. $50\ C^o$

افرض ان $Eg = 1.12\ ev$ $A\ = 2.8\ x\ 10^{16}\ cm^{-3}\ k^{-3/2}$

$\mu_p = 400 \frac{cm^2}{v\ .sec}$ $\mu_n\ = 1600\ \frac{cm^2}{v\ .sec}$

الحل

$$ni = AT^{3/2}\quad e^{-Eg/_{2kT}}$$

$$ni\ (\ at\ 0\ C^o) = \ 2.8x\ 10^{16}\ (273)^{3/2}\ e^{-1.12x11600/_{2x273}}$$

$$= 5.85\ x\ 10^{9} particle\ /cm^3$$

$$ni\ (\ at\ 50\ C^o) =\ 2.8x\ 10^{16}\ (273+50)^{3/2}\ \ e^{-1.12x11600/2x323}$$

$$= 3\ x\ 10^{11}\ particle\ /cm^3$$

يلاحظ تركيز الحاملات في C^o 0 اقل من $50\ C^o$

$$\rho(0\ c^o) = \frac{1}{e\ ni\ (\mu_n\ .\mu_p)} = \frac{1}{(1.6x10^{-19})(5.85x10^9)(1600+400)}$$

$$= 5.34\ x\ 10^5\ \Omega\ .cm$$

$$\rho(at\ 50\ C^o) = 1.04\ x\ 10^4\ \Omega\ .cm$$

تكمن اهميه الفجوة في انه يمكن اعتبارها ناقله للتيار الكهربائي مثل الالكترون حيث ما يحدث ان الكترونا" في ذره مجاوره يمكن ان يتحرك ليملئ تلك الفجوة مخلفا" وراءه فجوة اخرى ليتحرك الالكترون في ذره مجاوره اخرى ليملئ تلك الفجوة وهكذا يمكننا ان نعتبر نظريا" ان الفجوة تتحرك بعكس اتجاه حركه الالكترون وعلى ذلك يمكن اعتبار الفجوات مثل شحنه موجبه مقدارها يساوي مقدار شحنه الالكترون وتتحرك في اتجاه معاكس لحركه الالكترون.

اشباه الموصلات الغير نقيه

لجعل المواد شبه الموصلة موصله يضاف الى المادة شبه الموصلة مواد اخرى تسمى بالشوائب . الشوائب هي مواد ثلاثية التكافؤ او خماسية التكافؤ تضاف الى المواد شبه الموصلة لجعلها موصله للتيار اشهر انواع الشوائب الثلاثة هي الالمنيوم والبورون والشوائب الخماسية الفسفور والزرنيخ عند اضافه الشوائب الى اشباه الموصلات تتكون نوعين من البلورات

1- بلورة شبه الموصل الغير نقي من النوع الموجب (p – Type)

عباره عن بلوره شبه موصل نقي مثل الجرمانيوم او السيليكون يضاف اليها شائبه ثلاثية التكافؤ (مثل الالمنيوم او البورون او الجاليوم)تحتوي على ثلاثة الالكترونات في مستوى الطاقة الاخير فتكون ثلاث روابط تساهميه وتظل الرابطة الرابعة غير مكتملة حيث تبقى فجوه موجبه تجذب اليها الكترون من رابطة المجاورة وقد ينتقل الكترونيا من هذه الفجوة و ويترك خلفه فجوة جديده . وهكذا يتسبب ذلك في وجود الكترونات حره مما يجعل البلورة موصله للتيار الكهربائي ولان كل ذرة شوائب تولد فجوه فتعرف هذه الشوائب الثلاثية بالمتقبل Acceptors .في هذا النوع تعتبر الفجوات هي حاملات التيار.

2- بلوره شبه موصل غير نقي من النوع السالب (n – Type)

عباره عن بلوره شبه موصل نقي مثل الجرمانيوم او السيليكون يضاف اليها شائبه خماسية التكافؤ مثل الفسفور او الزرنيخ يحتويان في مستوى الطاقة الاخير خمسه الكترونات . في هذا النوع من البلورات تكون كل ذره شائبه خماسية التكافؤ مرتبطة بأربع ذرات السليكون عن طريق اربع روابط تساهمية تشارك فيهم ذرة الزرنيخ او الفسفور بأربع الالكترونات ويبقى الالكترون الخامس لذره الفسفور اوالزرنيخ حر . كلما ازداد عدد ذرات الشائبة كلما ازداد عدد الالكترونات الحرة وبالتالي فتزداد قدره البلورة على توصيل التيار الكهربائي يسمى هذا النوع من ذرات الشوائب بالذرات المانحه donors.

الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية عباره عن محولات فوتو ضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر الى كهرباء وتعرف هذه العملية بالتحويل الكهروضوئي او التحويل الفوتوفولتائي photovoltaic Conversion وتساهم هذه العملية في تقليل استهلاك الوقود الاحفوري و خفض التلوث البيئي.

اهم استخدامات الخلايا الشمسية .

1- استخدامات فضائية تشمل اناره المركبات والإقمار الصناعية.
2- استخدامات بحريه تتضمن الإنارة و اجهزه الرصد والارشادات الضوئية .
3- الاتصالات الأرضية في محطات الاتصالات والاستقبال .
4- التبريد وذلك من خلال الثلاجات المتنقلة لحفظ الادويه والاطعمه .
5- لتحليةوضخ المياه لاغراض الشرب والزراعة .
6- استخدامها في الأجهزة التحذيريه المدنية والعسكرية.

اهم المشاكل التي تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقه الشمسيه :

١ _ وجود الغبار و محاوله تنظيف اجهزه الطاقه الشمسيه منه . برهنت البحوث الجاريه حول هذا الموضوع ان اكثر من 50% من فعالية الطاقه الشمسيه تقل في حاله عدم تنظيف الجهاز المستقبل لاشعه الشمس .ان افضل طريقه للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر على فترات لا تتجاوز ثلاثة ايام لكل فتره تختلف هذا الطرق من بلد الى اخر معتمده على طبيعه الغبار وطبيعه الطقس لذلك البلد.

٢ _ مشكلة خزن الطاقه الشمسيه والاستفاده منها خلال الليل او الايام الغائمه او المغبره يعتمد خزن الطاقه الشمسيه على طبيعه وكميه الطاقه الشمسيه ونوع و فتره الاستخدام بالاضافه الى تكلفه طريقه الخزن .

الطريقه الشائعه في الخزن في الوقت الحاضر هي استخدام البطاريات السائله .

طريقة عمل الخلية الكهروضوئية

عند سقوط ضوء الشمس على الخليه يمر هذا الضوء من خلال سطح الخليه و يمتص جزء منه بواسطه الطبقه الاولى للخليه وهي الطبقه التي تحتوي على الفسفور, اما اغلبيه الضوء الساقط على هذه الخليه فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك وهي الطبقه التي تحتوي خليط السيليكون والبورون ,حيث يتكون من خلال هذه العمليه الكترونات حره الحركه يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في اطراف الخليه .

تـزداد هـذه الحركـه بزيـاده كثافـه الضـوء السـاقط علـى هـذه الخليـه ومـن هنـا يمكننـا توصـيل حمـل كهربـائي علـى اطـراف هـذه الخليـه والاسـتفاده مـن حركـه الالكترونـات الناتجـه مـن تسـليط ضـوء الشـمس علـي الخليـه . تتفـاوت كفـاءه اداء الخليـه الكهروضـوئيه عكسـيا " مـع ارتفـاع درجـات الحـراره بمعنـى يـنخفض اداء هـذه الخليـه بارتفـاع درجـة حـرارة الجـو المحيط بالخليه .

هنالك عناصر ضياع تؤثر على القدرة القصوى التي تنتجها الخلية الشمسية تتمثل ب

1- امتصاص غير كامل للفوتونات .
2- الانعكاسية على السطح .
3- النقاوة والعيوب والخصائص الكهربائية .
4- مقاومه التوالي .
5- معامل التوتر ومعامل المنحنى.

اوضـحت العديـد مـن الدراسـات ان ارتفـاع درجـه الحـرارة للخليـة الشمسـية تـؤدي الـى تنـاقص فولتيـه الـدائرة المفتوحـة (v_{oc}) و تزيـد تيـار الـدائرة القصـيرة (I_{SC}) وتنـاقص عامل الملئ (FF) و تناقص الكفاءه (η)

تيـار الـدائرة القصـيرة يمثـل اقصـى قيمـه ممكنـه للتيـار الضـوئية يمكـن الحصـول عليـه مـن الخلية الشمسية عند الظروف المثالية عندما يكون قطبي الدائرة الكهربائية مغلقا.

امـا فولتيـه الـدائرة المفتوحـة تمثـل اقصـى قيمـه للفولتيـة يمكـن الحصـول عليهـا علـى طرفـي الخلية الشمسية عندما تكون دائرة الخلية مفتوحه ($RL = \infty$)

عامـل الملـئ (FF) يعـد مقيـاس لحـدة خصـائص التيـار- فولتيـه وقيمتـه بالنسـبة للخلايـا ذات الكفاءه المقبولة بين (0.75-0.85) و يمثل

$$FF = \frac{V_{OC} - \ln(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1}$$

حيث انV_{OC} في هذه المعادلة تمثل الفولتية المعياريه و تعطى بالمعادلة التأليه

$$V_{OC} = \frac{V_{OC}}{\frac{KT}{q}}$$

كفـاءه الخليــة الشمسـيةη تمثـل النسـبة بـين القـدرة الكهربائيــة الخارجيــة مــن الخليــة P_{out} الى قدره الاشعاع الشمسي الساقط عليها P_{in}

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\% \eta = \frac{IV}{A.P_{in}}\ x\ 100$$

η الكفاءة هي بدون وحدات حيث $\frac{watt}{m^2.\frac{watt}{m^2}}$

A هي المساحة الفعالية لخلليه الشمسية

زيـاده شـده الضـوء السـاقط تزيـد مـن قـيم I_{SC} . V_{OC} وبالتـالي تزيـد مـن الكفـاءة .تـزداد قـيم شـده الاشـعاع الشمسـي مـن الشـروق لغايـه منتصـف النهـار ثـم بعـد ذلـك تبـدا بالتنـاقص لغايه الغروب.

