

الإشعاع الشمسي

لا يخفى على أحد ما للطاقة الشمسية الإشعاعية من أهمية عظيمة مباشرة وغير مباشرة في مختلف العمليات الحيوية والفيزيائية المولدة لكافة أنواع الحياة على سطح الأرض والعمليات التي تحافظ على استمرارها. ولولاها لتجمد سطح الأرض وانعدمت الحياة عليه وأصبح كوكباً بارداً ميتاً. يتشكل المناخ من ثلاثة مجموعات من العوامل: العوامل الكونية: الشمس وتغير النشاط الشمسي العوامل الكوكبية: توزيع الطاقة حسب حركة الأرض، وكرويتها، وحسب حالة وديناميكية الغلاف الجوي. العوامل الجغرافية: الأراضي، علاقة الغلاف الجوي والمحيطات، التضاريس، الغطاء النباتي، البراكين النشاط البشري.

1-1 العوامل الكونية: الشمس وتغير النشاط الشمسي:

تعد الشمس بحق المصدر الوحيد للطاقة الحرارية الواصلة إلى سطح الأرض. ولا شك في أن النجوم والقمر والكواكب الأخرى تطلق طاقة حرارية إشعاعية، وكذلك تفعل الأرض، إذ تنطلق طاقة حرارية من باطنها تعرف بالحرارة الأرضية (géothermique)، ولكن أشكال هذه الطاقة جميعها ضئيلة جداً ومهملة تماماً إذا ما وازناها بما يصل سطح الأرض من طاقة شمسية إشعاعية.

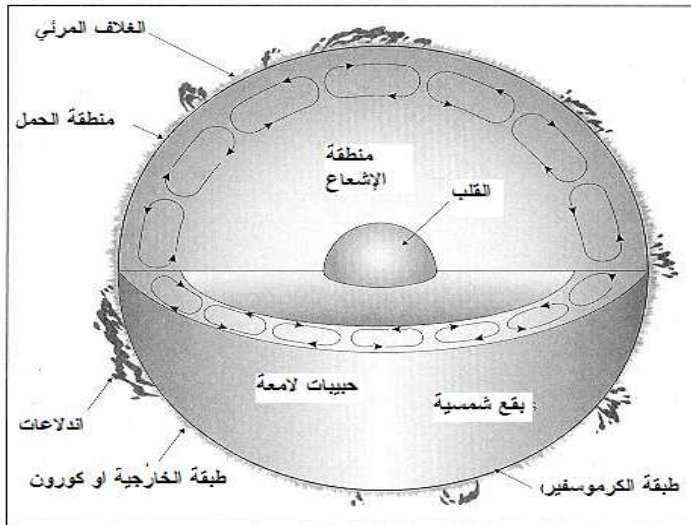
تعتمد كل الآليات الطبيعية لنظام مندمج من "الأرض والمحيطات والغلاف الجوي" على الطاقة الشمسية كما تستمد طاقتهما من الشمس مصدرهما الوحيد

بنسبة 97.97 من الطاقة. وتنقل من الشمس نحو كوكبنا في شكل اشعاع كهرومغناطيسي.

ويقارن كوكب الشمس بالمفاعل النووي الضخم الذي تجري بداخله تحولات الهيدروجين الى هيليوم تحت ضغط هائل وحرارة شديدة تقدر ب $10 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$ وتتم هذه العملية عن طريق الإنصهار النووي والحراري الذي يحول الكتلة الى طاقة حسب المعادلة المشهورة للعالم أنشتاين (1905) A. Einstein $E=mc^2$ وعمر نشاط الشمس حوالي 5 ملايين سنة , وقد يدوم هذا النشاط 5 ملايين سنة أخرى.

1- الخصائص الفيزيائية للإشعاع الشمسي

تعتبر الشمس المحرك الرئيسي للنظام المناخي. وهي مصدر 97.97% من الطاقة لكل انواع الكائنات الحية فوق سطح الأرض. و تتكون الشمس اساسا من غازات ملتهبة تتألف من 81.76 % من الهيدروجين و 18.17 من الهيليوم. وما يفسر الحرارة المرتفعة آتية من التفاعلات النووية تحدث في باطن الشمس (الشكل 1).



