

الفصل الثالث

الطاقة الشمسية الإشعاعية الحرارية

(التشميس)

- (1-3) مقدمة
- (2-3) اهمية الطاقة الشمسية الاشعاعية الحرارية
- (3-3) تولد الطاقة الشمسية
- (4-3) طيف الاشعة الشمسية وطبيعتها
- (5-3) أقسام طيف الاشعة الشمسية الكهرومغناطيسية
- (6-3) مدى الاشعة الشمسية المرئية البيضاء والملونة
- (7-3) الشمس الملونة والسماء الزرقاء
- (8-3) الوحدات المستخدمة في قياس الطاقة الحرارية والاشعاعية
- (9-3) تشكل الطاقة الحرارية وطرق انتقالها
- (10-3) عمليات الاشعاع ونقل الطاقة الحرارية
- (11-3) الاشعاع
- (12-3) الاستشعاع وامتصاص الطاقة الاشعاعية
- (13-3) الطاقة وتحولاتها
- (14-3) قوانين الاشعاع
- (15-3) الاجسام انتقائية الامتصاص
- (16-3) مميزات الطاقة الاشعاعية الشمسية والارضية
- (17-3) تأثير الغلاف الجوي كجسم انتقائي الامتصاص
- (18-3) الاشعة الشمسية المتوازية
- (19-3) التشميس الواصل الى الارض

الفصل الثالث

(1-3) مقدمة:

لا يخفى على احد 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 عليها وأصبح كوكبا باردا ميتا. ولاشك في إن من أهم العمليات تلك التي تحول هذه الطاقات إلى منتجات بيولوجية مفيدة متمثلة في المحاصيل الغذائية والوقود فسلاسل الغذاء مهما كانت طويلة ومعقدة تعود في جذورها إلى امتصاص خلايا النبات الخضراء الطاقة الشمسية الإشعاعية واستخدامها في بناء أنسجتها خلال عملية التمثيل الضوئي وما الوقود الاحفوري من فحم وكبريت وخطب إلى طاقة شمسية إشعاعية مخزونة تتحرر خلال عمليات الاحتراق.

أما من وجهة النظر المناخية فالطاقة الشمسية الإشعاعية هي المولد الرئيسي لعناصر الطقس والمناخ كافة فلولاها ما تسخن سطح الأرض ولا الهواء ولتوقف تدفق الهواء وتبخر المياه وهطول الأمطار وتوقف جريان المياه في الأنهار. إنها القوة المحركة لنظام دورة الغلاف الجوي ومياه البحار والمحيطات وبالتالي فإنها المحرك لعمليات نقل بخار الماء والطاقة الحرارية وتبادلها بين المناطق والأقاليم على سطح الأرض. لذلك فأنها بما يعترها من تحولات وتباينات مكانية وزمنية تعمل بشكل مباشر على تكوين حالات الطقس والمناخ المتنوعة على سطح الأرض.

(2-3) أهمية الطاقة الشمسية الإشعاعية الحرارية :

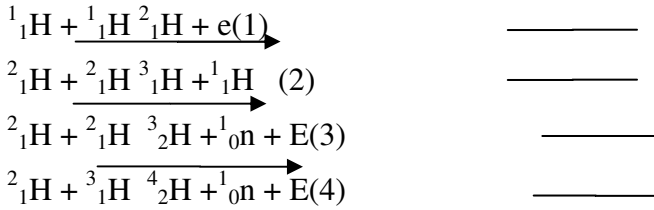
تعد الشمس بحق المصدر الوحيد للطاقة الحرارية الواصلة إلى سطح الأرض ولا شك في أن النجوم والقمر والكواكب الأخرى تطلق طاقة حرارية إشعاعية وكذلك تفعل الأرض إذ تنطلق طاقة حرارية من باطنها تعرف بالحرارة الأرضية (geothermal) ولكن أشكال هذه الطاقة جميعها ضئيلة جدا ومهملة تماما إذا ماوازناها بما يصل سطح الأرض من طاقة شمسية إشعاعية ويعود ذلك أولا إلى البعد الشاسع الفاصل بين الأرض والنجوم الأخرى التي نراها تسطع في السماء إذا يقع اقرب نجم إلى الأرض بعد الشمس ذلك المعروف بمجموعه الفاسينتوري alpha (centori) المكونة من ثلاثة نجوم تدور حول بعضها البعض على بعد يناهز (3.4) سنة ضوئية منها أي ما يعادل $(40.7 \times 10^{12} \text{km})$ وهذا مايزيد عن (260×10^3) ضعف المسافة بين الأرض والشمس ويقل التدفق الحراري الأرضي عن (10^{-5}) من الطاقة

الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض ويقل ما يشعه القمر عندما يكون بدرا كثيرا عن ذلك.