اهم العوامل المؤثرة على كفاءه الخلية الشمسية

1- فولتية الدائرة المفتوحة .
2- تيار الدائرة القصيرة.
3- مقاومه التوالي .
4- مقاومه التوازي .
5- درجات الحرارة والاحوال الجوية.
6- زاويه سقوط الاشعاع الشمسي.

اهم انواع الخلايا الشمسية

1- الخلية السيليكونية احاديه البلورة mono crystalline
2- الخلية السيليكونية متعددت البلورات poly crystalline
3- الخلايا السيليكونيه الأمورفيه Amorphus silicon
4- الخلايا المتكونة من Ga As

وصلة p-n

عند تماس المادتين p-n

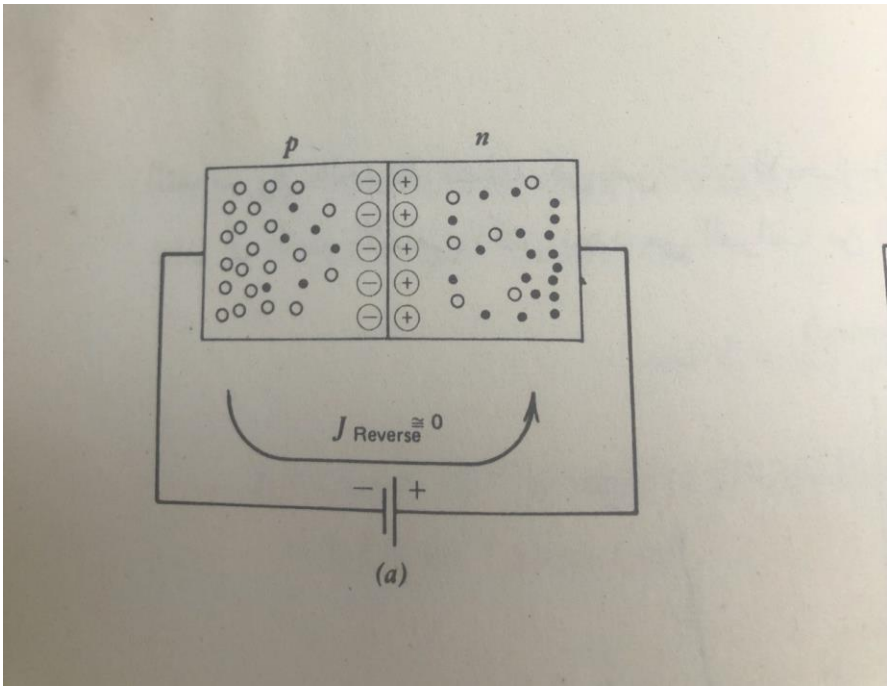
فان الحاملات الغالبية في كلا المادتين تبدا بالانتشارعبر الوصلة و ذلك لكي يتساوى تراكيزهما.

ان الفجوات القريبة من الوصلة تنتشر من المادة من نوع P الى المادة من نوع n بينما تنتشر الالكترونات بطريقة معاكسة.

نتيجة لذلك سيتم اعادة اتحاد اعداد كبيرة من الحاملات و تتكون عندها طبقة رقيقة تدعى طبقة الاستنزاف (depletion layer)

وتكون هذه الطبقة خالية من الفجوات و الالكترونات بل يكون هناك عدد كبير من الايونات الثابتة في كل من جانبيها . لذا تكون منطقة الاستنزاف الواقعة في المادة من نوع P مشحونة بشحنة سالبة بينما المنطقة الواقعة في المادة من نوع n تصبح مشحونة بشحنة موجبة و تظهر بذلك فولتية و مجالا"كهربائيا "مستقرين عبر منطقة الاستنزاف و يمنع استمرارية انتشار الالكترونات و الفجوات خارج هذه المنطقة .

اذا تم تسليط فولتية مستمرة (DC Voltage) خارجية عبر الوصلة بحيث يربط القطب الموجب للنضيدة بالمادة من نوع n (الشكل a) فان التيار يسري من مادة من نوع n الى المادة من نوع P . بما ان حاملات الغالبية تسحب بعيدا من هذه الوصلة فان الحاملات الاقلية المتولدة كأزواج (الالكترون – فجوة) عند الوصلة بواسطة التهيج الحراري تساهم فقط بتيار صغير ان القيمة القصوى للتيار يسمى بالاشباع العكسي (reverse saturation)او تيار الظلام و يقال ان الوصلة في حالة انحياز عكسي.



الشكل a

ان تيار الاشباع العكسي يتناسب مع كثافة الحاملات الاقلية و يمكن كتابته بالشكل التالي :

$$J_\circ = D\,T^3\,e^{-}\,E_g / KT$$

D : ثابت مميز للوصله , $J_\circ$ = كثافة تيار الاشباع العكسي

و يمكن ملاحظة ان تيار الاشباع العكسي لا يعتمد على الفولتية المسلطة و لكن يزداد بسرعة مع درجة الحرارة.

و اذا كانت الوصلة في حالة انحياز امامي وذلك بترتيب الفولتية الخارجية بحيث يتصل القطب الموجب للنضيدة مع المادة من نوع P(الشكل b) فان الحاملات الاغلبية ستجري نحو الوصلة و بذلك يحدث تيار امامي كبير من الحاملات الغالبية. و يعتمد التيار الامامي على درجة الحرارة و الفولتية المسلطة و ان هذا التيار يعطى بالمعادلة

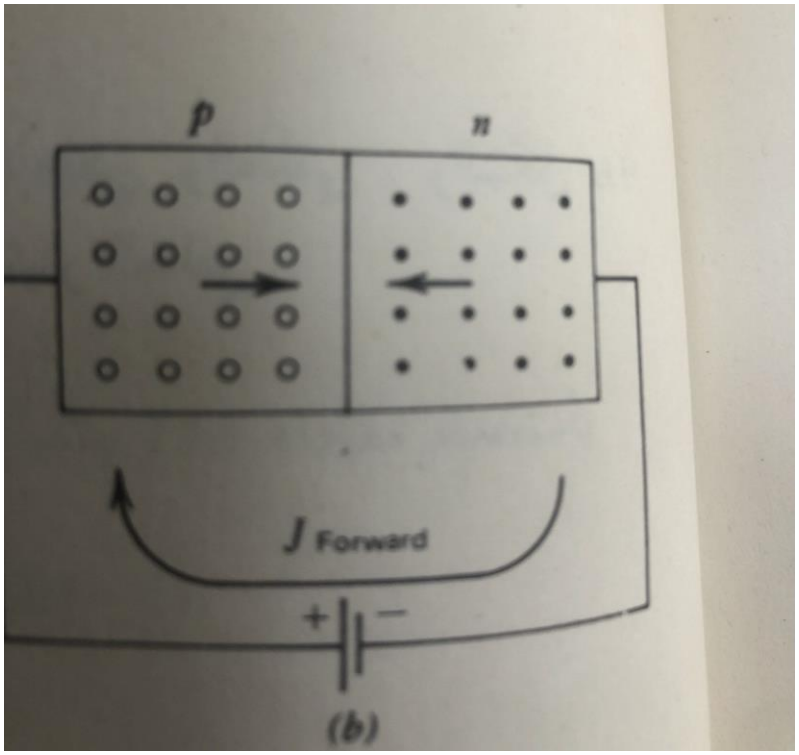
$$J = J_\circ \left(e^{V/KT} - 1 \right) \quad \text{----------}$$

$J_\circ$ تمثل كثافة تيار الاشباع العكسي

J تمثل كثافة التيلر الامامي

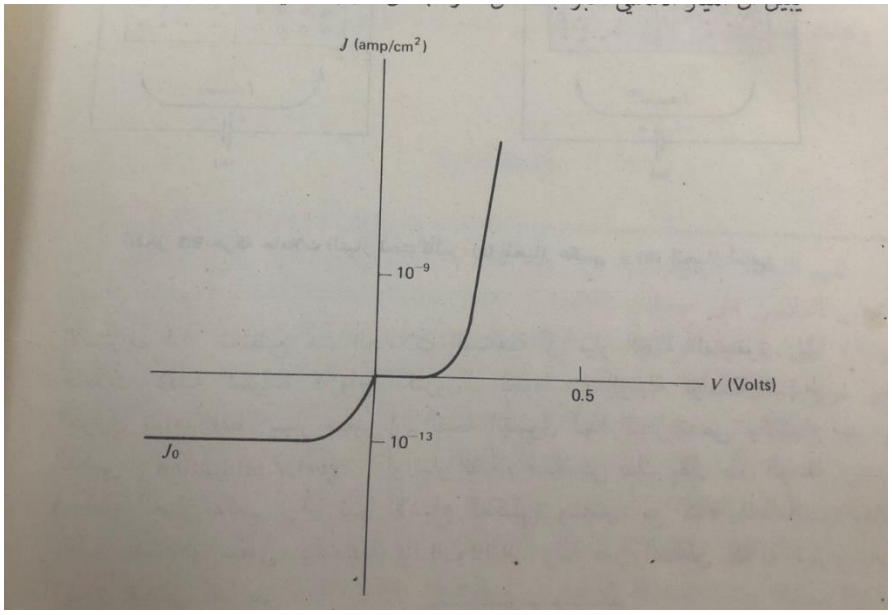
V الفولتية المسلطة مقاسة الفولت

K ثابت بولتزمان



الشكل b

و تسمى هذه المعادلة ثنائي القطب او معادلة التقويم و تصف كل من التيار الامامي والتيار الخلفي .