البنية الداخلية و سطح الشمس

(from Tarbuck E. J. & Lutgens F. K., *Earth Science*, 6e., © 1991, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.).

الشكل 1

تشع الشمس طاقتها الإشعاعية على شكل طيف واسع من أمواج مشحونة كهربائياً ومغناطيسياً، تعرف بالأمواج الإشعاعية الكهرومغناطيسية ذات أطول مختلفة وترددات متعددة، تنطلق بسرعة كبيرة قاطعة مسافة واحدة خلال واحدة زمن (1 ثانية) تعادل $10^3 \times 300$ كم/ثا، وهذا ما يعادل سرعة الضوء في الثانية الواحدة. يلتقط الغلاف الجوي والمحيطات والأرض كل هذه الطاقة التي لا تستطيع أعيوننا إلا رؤية الضوء منها ولا نحس إلا بقسم ضئيل منها. وتقطع الأشعة هذه المسافة في ظرف لا يفوق 8.3 دقائق.

-أ- الثابتة الشمسية *la constante solaire*

وهي كمية التدفق الإجمالي للطاقة الكهرومغناطيسية الآتية من الشمس والواصلة إلى الحدود العليا للغلاف الغازي، وهناك طرق عديدة قدرت بها هذه الثابتة منها الطرق الحسابية ، والطرق القياسية التي تعتمد علي جهاز البيريليو متر *pyrhéliomètre* و أجهزة أخرى تحملها الأقمار الصناعية المختصة في رصد الغلاف الجوي. وتقدر هذه الثابتة الشمسية ب 1.94 حريرة اسم² الدقيقة، ويعبر عنها أحيانا بالأنجلي في الدقيقة .
langley/mn

1-2- أنواع الإشعاع

ينتقل الإشعاع الشمسي بسرعة تقدر ب 3×10^5 km s^{-1} أي 300000 كلم في الثانية وكما نعرف ان المسافة بين الأرض والشمس تقدر ب 150×10^6 كلم ، وبالتالي تأخذ 8.33 دقيقة لكي تصل الى سطح الأرض $(150 \times 10^6 / 3 \times 10^5)$. ولا تلتقط الأرض الا قسما ضئيلا جدا من الإشعاع والذي يقدر ب 2×10^{-9} من المجموع. يتميز الإشعاع الشمسي بموجات مختلفة الأطوال تسمى بالطيف

الشمسي وهي تمتد من الموجات القصيرة الي الموجات الطويلة وهي عبارة عن مركب من الموجات الكهرطيسية، وموجات الراديو، واشعة ما تحت الحمراء والأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، والأشعة جاما بالإضافة الي كمية قليلة من الجزيئات على شكل إيلكترونات وايونات اخرى تنطلق في بعض الأحيان من الشمس .

يقصد بطول الموجة المسافة الفاصلة بين قمتي أو قعري موجتين إشعاعيتين متتاليتين (الشكل 2) . وتستخدم الوحدات المترية وأجوائها في قياسها:

وتستعمل الوحدات التالية (الجدول 1) لقياس طول الموجة:

الميكرون يساوي $1000\ \mu$ من الميلتر ويرمز اليه ب: μ

الميليمكرون يساوي $1000\ m\mu$ من الميكرون و يكتب كما يلي: $m\mu$

الأنجستروم Angstrom قيمته 10^{-10} من الميليمكرون ورمزه التالي: Å

وتختلف كمية هذا النوع من الموجات كثيرا وهي تتوزع كما يلي (الجدول 2):

ultra violet 7 % من الأشعة ما فوق البنفسجية وتجمع 9 % من الطاقة الكلية

الأشعة المرئية تبدأ من 0.4 الى 0.74 μ وتمثل % 41 من مجموع الطاقة.