(3-3) تولد الطاقة الشمسية :

تشبه الشمس بفرن ذري عظيم تتحول في نواتها ذرات الهيدروجين (${}^1_1\text{H}$) بواسطة الاندماج الذري إلى ذرات هيليوم (He^4_2) ويطلق طاقة حرارية هائلة (E) ونيوترونات (${}^1_0\text{n}$) وبوزترونات (e^+) وغيرها من الجسيمات الناتجة عن تفكك ذرات الهيدروجين واندماجها.

يبدء الاندماج الذري باندماج نويات (${}^1_1\text{H}$) منتجة نظائر الهيدروجين ديوتيريوم (${}^2_1\text{H}$) وتريتيوم (${}^3_1\text{H}$) وتحولها إلى ذرات هيليوم كما في المعادلات التالية:



وتتوالى الاندماجات الذرية متزامنة مع بعضها البعض وتستمر، باستمرارها يستمر تدفق الطاقة الشمسية الحرارية الهائلة. ويتم إنتاج الطاقة وفقاً للنظرية النسبية لاينشتاين :

$$E = mc^2 \text{ (erg)}$$

حيث أن:

$E =$ الطاقة الحرارية المتدفقة (erg)، $m =$ كتلة الذرات المندمجة، $C =$ سرعة الضوء وتعادل $(3 \times 10^{10} \text{ cm/sec})$.

واستنادا إلى تقديرات العالم جامو (Gamo) فإن حوالي $(800 \times 10^6 \text{ tan})$ من الهيدروجين تتحول في نواة الشمس الى طاقة حرارية في الثانية الواحدة.

(4-3) طيف الاشعة الشمسية وطبيعتها :

تشع الشمس طاقتها الإشعاعية على شكل طيف واسع من أمواج مشحونة كهربائيا ومغناطيسيا تعرف بالأمواج الإشعاعية الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Radiation Waves) ذات أطوال وترددات متعددة تنطلق بسرعة كبيرة قاطعه مسافة واحدة خلال وحدة زمن (1sec) تعادل $(3 \times 10^5 \text{ km})$ وهذا ما يعادل سرعه الضوء في الثانية الواحدة. ولا تتأثر سرعه انتشارها بوجود الغلاف الجوي للأرض لأنه بالنسبة لها رقيق جدا إلى حد يمكن اعتبارها وكأنها تنتشر في فضاء مفرغ من الهواء وعادة ما تصنف الموجات الإشعاعية الكهرومغناطيسية بطول أمواجها وتردها خلال مسافة زمنية محددة $(3 \times 10^5 \text{ km/sec})$.

يقصد بطول الموجة المسافة الفاصلة بين قمتين أو قعرين في موجة إشعاعية واحدة وتستخدم الوحدات المترية وأجزائها في قياس الطول الموجي فتقاس الطويلة منها بوحدة المتر (m) بينما تقاس القصيرة منها بوحدة المايكرومتر (um) ويساوي (10^{-6} m) او النانومتر (nm) ويساوي (10^{-9} m) أو الانكستروم (A) ويساوي 10^{-10} m .

ويعني تردد الأمواج الإشعاعية الكهرومغناطيسية عدد هذه الأمواج التي تعبر حدا معيناً خلال وحدة الزمن (ثانية واحدة) ويمكن التعبير عن هذه المسافة بالمسافة الزمنية ولأن هذه الأمواج تنطلق بسرعة واحدة هي سرعه الضوء قاطع مسافة $(3 \times 10^5 \text{ km/sec})$ فيعبر عن هذه المسافة الزمنية (بالثانية الضوئية) وهي اصغر وحدة فيما يعرف بوحدات المسافة الضوئية إذا فالثانية الضوئية ومضاعفاتها (دقيقة، ساعة، يوم، سنة ضوئية) ليست وحدات لقياس الزمن بل هي وحدات لقياس المسافات تستخدم في قياسات المسافات الشاسعة في الفضاء بين الأجرام السماوية كما هو الحال في استخدام الوحدة الفلكية المذكورة سابقا.