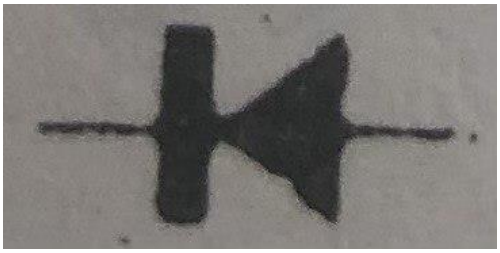


الشكل يبين خصائص J-V لثنائي قطب نموذجي المنحني هو الرسم التخطيطي لمعادلة المقوم (التقويم).

و بحل معادلة التيار في حالة الانحيار الامامي يمكن الحصول على **V بدلالة J**

$$V = KT \ln\left(\frac{J}{J_\circ} + 1\right)$$

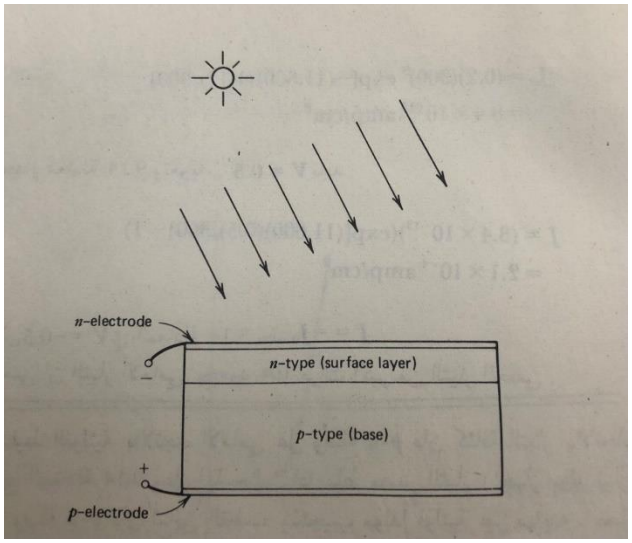
ان الوصلة التي تستخدم في الدوائر الالكترونية لتقويم التيار المتناوب الى التيار المستمر تسمى بثنائي القطب و يرمز بالشكل



حيث يمثل اتجاه السهم اتجاه التيار الامامي.

الوصلة الفوتوفولتائية:

تصنع وصلة P-n من رفيقة *wafer* سليكونية من نوع P و ترسب عليها طبقة رقيقة من السليكون من نوع n .و تدعى الرقيقة عادة بالاساس *base* اما الطبقة المرسبة تعرف بالطبقة السطحية *Surface Layer*و تثبت الاقطاب على السطحين الخارجيين للثنائي . يتكون القطب الامامي من طبقة معدنية رقيقة تسمح لضوء الشمس بالنفوذ الى الطبقة السطحية بعد توهين قليل .كما في الشكل وعندما تسقط الطاقة الشمسية على ثنائي القطب فان قسما من الفوتونات يقوم بخلق ازواج الكترون فجوة الذي بدوره يولد التيار الضوئي *Photo current* الذي يسري من طبقة n الى طبقة P المعطى بالمعادلة :



الشكل يبين فوتوفولتائي من نوع *n* على *p*

$$J_P = e n_\cdot$$

حيث ان $n_\cdot$: هي معدل توليد ازواج الكترون - فجوة (لوحده المساحه)

J_P : هي التيار الضوئي

e :شحنة الالكترون

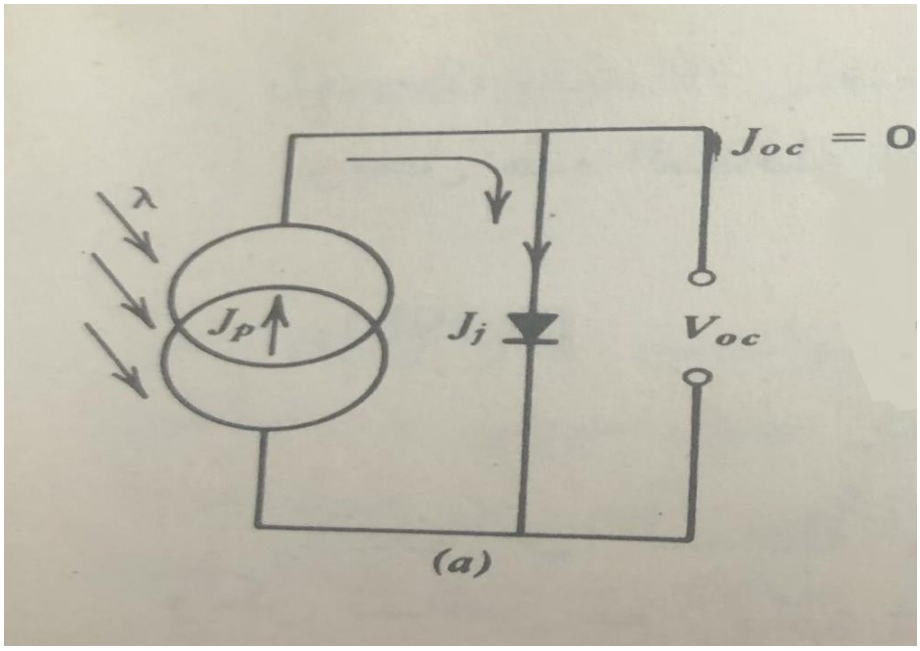
1-عندما يكون الثنائي (الخلية) معزولة كهربائيا عن الدائرة الخارجية (اي في حالة استقرار الخلية) فان صافي التيار عبر الخلية (الوصلة) يجب ان يساوي صفرا . اي ان هناك تيار رجعي يعرف بتيار الوصلة

ويرمز J_j (J- Junction) و هذا التيار يجب ان يساوي التيار الضوئي و يسري تيار الوصله من مادة نوع P الى نوع n و لذا يعتبر التيار امامي و يمكن حسابه من المعادة التالية :

$$J_p = J_j = J_\circ \left(e^{Voc/KT} - 1 \right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

حيث ان V_{OC} هي فولتية الدائرة المفتوحة.

يمكن تكوين نموذج بسيط للخلية الفوتوفولتية من مصدر تيار متوازي مع ثنائي القطب و كما موضع في الشكل



الشكل يمثل نموذج الكتروني بسيط لخلية فوتوفولتائيه يتكون من مصدر تيار ضوئي مربوط بالتوازي مع القطب (عمل الدائره المفتوحه)

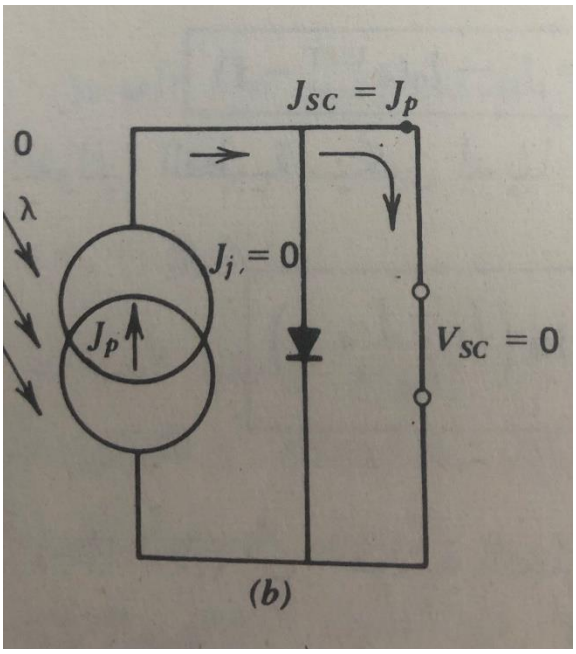
و بما ان الدائره معزولة كهربائيا فان التيار الضوئي المتولد بالطاقة الشمسية يعود خلال ثنائي القطب و نتيجة لذلك تتكون فولتيه دائره مفتوحه على طرفي الخلية و بحل المعادلة 1 لفولتية الدائره المفتوحه Voc نجد

$$Voc = KT\, Ln \left[\left[\frac{J_p}{J_\circ} + 1 \right] \right] \qquad J_{oc} = o$$

ان فولتية الدائرة المفتوحه الناتجه من وصله الفوتوفولتية تعتمد على

1 درجة الحرارة 2 تيار الاشباع العكسي 3 تيار الضوئي المتولد

اذا جعلنا قطبي الخلية الفوتوفولتائيه دائره قصر و كما موضع بالشكل



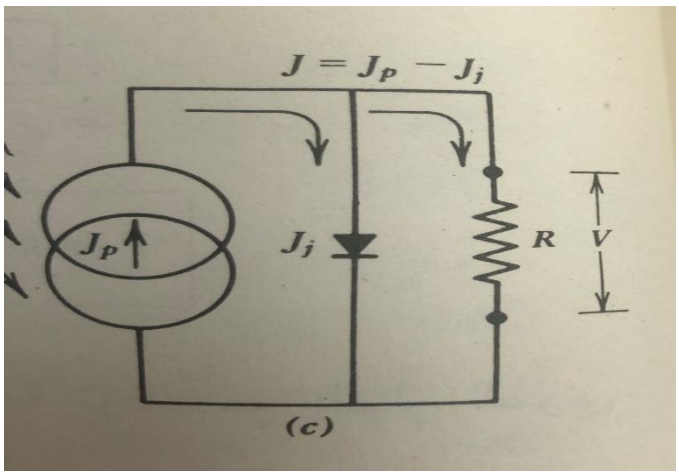
الشكل يوضح عمل الدائرة القصيرة

فان التيار الضوئي الكلي سيرجع خلال الدائره الخارجية و يتلاشي تيار الوصله و بذلك تكون الفولتيه على قطبي الخلية صفرا و بهذا يكون تيار الدائرة القصيره

$$J_{sc} = J_p \qquad (V_{sc} = 0)$$

J_{sc}: تيار الدائره القصيره

عند ربط مقاومه حمل بين قطبي الخلية الفوتوفولتائيه كما في الشكل



الشكل يبين تجهيز تيار لمقاومة حمل خارجية

فان جزءا من التيار الضوئي يمر عبر الثنائي بينما الجزء المتبقي يمر عبر الحمل. ويمكن التعبير عن تيار الحمل

$$J = J_p - J_j$$

وكذلك

$$J = J_p - J_\circ \left(e^{V/KT} - 1 \right)$$

و بحل هذه المعادلة للفولتيه القطبية سيكون لدينا

$$V = KT \ Ln \left(\frac{J_p - J}{J_\circ} + 1 \right)$$

يتبين من هذه المعادلة ان الفولتيه الخارجية تزداد مع التيار الضوئي و لكن تتناقص مع زيادة تيار الحمل.