طول موجاتها أكبر من 0.74 μ . infra rouge من الأشعة ما تحت

الحمراء % و 50 وتتميز الأشعة التي تصدر من الأرض بطول موجة تفوق 3

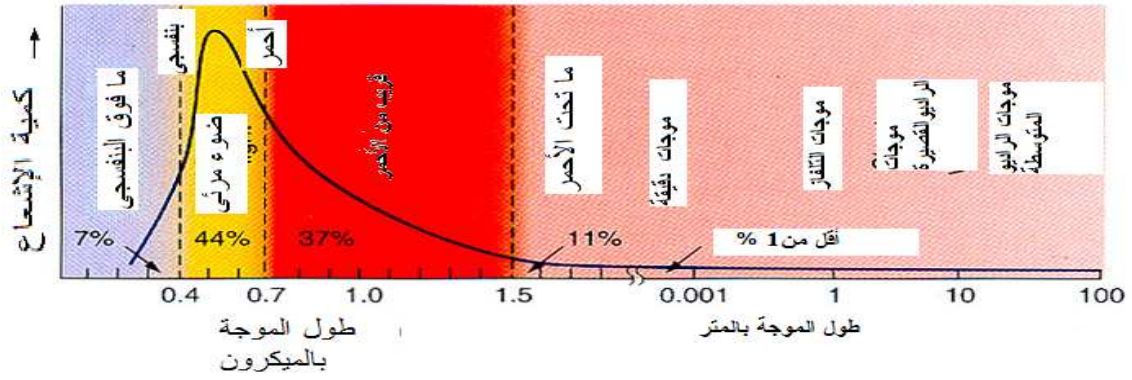
μ عكس الأشعة الشمسية التي تعتبر من الموجات القصيرة.

جدول 1: قياس الإشعاع الشمسي

m	المتري cm	السنتمتر mm	الميليمتر μ	الأنجستروم Å
1	10^2	10^3	10^6	10^{10}

الجدول 2: الطيف الإشعاع الشمسي الكهرومغناطيس للشمس

نسبة الطاقة	طول الموجة	الوصف
موجات قصيرة 9 %	10^{-2} الى $2 \cdot 10^{-3}$	اشعاع سيني و قامة
	الى 0.4 0.2	ما فوق البنفسجي
موجات طويلة 50 %	الى 0.4 الى 0.74	ما تحت الأحمر
موجات طويلة 41 %	الى $3 \cdot 10^3$ الى 0.7	الضوء المرئي



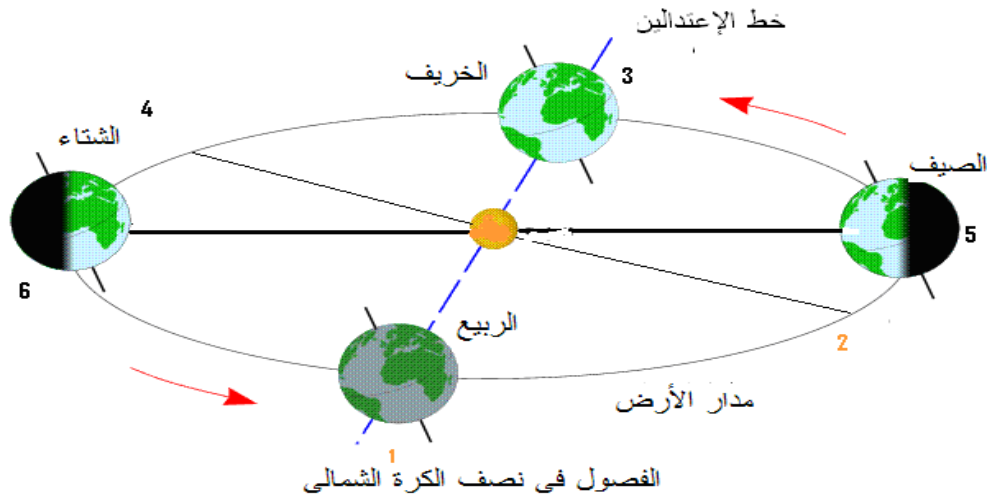
2- المؤثرات في توزيع و النقاط الإشعاع الشمسي فوق سطح الأرض

تتأثر الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض بالعوامل التالية:

- بعد الشمس عن الأرض
- سمك الغلاف الغازي وزاوية سقوط الأشعة
- اختلاف طول الليل والنهار الناتج عن حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها

أ- البعد بين الأرض والشمس

يظهر مسار الأرض في شكل اهليلجي يشبه شكل الدائرة وتوجد الأرض على مسافة 152 مليون كم يوم 1 جويلية (نقطت الحضيض aphélie و 146.2 مليون كم يوم 1 جانفي نقطة الأوج périhélie (الشكل 3).