تظهر الأمواج الطويلة خلال المسافة الزمنية (ثانية ضوئية) التي تقطعها اقل ترددا من الأمواج القصيرة وهكذا فكلما كبرت أطوال الأمواج قل ترددها وكلما قصرت ازداد ترددها، إذن توجد علاقة عكسية بين أطوال الأمواج وتردها ويمكن حساب تردد الأمواج الإشعاعية الكهرومغناطيسية بالعلاقة التالية :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

f = تردد الأمواج الشعاعية (wave/sec).

c = المسافة التي تقطعها الأمواج الإشعاعية للكهر ومغناطيسية وتساوي

$(3 \times 10^5 \text{ km/sec})$.

λ = حرف إغريقي (لامبدا λ) يمثل طول الموجة الإشعاعية

الكهر ومغناطيسية وتقاس كل من c و λ بنفس الوحدات المترية وأجزائها.

وبيين الجدول (1-3) أطوال أمواج الطيف الأشعة الكهر ومغناطيسية وترددها

وحزمها المختلفة.

ت	حزم أمواج الأشعة الشمسية الكهر ومغناطيسية	طول الأمواج (λ) (nm)	تردد الأمواج (F) (Hz)
1	الأشعة السينية X	$10^{-2} - 10^{-4}$	$3 \times 10^{19} - 3 \times 10^{21}$
2	أشعة سينية قاسية HX	$0.1 - 10^{-2}$	$3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{19}$
3	الأشعة فوق البنفسجية UV	$1 - 0.1$	$10^{17} - 3 \times 10^{18}$
4	أشعة فوق بنفسجية EUV	$200 - 1$	$1.5 \times 10^{15} - 10^{17}$
5	أشعة فوق بنفسجية بعيدة FUV	$300 - 200$	$10^{15} - 1.5 \times 10^{15}$
6	أشعة فوق بنفسجية قريبة NUV	$320 - 300$	$9.4 \times 10^{14} - 10^{15}$
7	أشعة سوداء	$380 - 320$	$7.89 \times 10^{14} - 9.4 \times 10^{14}$
8	أشعة بنفسجية	$420 - 380$	$7.14 \times 10^{14} - 7.89 \times 10^{14}$
9	أشعة زرقاء	$490 - 420$	$6.12 \times 10^{14} - 7.14 \times 10^{14}$
10	أشعة خضراء	$540 - 490$	$5.56 \times 10^{14} - 6.12 \times 10^{14}$
11	أشعة برتقالية	$590 - 540$	$5.08 \times 10^{14} - 5.56 \times 10^{14}$
12	أشعة حمراء	$650 - 590$	$4.62 \times 10^{14} - 5.08 \times 10^{14}$
13	الأشعة تحت الحمراء IR	$760 - 650$	$3.95 \times 10^{14} - 4.62 \times 10^{14}$
14	أمواج الرادار	$10^7 - 10^5$	$3 \times 10^8 - 3 \times 10^{11}$
15	أمواج التلفزيون	$10^9 - 10^6$	$3 \times 10^7 - 3 \times 10^8$
16	أمواج الراديو	$10^{10} - 10^8$	$10^5 - 3 \times 10^7$

جدول (1-3)

يمثل أطوال حزم الأشعة الكهرومغناطيسية الصادرة من الشمس (λ) مقاسة بوحدات النانومتر (nm) وترددها (\square) مقاس بوحدات الهرتز (Hz)

تتباين قدرة الطاقة التي تحملها الأشعة الكهرومغناطيسية فالأمواج القصيرة تحمل طاقة اكبر من الأمواج الطويلة، لقد تبين إن انتقال الطاقة عبر الأمواج الأشعة الكهرومغناطيسية يجري على شكل سيل من كميات صغيرة أو حزم صغيرة من الطاقة متراسة وراء بعضها البعض تعرف " بالفوتات" (photons) لها صفات الذرات وفي الوقت نفسه ليس لها كتلة ولها صفات الأمواج ذات عزم حركي لكنها لاتحمل شحنات كهربائية، إذن فوتونات الإشعاعية الكهرومغناطيسية القصيرة التي تقل أطوالها عن (320nm)، تحمل طاقة كبيرة اكبر مما تحمله فوتونات الأمواج الطويلة تمكنها من الفتك بالخلايا الحية الحيوانية والنباتية ولحسن حظها فأن ما تشعه الشمس من هذه الأشعة يقل عن (7%) من مجموع الطاقة التي تشعها ولا يصل سطح الأرض سوى النذر اليسير جدا منها على شكل أشعة فوق البنفسجية.