الاستجابه الطيفيه للتيار الضوئي

نفرض ان التوزيع الطيفي للاشعاع الشمسي الساقط يساوي F_λ

الاشعاع الشمسي هو عبارة عن سيل من الفوتونات و ان الطول الموجي للفوتون الساقط λ

فطاقه الفوتون الذي طوله الموجي λ يمكن ان يعبر عنها بالمعادله

$$E_\lambda = h\nu \ , \ \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$So \qquad E_\lambda = \frac{hc}{\lambda}$$

ان عدد الفوتونات الساقطه لوحده الزمن لوحده المساحه و لوحده الطول الموجي تكون

$$N_\lambda = \frac{F_\lambda}{E_\lambda} \rightarrow N_\lambda = \frac{F_\lambda \quad \lambda}{hc} \text{ ----------1}$$

لا تولد جميع الفوتونات الساقطه على الخليه تيار ضوئي و ان الفوتونات التي لها طاقه اقل من فجوه الحزمه لشبه الموصل لا تولد ازواج الكترون فجوه و قسم اخر من هذه الفتونات التي لها طاقه كافيه لخلق ازواج (الكترون فجوه) فاما ان تمتص او تنعكس من الطبقه السطحيه قبل ان تتفاعل مع المادة و حتى عندما تتولد هذه الازواج فان ميل هذه الازواج لاعاده الاتحاد يقلل من التيار الضوئي.

وباخذ جميع هذه الاحتمالات بنظر الاعتيار يمكن الحصول على العلاقه الرياضيه لحساب معدل توليد الازواج لوحه المساحه من المعادله

$$n_\lambda = B_\lambda N_\lambda \text{ ----------2}$$

حيث ان

n_{λ} هي معدل توليد الازواج لوحدة المساحة

β_{λ} هي الكفاءة الكمية *(Quantum efficiency)* للفوتون ذو الطول الموجي $\boldsymbol{\lambda}$

و تكون قيمه المتغير β_{λ} تساوي صفر لجميع الاطوال الموجيه التي تكون اكبر من طول موجه القطع $\boldsymbol{\lambda}_{\circ}$

حيث ان $\boldsymbol{\lambda}_{\circ}$ هو الطول الموجي لفوتون طاقته تساوي طاقة فجوة الحزمه

و بصوره عامه تكون قيمه β_{λ} اعلى ما يمكن عندما تكون $\boldsymbol{\lambda}$ اقصر بقليل من $\boldsymbol{\lambda}_{\circ}$ و تقل هذه القيمه كلما $\frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{\lambda}_{\circ}} \rightarrow 0$

لذا فان الفوتونات التي تمتلك طاقه اعلى من طاقه الفجوه للحزمه تكون اكثر فعاليه لتوليد التيار الضوئي وباستخدام العلاقة والمعادلتين 1,2 نجد ان .

$$J_{p.\lambda} = en \cdot \lambda$$

$$J_{p.\lambda} = e\, B_{\lambda}\, N_{\lambda} = \frac{e\, B_{\lambda}\ \ \lambda}{hc} F_{\lambda} \text{ ----------3}$$

و لكن $\frac{e\, B_{\lambda}\ \ \lambda}{hc}$ يسمى الاستجابه الطيفيه للخليه الفوتوفولتائيه k_{λ} و يمكن التعبير التيار الضوئي الكلي المتولد من الطيف الكلي

$$J_p = \int J_{p.\lambda}\, d\lambda = \int_0^{\lambda_o} K_{\lambda} F_{\lambda} d\lambda = k^{-} F \text{ ----------4}$$

حيث ان $F = \int_0^{\infty} F_{\lambda}\ d\lambda$

$$K^{-} = \int_0^{\lambda_o} \frac{K_{\lambda} F_{\lambda}\, d\lambda}{F}$$

حيث ان K^{-} هو معدل الاستجابه الطيفيه للخليه الفوتوفولتائيه و يقاس بامبير واط و λ_o هي طول موجة القطع

$$\lambda_o = \frac{hc}{E_g}$$

يعتمد معدل الاستجابه الطيفيه على التوزيع الطيفي للاشعاع الشمسي الساقط و يقاس بالامبير/ واط اي بمعنى يتغير بتغير موقع الشمس و الظروف الجويه

و بتعويض المعادله 4 في المعادلات السابقه سنجد

$$J = J_p - J_{\circ}$$

$$J = k^{-}F - J_{\circ}\,[e^{V/KT} - 1]$$

او

$$V = KT\,Ln\,[\frac{k^{-}F - J}{J_{\circ}} + 1]$$

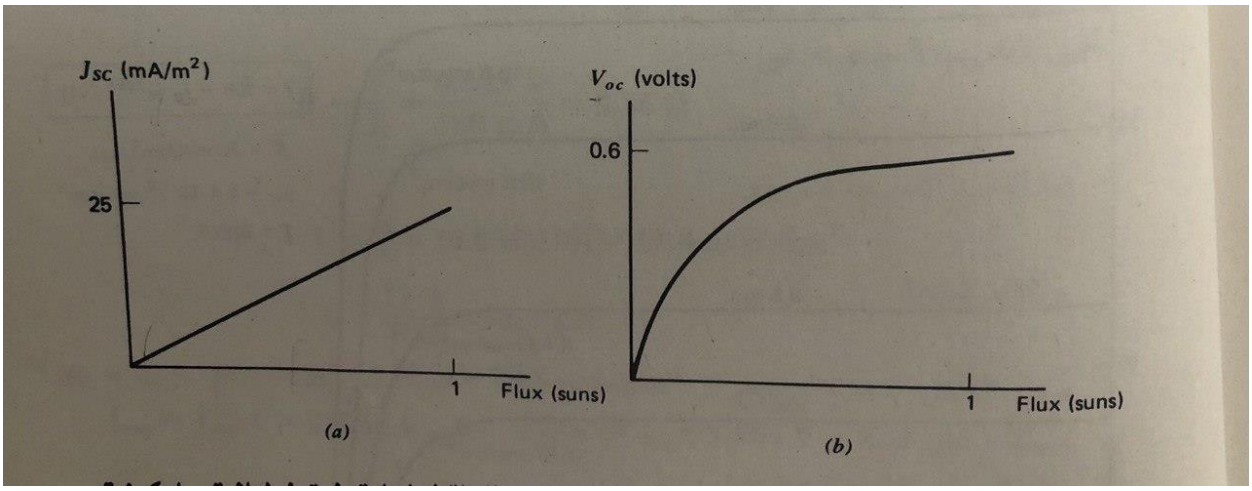
و باستخدام المعادله 1 نجد تيار الدائرة القصيره و فولتيه الدائره المفتوحه

$J_{sc} = k^{-}F$ تيار الدائرة القصيرة

$V_{oc} = KT\,Ln\,[\frac{k^{-}F}{J_{\circ}} + 1]$ فولتية الدائره المفتوحة

من هذه المعادلات يتبين ان تيار دائره القصر يغير خطيا مع الفيض الشمسي بينما تتغير فولتيه دائره المفتوحه لوغارتيميا مع الفيض الساقط

س: اثبت ان معدل الاستجابه الضوئيه يعتمد على توزيع الطيفي للاشعاع الشمسي الساقط



الشكل a تيار الدائره القصيره ضد الفيض الشمسي الساقط الخليه فوتوفولتائيه سيليكون مثاليه (العلاقه خطيه).

الشكل b فولتية الدائره المفتوحة ضد الفيض الشمسي الساقط لنفس الخلية الفوتوفولتائية العلاقة لوغارتمية .

المجمعات الشمسية

المجمع الشمسي :هو عباره عن جهاز يقوم بامتصاص الطاقه الشمسيه الساقطه عليها و تحويلها الى طاقه حراريه تنقل الى مائع (سائل , غاز) محصور بحيث يسري المائع الى الخارج للاستعمال و المجمعات على نوعين (حسب استخدامها)

1. المجمع الشمسي المائي حيث يكون المائع المحصور هو السائل (الماء)

2 .مجمع شمسي هوائي حيث يكون المائع المحصور هو(الهواء)

3 .مجمع شمسي بدون مركز عندما تكون درجه حراره المطلوبه اقل من $60C^{\circ}$

4 .مجمع شمسي بمركز عندما تكون درجه حراره المطلوبه اكثر من $100C^{\circ}$

المركز هو عباره عن عدسات تقوم بتجميع ضوء الشمس .

مميزات المجمع الشمسي

1 يستخدم الاشعاع الشمسي المباشر و المنتشر .

2 سهوله تصنيعة و لا توجد فيه اجزاء متحركه و لا يحتاج الى صيانه كبيره .

سلبيات المجمع الشمسي

1 عند عدم وجود مركز فان المساحه المطلوبه تكون كبيره و بذلك تقل كفاءه المجمع.