1. الاعتدال الربيعي	21 مارس
2. الانقلاب الصيفي :	21 جوان
3. الاعتدال الخريفي:	23 سبتمبر
4. الانقلاب الشتوي:	22 ديسمبر
5. Aphélie : الحضيض	1 جويلية
6. Périhélie : الأوج	1 جانفي

الشكل 3

إن بعد الأرض عن الشمس يختلف من فصل الى آخر وذلك لأن الأرض تسلك مساراً اهليلجياً في دورانها حول الشمس ولوحظ ان قوة الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض خلال فترة الحضيض يزداد بنسبة 7 % عن فترة الأوج . و يلاحظ في الصيف زيادة بعد الشمس عن الأرض كما تنخفض سرعة دورانها حول الشمس.

ب- انعكاس حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها

تدور الأرض حول الشمس في مدة 365.25 يوماً كما تدور حول نفسها في مدة 24 ساعة. وتتميز الأرض بظاهرة الفصول الناتجة عن ميل محور دوران الأرض حول الإهليلج بزاوية 23° و 26' وتنعكس هذه الزاوية بتوزيع غير منتظم لدرجة الحرارة و هكذا يدوم الشتاء في نصف الكرة الشمالي بمدة 3

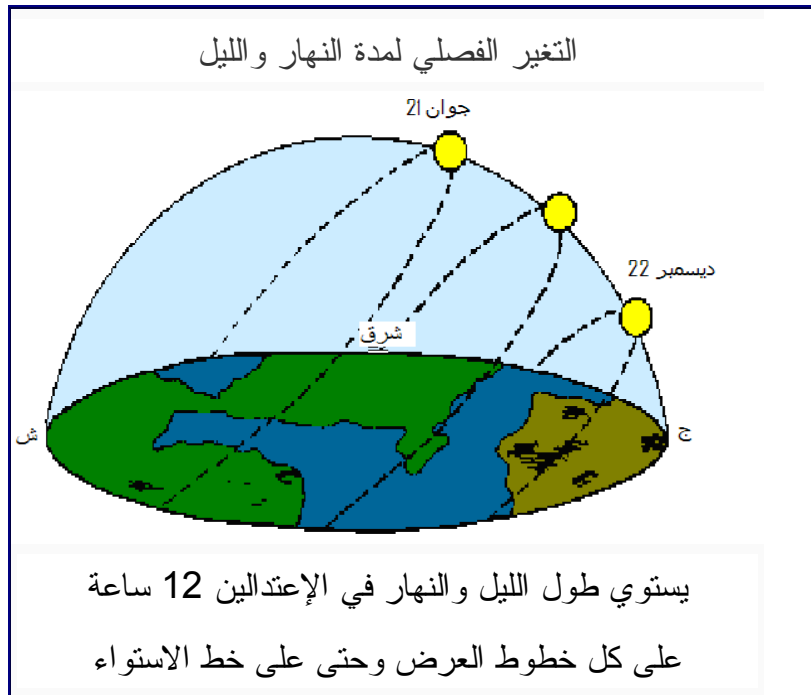
أيام أقل من الصيف وهو شتاء أقل قصوتا من شتاء النصف الجنوبي من الأرض.

مدة الفصول بنصف الكرة الأرضية الشمالي

المدة الحـالية	الفصول في نصف الكرة الشمالي
92 يوما و 19 ساعة	الربيع
93 يوما و 23 ساعة	الصيف
89 يوما و 13 ساعة	الخريف
89 يوما	الشتاء

الجدول 3

وتسقط الأشعة الشمسية بزاوية عمودية عند مدار الجدي والسرطان عند خطوط العرض $23^{\circ} 26'$ من نصفي الكرة الأرضية. وإما القسم الباقي من الأرض فيبقى في الظلام التام ما فوق خطي العرض $66^{\circ} 30'$ وعند القطبين يدوم الليل 6 أشهر. ونسمى خط العرض 66° و $30'$ بدائرة القطب الشمالي أو الجنوبي.