(3-5) اقسام طيف الاشعه الشمسية الكهرومغناطيسية :

تقسم الدراسات طيف الأشعة الشمسية الكهرومغناطيسية إلى عدة أقسام تعرف بالمديات (Regins) كما هو مبين في الجدول (1-3) إلى الأقسام التالية:

1- مدى الأشعة الكونية (Gama-rays): وغيرها من الأشعة التي تقل أطوال أمواجها عن) ، (01nm).

2- مدى الأشعة السينية (x-rays): وتتراوح أطوال أمواجه بين، (01nm – 1) ويضم الأشعة السينية القاسية (Hard x-ray) (Hx) والأشعة السينية اللينة (soft x-ray)(Sx) .

3- مدى الأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet) (UV): وتتراوح أطوال امواجه بين (1-320 nm)، ويقسم إلى ثلاثة أجزاء تسمى وفق لموقعها من طيف الأشعة المرئية البيضاء التي يليها وهي الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة (ExtremUltra Violet) (Euv) والأشعة فوق البنفسجية البعيدة (Far UltraViolet) (Fuv) والأشعة فوق البنفسجية القريبة (Near Ultra Violet) (Nuv) ويكون هذا المدى مع مدى الأشعة السينية ومدى أشعة جاما حوالي (7%) من مجموع الطاقة الشمسية الإشعاعية وهي أشعة ضارة وفتاكة.

4- مدى الأشعة المرئية البيضاء (White Visible Ray): وتتراوح أطوال أمواجه بين (760-320nm). ويتكون من مزيج من الأشعة البنفسجية

والزرقاء والخضراء والصفراء والبرتقالية والحمراء الجدول (1-3)،
ويضاف إليها ما يعرف بالأشعة السوداء لعدم استطاعة العين رؤيتها.
وتشكل الأشعة المرئية البيضاء حوالي (44%) الطاقة الشمسية الإشعاعية
وهي أشعة ذات طاقة حرارية وضوئية كبيرة تلعب دوراً رئيسياً في تسخن
سطح الأرض وفي مجريات الطقس والمناخ السائد عليه.

5- **مدى الأشعة تحت الحمراء (Infra Red Ray):** وتتراوح أطوال أمواجه
بين ($760 \times 10^{-6} \text{ nm}$)، وينقسم إلى جزئين وفقاً لموقعها من طيف الأشعة
المرئية البيضاء السابقة له هما: الأشعة تحت الحمراء القريبة ("NIR"
Near Infra Red) وتشكل (37%) من مجموع الطاقة الشمسية، والأشعة
تحت الحمراء البعيدة (Far Infra Red "FIR") وتشكل حوالي (11%) من
مجموع الطاقة الشمسية، لا تتمكن العين من رؤية الأشعة تحت الحمراء،
ولكن يمكننا أن نشعر بحرارتها.

6- **مدى الأشعة الصغيرة (Micro Waves Ray "MWR"):** وتتراوح
أطوالها بين (510nm – 710) وتشكل أقل من (1%) من مجموع الطاقة
الشمسية.

7- **مدى أمواج الرادار (Radar Waves):** وتتراوح أطواله بين ($10^6 - 10^9 \text{ nm}$).

8- **مدى أمواج التلفزيون (TV Waves):** وتتراوح أطواله بين- (10^8
 10^{10} nm)

9- **مدى أمواج الراديو (Radio Waves):** وتتراوح أطواله بين- (10^{10}
 10^{12} nm)

(3-6) مدى الأشعة الشمسية المرئية البيضاء والألوان :

يتبين لنا أن الأشعة الشمسية المرئية البيضاء متكونة من مزيج من الأشعة
الملونة حين تعبر خلال موشور زجاجي فتخرج منه متفرقة ومتكسرة ويزداد
انكسارها عكسا مع طول أمواج كل منها فتظهر معكوسة الترتيب الأشعة البنفسجية
في الأسفل لأنها أشد انكسارا تليها الزرقاء ثم الخضراء ثم الصفراء والبرتقالية
وتظهر الأشعة الحمراء في الأعلى على إنها أقل انكسارا، ويحدث ذلك أيضا في
ظاهرة قوس قزح وعادة يتشكل قوس قزح عندما تهطل الأمطار في جزء من السماء
وتكون ساطعة في الجزء الأخير منها وأحيانا يحدث خلال قطيرات الماء المتناثرة
فوق مساقط المياه وفوق نوافير المياه أرضا فتقوم قطيرات الإمطار والقطيرات
المتناثرة بدور الموشور الزجاجي، فعندما تدخل الأشعة الشمسية البيضاء قطيرات
الماء تقل سرعتها وتنكسر وتتفلق إلى أطراف أشعة ألوانها الأساسية وعندما تصدم