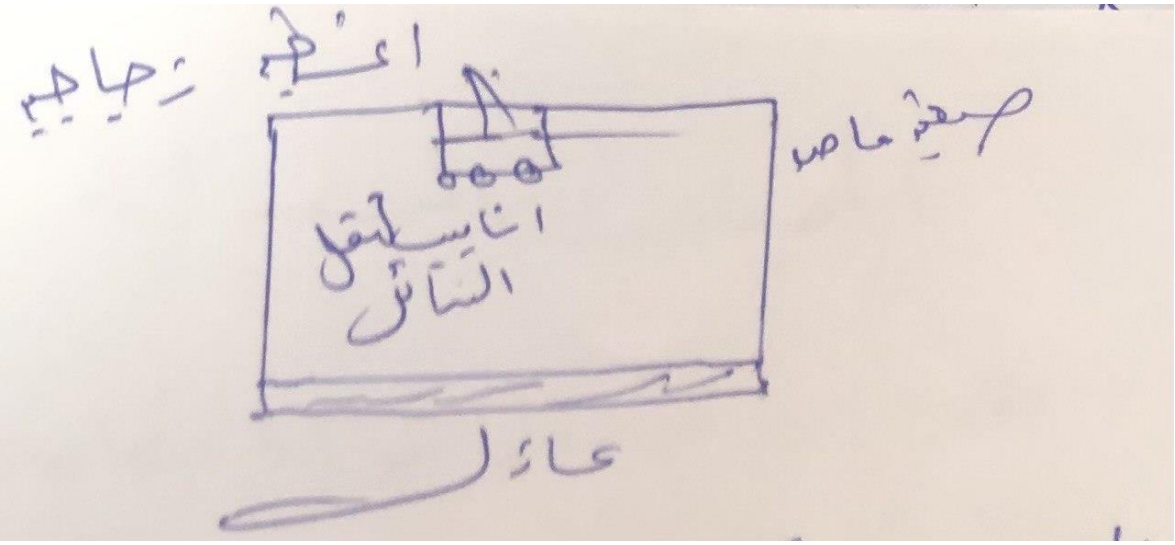
مكونات المجمع الشمسي

1 الصفيحه الماصه

2 الاعظيه الزجاجيه (لكي ينفذ من خلالها الاشعاع)

3 مواد عازله

4 انابيب لنقل السائل توضع فوق الصفيحعه الماصه .



الشكل يبين المجمع الشمسي

1-الصفيحه الماصه : تعمل من صفيحه معدنيه بسمك (1-2) ملم في حين الانابيب تعمل من معدن بقطر (1 الى 1.5) سم و تلحم الانابيب بصفيحة.

ان المعدن المستعمل يكون من النحاس او الالمنيوم او الحديد او الستيل و بسبب غلاء النحاس سيستعاض عنه بالالمنيوم او الستيل على الرغم من ان استعمال الالمنيوم يحتاج الى ماء من نوع خاص حتى لا تتعرض الانابيب للتاكل

2- الاغطيه التي توضع على المجمع :-

تكون اعظيه زجاجيه شفافه و بسمك (3-4) ملم و عمليا يوضع غطاء واحد او غطائين المسافه بينها (*(1.5-3)* سم

3- العازل الذي يحيط بالمجمع من الجوانب و الاسفل اما من الصوف المعدني او الصوف الزجاجي الي يتراوح سمكه (5-8)سم

تتراوح مساحه الوجه العلوي للمجمع بين (1-2) م^2

في الاونه الاخيره تم استخدام مواد بلاستيكيه لعمل الصفيحه الماصه و الانابيب و خاصه عندما تكون درجه الحراره المطلوبه (60-70C°) لم يستخدم البلاستيك في المرحلة الاولى بسبب

1- تاكله عند تعرضه لضوء الشمس

2- له معامل توصيل حراري قليل

3- معامل تمدد حجمه كبير بالمقارنه مع المعدن و لكن بعد تقدم صناعه البوليميرات فقد انتجت مواد بوليميرية تمتاز بخفة وزنها و سهوله صنعها ورخص ثمنها مقارنه مع المعادن

عمل المجمع الشمسي

في حاله التوازن الحراري كميه الحراره المفقودة تساوي كميه الحراره المكتسبه

$q_u = A_p\ S - q_l$

$S:$ كمية الاشعاع الشمسي الساقط على الصفيحة الماصة

A_p : مساحة الصفيحة الماصة

q_L : كميه الحراره المفقوده

و الفقدان يكون بطريقه الحمل و التوصيل و الاشعاع

معدل فقدان الطاقه بالحمل و الاشعاع من السطح العلوي (من الاغطيه الزجاجيه)

و التوصيل و الحمل من الجوانب و الاسفل

المتغيرات التي تؤثر على عمل المجتمع الشمسي

1- متغيرات في تصميم المجمع .

2- متغيرات في عمل المجمع .

3- متغيرات بيئه و مناخية.

من هذه المتغيرات المهمه هي

1- السطوح الانتقائيه للصفيحه الماصه .

2- عدد الاغطيه الزجاجيه.

3- المسافه بين الاغطيه الزجاجيه .

4- ميل السطح.

5- درجه حراره المائع الداخل (السائل و الهواء) .

6- الفيض الشمسي الساقط

7- تاثيرا لغبار و الاتربيه على الاغطيه لزجاجيه.

تخمين الاشعاع الشمسي الكلي Estimation of total solar Radiation

الهدف :

1 - ايجاد نماذج تنبؤيه للإشعاع الشمسي من خلال

1- العناصر (البيانات) المناخية (Climatic data)

٢- العناصر الجغرافية .Geographical Paramter

٣- الاشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي H_o (Extra terrestrial Radiation)

-الغلاف الداخلى يتعرض (امتصاص – استطارة.....) اي يفقد من مقداره اما الاشعاع الخارجى فأنه لا يفقد اي مقدار منه.

2- ايجاد علاقات ارتباط بين الاشعاع الشمسي و نسبة السطوع ($\frac{n}{N}$)Sunshine Ratio و الغطاء الغيمي Cloud Cover

n : السطوع المقاس

N : ساعات النهار النظرية

n تكون اقل من (١) و كلما اقتربت من (١) نقول عليه جو مشمس

اول من ربط العلاقة بين نسبة السطوع و الاشعاع الشمسي هو انكستروم

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

$$H = H_o[a + b(\frac{n}{N})]$$

تقاس n بجهاز اسمه جهاز كامبل

H_o وحدته $\frac{MJ}{m^2.d}$ or $\frac{\omega}{m^2.d}$ تستخدم وحدة $\frac{W}{m^2.d}$ في الدراسات الاشعاعية اما وحدة $\frac{MJ}{m^2.d}$ تستخدم في الاستخدامات الهندسية.

- الغطاء الغيمى Cloud Cover
- الغطاء الغيمى يأخذ ارقام من النظام الثماني $\frac{H}{H_\circ} = a + b\,(C)$

كميه الغيوم (الغيميه) تقاس بوحده تسمى اوكتا (octa)

مثلا نصف السماء _____ نأخذ رقم ٤

ربع سماء _____ نأخذ رقم ٢

3- ايجاد مدى تأثير كل عنصر من العناصر المناخية على عامل الصفاء الجوي

$$Clesrness\ Index\ =\ kt\ = \frac{H}{H_o}$$

نجد تأثير كل عنصر (صفاء - غيم) على قيم kt من خلال قيم الثوابت (ش a,b) الموجود في المعادلة.

4- فحص مدى التطابق بين القيم المخمنه للإشعاع الشمسي مع القيم المقاسة و بالتالي تحديد دقة النموذج. كلما كانت نسبة الفرق قليلة بين القيم المقاسة و المخمنه تكون دقة النموذج عالية و كلما ازداد الفرق تكون دقة النموذج قليلة.

نسبة الفرق بين القيم المقاسة و القيم المخمنة تأخذ في العلاقة التالية :

$$MPE\ = \frac{G_i\ -\ F_i}{F_i}\ x\ 100\%$$

MPE معدل نسبة الخطأ

G_i القيم المخمنة

F_i القيم المقاسة

5_ ايجاد افضل النماذج الملائمة لكل منطقة من المناطق

الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي Extra terrestrial Radiation

$$H_o = \left(\frac{\omega}{m^2.d}\right) = \frac{24}{\pi}\ I_{sc}\ E_o(\ Cos\phi\ Cos\delta \sin\omega_s + \frac{\pi}{180}\omega_s \sin\ \phi \sin\delta$$

$$E_\circ = 1 +\ 0.033\ Cos\ [\frac{2\pi}{365}\ dn\ ]$$

E_o معامل التصحيح المركزي

δ : الميل

I_{sc} : الثابت الشمسي و يساوي $\frac{w}{m^2}$ 1367

الثابت الشمسي لا تتجاوز قيمته 0.03 من قيمته الاصلية لذا هو متغير حسب وجهة نظر الفيزياء

Sun rise or Sun set hour angle = ω_s

$\emptyset$ (Latitude) : خط العرض

المتغيرات الثلاثة E_o ، δ ، ω بالإمكان الحصول عليها من خلال جداول خاصة

مثال : جد قيمة H_o بوحدات $\frac{w}{m^2.d}$ في مدينة الموصل الواقعة على خط عرض. $\phi = 36.3^o$ في شهر تموز July