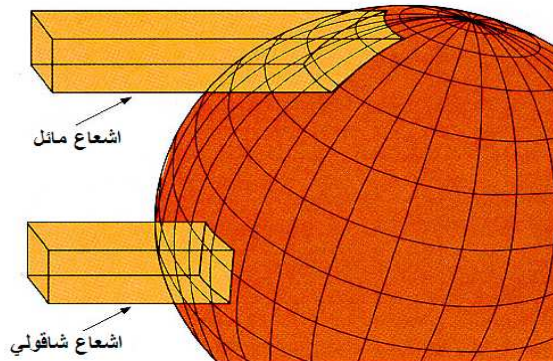


تلتقط نصف الكرة الأرضية الشمالي يوم 21 ديسمبر، خلال الانقلاب الشتوي (الشكل 4) نسبة أقل من الطاقة الشمسية مقارنة مع الصيف وهذا لأن الأشعة الشمسية تعبر مسافة طويلة في الغلاف الجوي كلما ارتفعت زاوية السقوط.

ج- سمك الغلاف الغازي وزاوية سقوط الأشعة

ان زاوية سقوط الأشعة الشمسية لها دخل في تقدير كمية الإشعاع الواصل الى سطح الأرض.

تبلغ كمية الإشعاع أقصاها عندما تسقط عموديا (الشكل 5) فوق الأرض، وكلما ازدادت زاوية سقوط الأشعة انخفضت نسبة الطاقة الواصل للسطح. ولقد تلتقط المناطق المدارية اكبر كمية من الطاقة مقارنة مع العروض العليا. و ان الكمية الواصل التي تتلقاها وحدة المساحة تبلغ حدودها القصوى إذا سقطت الأشعة عموديا وكلما ازدادت ميلا كلما قلت نسبة الطاقة الواصل لنفس المساحة، لأن شدة الميل تؤدي بالضرورة إلى اتساع المساحة التي تسخنها، ثم إلى زيادة سمك الطبقة الهوائية التي تعبرها قبل أن تصل إلى الأرض.



The intensity and heating power of the Sun's rays are directly related to the Sun's altitude. The same amount of energy is contained in both "boxes" of incoming radiation, but the oblique rays striking the higher latitudes are spread out over a larger area, resulting in lower temperatures.

توجد علاقة عكسية شديدة الارتباط بين سمك طبقة الغلاف الغازى وظاهرة

الإطفاء للأشعة حسب قانون بوقر : loi de Bouguer :

تتخفص نسبة الطاقة الواصلة لسطح الأرض مع زيادة سمك الغلاف الجوى التي تعبره الأشعة. بعبارة أخرى فإن الشدة الحرارية لوحددة المساحة مناسبة

بجب زاوية سقوط الإشعاع حسب العلاقة التالية:

$$E' = E.P^e$$

E' = الطاقة الواصلة على مخطط عمودي فوق سطح الأرض

E = الطاقة الواصلة عند حدود الغلاف الجوى الأعلى

P = معامل شفافية الغلاف الجوى يتراوح ما بين 0.3 و 0.7 %

وإما زاوية الورود angle d'incidence تؤثر في كمية الإشعاع الشمسي

الواصل إلى السطح. حسب قانون الجيب loi des sinus وتكتب العلاقة كما يلي:

$$W = E' \sinus i$$

حيث

W = مجموع الطاقة الواصلة الى السطح

i = زاوية سقوط الأشعة

إن الشدة الحرارية في وحدة المساحة مناسبة بجب زاوية سقوط الأشعة الشمسية

و هكذا تقدر كمية الأشعة الساقطة بزاوية 60° ب 10¹⁹ من مجموع الطاقة اذا

قرانها بالكمية الطاقة في حالة زاوية 90°، وتتخفص الشدة الضوئية إلى نصف

الكمية عند زاوية سقوط 30°.

الميزان الإشعاعي

قوانين الإشعاع

قانون بلانك : Loi de Planck :

يعتمد تدفق الطاقة المنبعثة من سطح على درجة حرارة السطح والطول الموجة للإشعاع الطاقة. وأعرب عنها بالمعادلة التالية:

$$E=f(T,\lambda)$$

قانون ستيفان بولتزمان Stéphan-Boltzmann

فإذا اعتبرنا الشمس جسماً أسوداً والذي يعرف بأنه الجسم الذي يمتص الأشعة التي تسقط على سطحه أمكن تقدير درجة حرارة جسمه من قانون ستيفان بولتزمان والذي ينص على أن تدفق الطاقة لجسم أسود يتناسب طردياً مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة:

$$E=\epsilon\rho T^4 \quad (\text{W m}^{-2})$$

E= énergie émise (W m^{-2})

ϵ = pouvoir émissif (coefficient d'émission – sans dimension ($\sim 0,95$ pour la plupart des surfaces))

ρ = constante de Stéphan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

T=température de la surface ($^{\circ}\text{K}$)

ومنه نستطيع معرفة درجة حرارة الشمس : $T = 5800 \text{ }^{\circ}\text{K}$

- تعتمد كثافة الإشعاع المنبعثة على درجة حرارة السطح.

- كلما ارتفعت درجة حرارة السطح المشع تزداد كثافة الطاقة المنبعثة

هذه المعادلة التكامل لقانون بلانك :

- قانون Wien
- مشتقة من قانون بلانك:

- تتناسب عكسا طول الموجة الرئيسية ($\lambda_{\text{ماكس}}$) مع درجة حرارة السطح المشع: $(T \text{ en } ^\circ\text{K}). 2897 = \text{constante de Wien } (\mu\text{m})$
- وكلما زادت درجة حرارة سطح إرتفعا تقلصت طول الموجة .

$$\lambda_{\text{max}} = 2897/T$$

تعتبر الطاقة الشمسية و ظاهرة انجذاب الأرض من أهم الأسباب الأساسية لحركات الغلاف الجوي ولهذا تكتسي دراسة الحوصلة الإشعاعية أهمية بالغة في الأرصاد الجوي والمناخ.

تساوي حوصلة الإشعاع الشمسي الصافي الفارق ما بين التدفق الشمسي الممتص من الأرض والتدفق الحراري المنبعث منها نحو الفضاء.
ان الفرق بين الكمية الإشعاعية الواردة من جسم ما او من سطح الأرض وكمية الأشعة الصادرة منه تمثل الحوصلة الإشعاعية

ان كثافة الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي تتغير حسب خط العرض والمسافة بين الكرة الأرضية و الشمس وزاوية السقوط الأشعة.

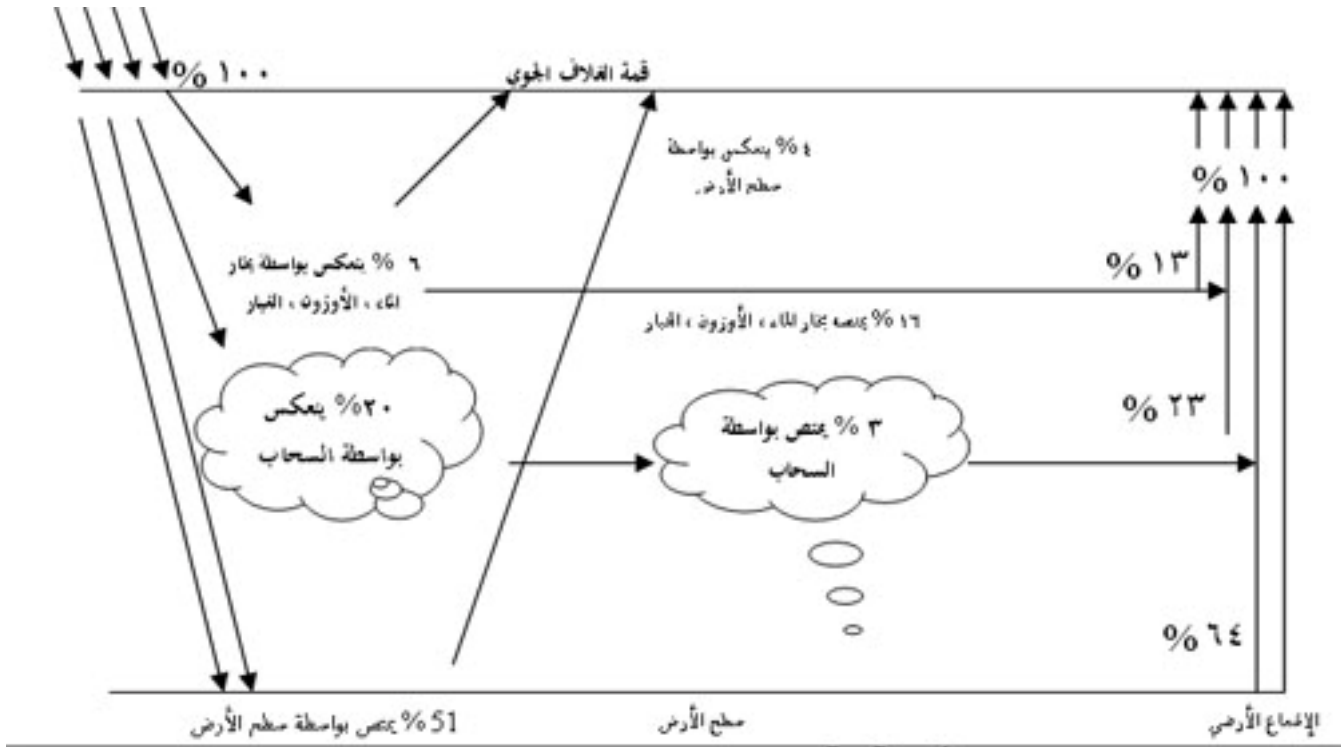
1-أليات فقر الإشعاع الشمسي.