دائما نأخذ نصف الشهر (July 15)

$$E_o = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} dn\right)$$

$$dn = 31 + 28 \ \ldots\ldots \ = 196\ day$$

$$E_o = 1 + 0.033 \cos\left\{\frac{2x3.14x196}{365}\right\}$$

$$E_o = \ 1.0339$$

$$Cos\phi \ = Cos\ (36.31^o) \ \ = \ 0.841$$

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

$$= 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(196 + 284)\right]$$

$$\delta = 21.4^o$$

$$\cos\delta = \cos(21.4) = 0.934$$

$$\omega_s = Cos^{-1}\left[-\tan\phi + \tan\delta\right]$$

$$\omega_s = \ 114.3^o$$

$$\sin\delta = 0.329 \qquad \sin\phi = 0.539$$

$$H_o = \frac{24}{\pi}\ x\ I_{sc}\ E_o[cos\delta\ cos\phi\ sin\omega_s + \frac{\pi}{180}\ \omega_s\ sin\phi\ sin\delta$$

$$H_o = \frac{24}{\pi}\ x\ 1367\ x0.339\left[0.841x0.943x0.97 + \frac{\pi}{180}\ x114.3\ x\ 0.534\ x\ 0.329\right]$$

$$H_o = \ 10802(0.772) + 0.353$$

$$H_o = \ 12152 \frac{w}{m^2.d}$$

* H - global Solar Radiation

هناك اشعاع مباشر واشعاع منتشر

مباشر *direct 27%*

منتشر *diffuse 20%*

- نماذج تخمين الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الافقي و المستخدمة عالميا:

1- نماذج تعتمد على نسبة السطوع .Sun shine Ratio Models

Rietveld Model : A :

$$\frac{H}{H_o} = 0.18 + 0.62\left(\frac{n}{N}\right) \dots\dots\dots\dots\dots 1$$

H_o الاشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي بوحدات $\frac{w}{m^2.d}$

n عدد ساعات السطوع المقاسه

N ساعات السطوع النظرية

$\frac{n}{N}$ نسبة السطوع

ملاحظة : قيمة n تكون عالية في المناطق المشمسة

Louis Model -B

$$\frac{H}{H_o} = 0.23 + 0.38\left(\frac{n}{N}\right) \dots\dots\dots 2$$

: Morten ModeL - C

$$\frac{H}{H_o} = 0.17\left[0.18 + 0.55\left(\frac{n}{N}\right)\right] \dots\dots\dots 3$$

Harry Model- D

$$\frac{H}{H_o} = \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots 4$$

افضل النماذج التي فحصت عالميا

هو نموذج louis

H_c اشعاع السماء الصافية

مثال : اذا توفرت لديك المعلومات المناخية التالية لمدينة الموصل خلال شهر كانون الثاني Jan.

$C = 4.3octa$, $T_{min} = 4c^o$, $T_{max} = 10c^o$,$\frac{n}{N} = 0.49$ نسبة السطوع

$H_c = 2650\frac{w}{m^2.d}$, $H_o = 4821\frac{w}{m^2.d}$ (السماء الصافية

$RH = 80\%$, $H_{mech} = 1996\frac{w}{m^2.d}$.(الرطوبه النسبيه)

اوجد الاشعاع الشمسي الكلي المخمن باستخدام النماذج الاربعة ثم افحص قيمة هذه النماذج

1_ Rietveld Model $\frac{H}{H_o} = 0.18 + 0.62\left(\frac{n}{N}\right)$

$$H = H_o\left(0.18 + 0.62\left(\frac{n}{N}\right)\right)$$

$$H = 4821\,[0.18 + 0.62(0.49)]$$

$$H = 2332\frac{w}{m^2.day}$$

2_ Morton Model $\frac{H}{H_o} = 0.17\,\left[0.18 + 0.55\left(\frac{n}{N}\right)\right]$

$$H = 4821[0.17(0.18 + 0.55x0.49)]$$

$$H = 2167\frac{w}{m^2.day}$$

3_ Louis Model $H = 4821[0.23 + 0.38(0.49)] = 2006\frac{w}{m^2.day}$

4_ Harry Model $\frac{H}{H_o} = \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{2}}$

$$H = 2650\ (0.49)^{\frac{1}{2}}\ = 1855\frac{w}{m^2.day}$$

$$MPE = \frac{2332 - 1996}{1996}\ x\ 100\%\ =\ 16.8\%$$

$$MPE(luois)\ =\ 0.5\%$$

$$MPE(morton) =\ 8.5\%$$

$$MPE\ (horre) =\ 5.5\%$$

كلما كانت نسبة الخطأ قليله كانت نسبة الدقة عالية

فائدة هذه النماذج :

١_ ايجاد القراءات المفقودة للإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الافقي.

_ بالإمكان استخدامها عند عدم توفر الاجهزة لقياس الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الافقي.

_ يمكن ان يكون نموذج هارى سالب (القيمة المخمنة اقل من القيمة المقاسة)

٢_ النماذج التي تعتمد على درجات الحرارة العظمى و الصغرى او كليهما T_{max} , T_{mch} , T_{mean}

اهم هذه النماذج هي :

a_ Hargreaves model $\frac{H}{H_o} = 0.28\ln(\ T_{max}\ -\ T_{min}\ ) -$ 0.15 ….1

b_ Allen model $\frac{H}{H_o} = 0.15\ (\ T_{max}\ -\ T_{min}\ )^{\frac{1}{2}}$ … ….2

C_ Al_ Rijiaba mode $\frac{H}{H_o} = 0.28(T_{mean})^{0.18}$ 3

مثال : جد قيمة الاشعاع الشمسي الكلي خلال النماذج (Hargreaves , Allen and Al_ Rijiaba) ايضا لمدينة الموصل لشهر تموزاذا توفرت لديك البيانات الاتي $T_{max} = 43.3^o\ c^o$,$T_{min} = 24.9^o c^o$

$$H_o = 11266\ \frac{w}{m^2.d}\ .\ H_{mech} = 5839\frac{w}{m^2\ .d}$$

$1 - \quad Hargreavs\ model$

$$H = 11266[0.18\ln(43.3 - 24.9) - 0.15]$$

$$H = 7497\frac{w}{m^2.day}$$

$2 - \ Allen\ model$

$$H = H_o\left[0.15\ (T_{max} - T_{min})^{1/2}\right]$$

$$H = 11266\left[0.15(43.3 - 24.9)^{\frac{1}{2}}\right]$$

$$H = 7248\frac{watt}{m^2.day}$$

$3 = Al - \ Rijiaba\ model$

$$H = 11266\left[0.28\left(\frac{43.3 + 24.9}{2}\right)\right]^{0.18}$$

$$H = 5954\frac{watt}{m^2.day}$$

$$MPE\ (Harr.) = 28\%$$

$$MPE\ (Allen) = 24\%$$

$$MPE(\ AL - Rijiaba) = 2\%$$

3- C Models: • النماذج التي تعتمد على العنصر الغيمي

a- Black model $\frac{H}{H_\circ} = 0.803 - 240C - 0.458C$

b- kasten model

$$\frac{H}{H_c} = \left[1 - a\left(\frac{c}{8}\right)^b\right]$$

Type equation here.

(a,b) ثوابت

H_c اشعاع السماء الصافية

ملاحظة : النماذج الغيميه لدى استخدامها في الكثير من المناطق لم تعطي نتائج معقولة.

٤_ النماذج التي تعتمد على أكثر من متغير More than on para metermeter models:

A_ clover model $\frac{H}{H_o}\ 0.29\cos\phi\ + 0.52\ \left(\frac{n}{N}\right)$

B_ Swartman model $H = 464 + 265D + 248\ RH$

$$D = \frac{n}{12}$$

Type equation here.

Extraterrestrial Radiation:

1. The hourly Extraterrestrial Radiation ($I_\circ$) in watt $/m^2$. h is given by the following eq :
   $I_\circ = I_{sc}\, E_\circ$ (sin δ sin $\emptyset$ + Cos δ Cos $\emptyset$ Cosw_i)
   - $on\ horizantal$ Surface
   - On Inclined Surface
     $I_{OB} = I_{sc}\, E_\circ$ [sin δ sin ($\emptyset - \beta$) + $Co\ \delta\ Cos\ (\emptyset - \beta) Cosw_i$]

2. Daily Extraterrestrial Radiation on Inclined Surface H_{oB}

$H_{oB} = \frac{24}{\pi} I_{sc}\, E_\circ$ [Cos δ Cos ($\emptyset - \beta$) sinw$_s$ + $\frac{\pi}{180}$ w$_s$ sin ($\emptyset - \beta$) sin δ]

   - $The\ Ratio\ of\ hourly\ Radiation\ on\ an\ Inclined\ Suface\ to\ that\ on\ horizontal$ (r_b)
   - $r_b = \frac{I_{oB}}{I_\circ}$ $\quad R_B = \frac{H_{oB}}{H_\circ}$

     $R_b = \frac{H_{oB}}{H_\circ} = \frac{Cos\ \delta\ Cos\ (\emptyset - \beta) \sin ws + \frac{\pi}{180}\ ws \sin(\emptyset - \beta)\ sin\delta}{Cos\ \delta\ Cos\ \emptyset \sin ws + \frac{\pi}{180} ws \sin \emptyset \sin \delta}$

     Ex: Calculate
     1. r_b for the hour ending 10:00 (L A T)
     2. R_b on the flat collecter at a city ($\emptyset = 34^\circ N$) Inclined toward the equator on an angle of 30° from horizontal position for (15) May.

     Sol :

     $\delta = 18.77^\circ$

     $\beta = 30^\circ$, $\emptyset = 34^\circ$

     $wi = 37.5^\circ$

     $wi = 2.5\ x\ 15 = 37.5^\circ$

     $r_b = \frac{Sin\ (18.77) Sin\ (34 - 30^\circ\ ) + Cos\ (\ 18.77^\circ\ Cos\ (34 - 30\ ) Cos\ 137.9}{Sin\ (18.77) Sin\ 34 + Cos\ 18.77\ Cos\ 334\ Cos\ 37.5} = \frac{I_{\circ B}}{I_\circ}$

     r_b = 0.97

     $ws = Cos^{-1}$ [-tan $\emptyset$ tan δ] = Cos^{-1} [- tan 18.77 tan 34]

     = 103.25° (horizontal)

     $ws = Cos^{-1}$ [- tan 18.77 tan ($\emptyset - \beta$)]

     = Cos^{-1} [- tan 18.77 tan (34 – 30°)]

$= 91.36°$ (Inclined)

$$R_b = \frac{Cos\ 18.77\ Cos\ (34-30) Sin\ 91.36 + \frac{\pi}{180}\ 19.3\ Sin\ (34-30) Sin\ 18.77}{Cos\ 18.77\ Cos\ 34\ Sin\ 103.25° + \frac{\pi}{180}\ 103.25°\ Sin\ 34\ Sin\ 18.77}$$

$R_b = 0.90$

Diffuse Radiation:

معظم محطات الانواء الجوية المنتشرة في العالم بضمنها العراق لا تحتوي على اجهزة قياس الاشعاع الشمسي المنتشر ممايعطي اهمية لحسابة او تخمينه بدلالة المتغيرات الاخرى .