تقلص من حدة الأشعة ثلاثة اشكال حسب طول موجتها والخصائص الفيزيائية للغازات والجزيئات العالقة:

- نشر وبعثرة الإشعاع بالمكونات الغازية والجزيئات الصلبة او السوائل.

-امتصاص من مكونات غازية وجزيئات صلبة او سوائل

- عكس الأشعة عن طريق السحب وجزيئات من الغبار وسوائل صلبة او سائلة عالقة في الجوي. الشكل (1)



الشكل (1) ملخص فقر الإشعاع الشمسي

2- عكس الإشعاع الشمسي

يخضع عكس الأشعة الى نورانية $albedo$ السحب والغبار العالقة في الجو و تعبر النورانية عن قدرة السطوح على عكس الأشعاع الشمسي نحو الفضاء (الجدول 1)

ان دراسة الحوصلة الإشعاعية تؤدي بنا الى الملاحظات حول مسار الأشعاع الشمسي، ثم حول ظاهرة مفعول البيوت الزجاجية والتي من نتائجها الإحتباس الحراري وفي الدرجة الأخيرة حول التوازن الإشعاعي.

وبصفة عامة تكون الحوصلة الإشعاعية سالبة عند خطوط العرض العليا ما فوق 40° و موجبة ما تحتها. وترتبط هذه الظاهرة بالتوزيع الغير المتساوي للإشعاع الساقط في حين تمثل المناطق القاحلة مثل الصحراء والشرف الأوسط وأستراليا استثناءات لأن حوصلتها الإشعاعية سالبة رغم توأجدها تحت خط 40° . وتفسر هذه الحالة بالنورانية القوية التي تكسبها هذه المناطق.

ولكن رغم هذ الفوارق تساعد حركات الغلاف الجوي التيارات المحيطية على الحافظة على توازن حراري بالتدفق الحرارة ما بين خط الإستواء والقطبين. وهكذا تزداد درجة الحرارة في المناطق ذات الحوصلة الإشعاعية السالبة وتنقلص بالمناطق ذات الحوصلة الإشعاعية الموجبة.

TABLE 2-2 Albedos for short-wave (<4.0 μm) radiation.

Surface	Albedo %	Vegetation cover	Albedo %
Fresh snow	75-95	Sea ice	30-40
Dry (dune) sand	35-45	Tundra	15-20
Dark soil	5-15	Desert	25-30
Blacktop road	5-17	Coniferous forest	5-15
Concrete surface	17-27	Deciduous forest	10-20
Clouds		Savanna	
Cumuliform	70-90	Wet	15-20
Stratus	59-84	Dry	25-30
Cirrostratus	44-50	Green meadows	10-20
Water			
Zenith angle of sun	0°	40°	60°
Reflectivity (%)	2	2.5	6
		80°	35
		90°	100

الجدول 1: نورانية بعض السطوح للأشعة القصيرة