تخمين الاشعاع الشمسي المنتشر يعتمد على :

1- الاشعاع الشمسي الكلي (H).

2- الاشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي ($H_\circ$)

3- نسبة السطوع ($\frac{n}{N}$).

اهم النماذج الرياضية المستخدمة في تخمين او حساب الاشعاع المنتشر

1-Liu Jordan Model = $K_d = \frac{H_d}{H}$, $K_t = \frac{H}{H_\circ}$

$\frac{H_d}{H} = 1.39 - 4.027\ K_t + 5.531\ Kt^2 - 3.108\ kt^3$.....1

$0.3 < K_t < 0.7$

2- $Page\ Model$: $\frac{H_d}{H} = 1 - 1.13\ K_t$ 2

3- $Iqbal\ Model$

$\frac{H_d}{H} = 0.95\ 8 - 0 - 0.982\ K_t$ 3

$0.3 < K_t < 0.6$

4- Model using Sunshine (n/N)

$\frac{H_d}{H} = 0.971 - 0.635\ (n/N)$.....4

Ex: Calculate (H_d) on horizontal Surface For a city in Jan. using:

1. Liu Jordan model 2. Page model 3. Iqbal model if you have

H= 5.27 Mj/ m^2 day, n/N = 0.35, K_t= 0.45

1- Liu Jordan: $\frac{H_d}{H}$ = 1.39 – 4.027 (0.45) + 5.531 $(0.45)^2$ – 3.108 $(0.45)^3$

H_d = H x (1.39 – 1.812 + 1.12 – 0.283) = 2.18 Mj/ m^2 day

2. $Page\ model$: H_d = 5.27 x [1-1.13 (0.45)] = 2.6 Mj/ m^2 . day

3. Iqbal model: H_d =5.27 x [0.958-0.982 (0.35)]

H_d = 2.72 Mj/ m^2. day

ملاحظة : من اشهر النماذج المستخدمة هو نموذج (Page) وذلك لقرب النتائج المخمنة من النتائج المقاسة .

* Hourly global (I), Diffuse (I_d) and Beam
* (I_b) Radiation on Horezontal Surface.

I_b= I - I_d , $I_d = I - I_b$

H_d = H- H_b الاشعاع الكلي اليومي المنتشر

حساب الاشعاع الساعي الكلي :

Collares – pereira and Rabl develop a mathematical expression

$r_t = \frac{I}{H} = \frac{I_\circ}{H_\circ}(a_3 + b_3 \text{Cos } w_i)$

a_3 = 0.409 + 0.5016 Sin (w_s-60)

b_3 = 0.6609 – 0.4767 Sin (w_s -60)

هناك فرق بين (a_3 و b_3) وهما : الفرق الاول بالاشارة والثاني بالثوابت .

$Ex/\ Calculate\ the\ hourly\ global\ radiation$

Received between 10:00 and 11:00 during (30) March on a city.

H = 12.5 MJ/ m^2- d, $H_\circ$= 25.6 MJ/ m^2- d

$I_\circ$ = 3070 KJ/ m^2. hr, $\emptyset = 45.6^\circ$

Sol:

dn = 31 + 28+30 = 89 day

$\delta = 23.45° \, Sin\, [\frac{360}{365}\ (89 + 284)]$

δ = -2.81°

$ws = Cos^{-1}$ [- t an $\emptyset$ tan δ] = Cos^{-1} [- tan (45.6) tan (-2.81)] = 92.8°

a_3 = 0.409 + 0.5016 Sin (92.8-60)

a_3 = 0.68

b_3 =0.6609 – 0.4767 Sin (92.8 – 60) = 0.4027

W_i= 22.5

I= $(\frac{H}{H_\circ})\ I_\circ\ (a_3 + b_3 Cos\ Wi)$

I = 3070 x $(\frac{12.5}{25.6})$ (0.68+ 0.4027 Cos 22.5)

I= 1577 Kj / m^2 hr

حساب الاشعاع الساعي المنتشر(I_d) :

هناك علاقتين لحساب الاشعاع الساعي المنتشر

a-Liu – Jordan: $\frac{I_d}{H_d} = \frac{\pi}{24} \frac{Cos\ wi - Cos\ ws}{Sinws - ws\left(\frac{\pi}{180}\right)Cosws}$

b – Hay's method: I – $\grave{I}$ = Iρ [ρ_a (n/Nj) + ρ_c (I - $\frac{n}{Nj}$)] 1

ρ= ground al bedo = 0.22

ρ_a = cloudless – sky al bedo = 0.25

ρ_c = cloud al bedo = 0. 60

$I_d - \grave{I_d}$ = Iρ [ρ_a (n/Nj) = ρ_c (1-n/Nj)] 2

$\grave{I}, I'_d$: *Hourly global and diffuse radiation before multiple reflection between ground and sky*

$\frac{\grave{I_d}}{\grave{I}}$= 0.9702 + 1.6688 ($\frac{I'}{I_\circ}$) – 21.303 ($\frac{I'}{I_\circ}$)^2 + 51.288 ($\frac{I'}{I_\circ}$)^3 – 51.288 ($\frac{I'}{I_\circ}$)^4 + 17.55 ($\frac{I'}{I_\circ}$)^5

.....3

Nj = $\frac{1}{7.5} Cos^{-1}$ [$\frac{Cos\ 85 - Sin\ \emptyset\ Sin\ \delta}{Cos\ \emptyset\ Cos\ \delta}$] 4

Ex: Calculate the corresponding hourly diffuse radiation during April at hour ending 14:00 (LAT) by 1. Liu – Jordan method 2. Hay's method

When measured global radiation I (1827) Kj / m^2 hr

average monthly daily diffuse radiation on horizontal

Surface = 6.61 MJ /m^2 day (H_d), n = 6.27 hr , ∅ = 45.5° , $I_\circ$ = 3693 Kj /m^2 hr

Sol:

δ = 9.46

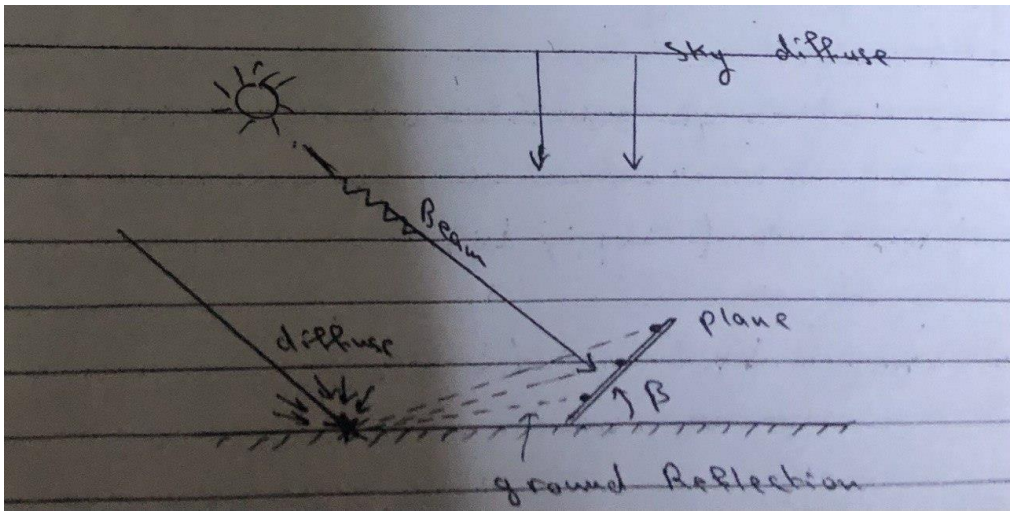
W_s = 99.71 W_i = - 22.5°

Liu – Jordan: $\frac{I_d}{6610} = \frac{\pi}{24} \frac{Cos\,(-22.5\,) - Cos\,(99.71)}{Sin\,(99.71\,) - 99.71\left(\frac{\pi}{180}\right) Cos\ 99.71}$

I_d = 740 Kj/ m^2 hr

Hay's method: I_d- I_d' - I ρ (ρ_a ($\frac{n}{Nj}$) + ρ_c (1- $\frac{n}{Nj}$))

Solar Radiation Incident on Tilted plane on the Earth surface:



1-في هذا المخطط يفترض ان يكون اللوح مواجة لاشعة الشمس .

2- الاشعاع الشمسي المباشر يسقط على واجهة اللوح ولا يسقط على مؤخرة اللوح .

3- الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على اللوح يتكون من ثلاث مركبات :

1—الاشعاع الشمسي المباشر (Beam Rad.) (Direct Rad.)

2- الاشعاع الشمسي المنعكس من على سطح الارض Rad. Reflected from the ground

3- اشعاع السماء المنتشر (Sky diffuse Rad.)

1. Beam Radiation Incident on an Inclined surface:

a. Hourly Beam Incident on an Inclined plane

I_{bBr} = I_b (I_{oBr}/ $I_\circ$)

I_{bBr} = I_b (Cos $\theta_\circ$ / Cos θ_Z) = $I_b r_b$

$\theta_\circ$: الزاوية على السطح المائل

θ_z : الزاوية على السطح الافقي

r_b : (Cos $\theta_\circ$ / Cos θ_Z) تمثل

b. Daily Beam Incident on an Inclined plane:

H_{bBr} = H_b (H_{oBr}/$H_\circ$) = $H_b R_b$

R_b = (H_{oBr}/ $H_\circ$)

H_{oBr} : تمثل الاشعاع الشمسي اليومي الكلي الساقط على السطح المائل خارج الغلاف الجوي

H_{bBr} : الاشعاع الشمسي اليومي المباشر الساقط على السطح المائل

Br : تمثل زاوية الميل

$H_\circ$: تمثل الاشعاع الشمسي اليومي الساقط على السطح الافقي خارج الغلاف الجوي

At Equinex :

δ =0 H_{bBr} = H_b Cos ($\emptyset - \beta$) /$Cos\ \emptyset$

*2. Ground Reflected Radiation Incident on an Inclined plane

$$(I_b\rho_b + I_d\rho_d)A_g$$

Total ground Area = A_g وهي مساحة الارض الكلية

I_b : الاشعاع الشمسي المباشر

I_d : الاشعاع الشمسي المنتشر

ρ_b : معامل الانعكاس للاشعاع المباشر

ρ_d : معامل الانعكاس للاشعاع المنتشر

توجد حالتين عند التطرق لحساب الاشعاع الشمسي الساعي واليومي المنعكس من سطح الارض

1- Isotropic Reflection: perfectly Diffuse Reflection.
2- Anisotropic Reflection: Imperfectly Diffuse Reflection.

***Isotropic Reflection:**

I_r = $(I_b\rho_b + I_d\rho_d)\frac{1}{2}$ (1 – Cos β)

ملاحظة :في حالة كون الانعكاسية للاشعاع المباشر والمنتشر متماثلة في هذه الحالة يمكن استخدام الالبيدو في العلاقة السابقة لتصبح :

$$I_r = \frac{1}{2} I\rho(1 - cos\beta)$$

***Anisotropic Reflection :**

تحت ظروف السماء الصافية وعندما تكون الارض مكسوة بالنباتات وغطاء مائي . في هذه الحالة اشعاع السماء المنعكس والقانون :

I_r = $\frac{1}{2}$ Iρ(1 – Cosβ) [1 + sin^2 ($\frac{\theta_z}{2}$) (I CosΔI)

Azmith = IΔI

***Daily ground Reflected Irradiance:**

1. Isotropic Reflection:

H_r = $\frac{1}{2}$ Hρ (1 – Cos β)

2. An Isotropic Reflection:

$H_r = \sum \frac{1}{2}$ Iρ (1 – Cos β) [1 + $Sin^2 \frac{\theta_z}{2}$) (I CosΔ I)

3. Sky diffuse Radiation Incident on an Inclined plane:

***a. Hourly sky diffuse Radiation Incident on an Inclined plane.**

1. Circum Solar Model:

$I_s = I_d r_b$

2. Isotropic Model:

في هذا النموذج يفترض ان شدة الاشعاع الشسي المنتشر والساقط على السطح المائل ان يكون سقوطة متجانس ومنتظم ويتمثل بالعلاقة التالية :

$I_s = \frac{1}{2} I_d$ (1 + Cos β)

3. An Isotropic Model:

هذا النموذج يستخدم عندما تكون السماء مغطاة جزئيا" بالغيوم وهذه الظروف تختلف عن ظروف السماء المغطاة كليا" بالغيوم او السماء الصافية.

a. Klucher Model:

$I_s = \frac{1}{2} I_d$ (1 + Cosβ) [1 + F Sin^3 (β/2)] (1 + F $cos^2 \theta_\circ \, sin\theta_Z$)

F = 1 – $(\frac{I_d}{I})^2$

- Clear Sky: F = 1
- Cloudy Sky: F = 0

b. Hay Model:

$I_s = I_d$ [(I_b / $I_\circ$) r_b + $\frac{1}{2}$ (1 + Cos β) (1 - I_b/ $I_\circ$)]

$\boldsymbol{I_s = I_d \left[\frac{I - I_d}{I_\circ} r_b + \frac{1}{2} \left(1 + \text{Cos } \beta \right) \left[1 - \left(\frac{I - I_d}{I_\circ} \right) \right] \right]}$

Daily Sky Diffuse Radiation incident on inclined plane .

1 . circum Solar Model :-

$H_s = H_d \, R_b$

2 . Isotropic Model :-

H_s= $\frac{1}{2}$ H_d (1 + Cos B)

3 . Anisotropic Model :-

a . Klucher Model :

H_s = $^{day}\sum I_d$ ($\frac{1+Cos\ B}{2}$) [1 + F sin^3 ($\frac{B}{2}$)] (1 + F $Cos^2\ \theta_Z$)}

b . Hay Model :-

H_s = H_d [(H − H_d) / $H_\circ$)] R_b+ $\frac{1}{2}$ (1 + Cos B) [1 – (H - H_d / $H_\circ$]

Ex / 1 . Find:-

1. Daily Beam Rad. H_b
2. Daily ground Reflected diffuse Rad.
3. Daiy Sky diffuse Rad. H_s

a. Hay Model . 2. Isotropic Model for Radiation Incident on an inclined plane on 14 July in a city (36.3°) tilted 45° towards the equator if you have the following data :

H = 29.71 Mj/ m^2.d . H_d = 4.73 Mj/m^2.d $H_\circ$ = 41.34 Mj/m^2.d

R_b = 0.77 $\rho = 0.2$. θ_z = 29.5° . $\theta_\circ$ = 35°

1 . $H_{b\beta}$ = (H-H_d) R_b

= (29.71 – 4.73) 0.77

$H_{b\beta}$ = 19.23 Mj/ m^2.d

2 . H_r = $\frac{1}{2}$ Hρ (1 – Cos β)

= $\frac{1}{2}$ * 29.71 * 0.2 (1 – Cos 45)

H_r = 0. 87 Mj/ m^2.d

3 . Hay Model :-

$$H_s = H_d \left[\frac{H - H_d}{H_\circ}\right] R_b + \frac{1}{2}\,(1 + Cos\,\beta)\left(1 - \frac{H - H_d}{H_\circ}\right)$$

H_s = 4.73 $[\frac{29.71-4.73}{41.34}]$ * 0.77 + $\frac{1}{2}$ (1 + Cos 45) $(1 - \frac{29.71-4.73}{41.34})$

H_s = 3.79 Mj/ m^2.d

Isotropic Model :-

H_s = $\frac{1}{2} H_d$ (1 + Cos 45)

= $\frac{1}{2}$ * 4.73 (1 + Cos 45)

H_s = 4.03 Mj/ $m^2 . d$

2 . The hourly global rad. incident on a collector on 4 June at hour ending 11:00 calculated for a flat plate collector in a city (45.3° N) tilted 50° toward the equator if $\delta = 22.4°$, $E_\circ = 0.9709$, $I = 3179$, $I_d = 377 \frac{Kj}{m^2}$. hr , ρ = 0.2 , Δ = 22.5

Calculate :-

1- Hourly Beam radiation incident on inclined plane.
2- Hourly ground reflected diffuse rad. incident on the inclined plane using
   a- Isotropic b- An isotropic Model .
3- Hourly sky diffuse rad incident on inclined plane using :-
   a- Circum Solar Model
   b- Isotropic Model
   c- An isotropic Model using :- 1 -klucher Model 2-Hay model

1 − $I_{b\beta}$ = $I_b r_b$

= (I-I_d) (Cos $\theta_\circ$ / Cos θ_Z)

= (3179 – 377) (0.82 / 0.87)

$I_{b\beta}$ = 2641 Kj / m^2.hr

2 - a- Isotropic Model:-

I_r = $\frac{1}{2}$ Iρ (1 – Cos β)

$= \frac{1}{2}$ x 3179 x 0.2 (1 – Cos 50)

I_r = 114 Kj / m^2. hr

b- An irotropic Model :-

$I_r = \frac{1}{2} I\rho$ (1 – Cos β) [1 + sin^2 ($\frac{\theta_Z}{2}$)] (I Cos Δ I)

$I_r = \frac{1}{2}$ * 3179 * 0.2 (1 – Cos 50) [1 + sin^2 ($\frac{29.5}{2}$)] (1 Cos 22.51)

I_r = 112 Kj / m^2 . hr

3 – a- Circum Solar Model :-

$I_s = I_d \ r_b$

$= I_d$ (Cos θ_o / Cos θ_Z)

= 377 (0.82 / 0.87)

= 355 Kj / m^2.hr

b- Isotropic Model :-

$I_s = \frac{1}{2} I_d$ (1 + Cos β)

$= \frac{1}{2}$ *377 (1 + Cos 50)

I_s = 310 Kj / m^2.hr

C - Anisotropic Model :-

1. Klucher Model :-

$I_s = \frac{1}{2} I_d$ (1 + Cosβ) [1 + F sin^3($\frac{\beta}{2}$) (1 + F $Cos^2\ \theta_o\ sin^3\ \theta_Z$)

$I_s = \frac{1}{2}$ (377) (1 + Cos 50) [1 + [1 – ($\frac{377}{3179}$)^2

sin^3 ($\frac{50}{2}$)] [1 + [1 – ($\frac{377}{3179}$)^2] * $(0.82)^2\ sin^3$

I_s = 359 Kj / m^2 .hr

2. Hay Model :-

$I_s = I_d \{ \frac{I - I_d}{I_{\infty}} \; r_b + \frac{1}{2} (1 + \text{Cos } \beta)[1-(\frac{I-I_d}{I_{\circ}})]$

$I_s = 377 [\frac{3179-377}{4921}] \; \frac{0.82}{0.87} + \frac{1}{2} (1 + \text{Cos } 50) [1 - \frac{3179-377}{4941}]$

$I_s = 340$ Kj / m^2.hr