هذه الأشعة بمؤخرة القطيريات ترد خارجة منها منكسرة ومتفرقة أيضا مشكلة قوسا بديعا من الألوان البنفسجية والزرقاء والخضراء والصفراء والبرتقالية والحمراء. تتمكن العين من رؤية الأشعة الشمسية البيضاء وأطياف أشعتها الملونة لان هذه الأمواج الكهرومغناطيسية تثير نهايات الأعصاب البشرية المنتشرة على شبكية العين على شكل عصيات أو أقماغ بصرية، فنقوم بإرسال أشارات للدماغ تمكنا من إدراك الألوان ورؤيتها تمكن العصيات العين من التفريق بين الضوء والظلام ومشاهدة اللونين الأبيض والأسود فقط لأنها لاتستطيع التمييز بين أشعة الألوان المختلفة بينما تستطيع الأقمار استشعار الأشعة الملونة التي تنحصر أطوال أمواجها بين (380 - 670 nm) والتميز بينهما فتمكن العين من رؤية الألوان جميعها ولا تستطيع الأشعة التي تقل أطوالها أمواجها عن (380 nm) أو تزيد عن (670 nm) اشارة نهايات الأعصاب البصرية لذلك لاتراها العين.

في الحقيقة إن ألوان الأشياء التي تراها العين ليست إلا أشعة كهرومغناطيسية مختلفة أطوال الأمواج منعكسة على سطح هذه الأشياء فمثلا عندما تسقط أشعة الشمس الضوئية على سطح اخضر اللون يمتص هذا السطح أشعة الألوان كلها عدا أشعة اللون الأخضر التي يعكسها فتراها العين وهكذا بالنسبة لكل الأشياء الملونة فسطوحها تمتص طيف الأشعة المرئية الواصل إليها كلها وتعكس الأشعة الموافقة للونها فقط.

(7-3) الشمس المتلونة والسماء الزرقاء :

يعود اللون الأبيض اللامع للشمس في وسط النهار إلى شدة إشعاعها في هذا الوقت وسقوط أشعة ضوئها المرئية جميعها على الأقماغ البصرية للعين بشدة متساوية تقريبا فلا تستطيع التمييز بينها ونستشعرها كأنها أشعة واحدة بيضاء. بينما عند شروق الشمس أو غروبها تخترق الأشعة الشمسية الغلاف الجوي بزواية ضعيفة حوالي (4) درجات قاطعه حيزا كبيرا منه أكثر سماكة من الحيز الذي تقطعه وقت الظهر بحوالي (12) ضعف فخلال هذه السماكة الكبيرة تتبعثر الأشعة القصيرة (البنفسجية والزرقاء والخضراء) بواسطة جزيئات الهواء الدقيقة الأصغر منها حجما بشكل انتقائي في كل الاتجاهات خلال الغلاف الجوي بينما تتمكن الأشعة الصفراء والبرتقالية والحمراء من الدخول إلى عين الناظر مظهرة الشمس بلون اصفر- برتقالي زاهي وفي حال وجود جسيمات وذرات غبار معلقة في الهواء تزيد أقطارها قليلا عن طول أقطار جزيئات الهواء تتبعثر الأشعة الصفراء وتظل الأشعة البرتقالية والحمراء مظهرة الشمس بلون برتقالي احمر وإذا تواجدت الجسيمات بكميات كبيرة تتبعثر أشعه ضوء الشمس كلها عدا الأشعة الحمراء فنظهر الشمس بلون احمر وذلك ما يحدث عند انفجار البراكين التي تملأ السماء بجسيمات دقيقة أو فوق المحيطات

حيث يكون الهواء مترعا بذرات بلورات الملح الدقيقة وذرات بخار الماء وأحيانا إذا كانت إحجام الجسيمات متجانسة تعمل على بعثرة الأشعة الشمسية الضوئية بشكل انتقائي مظهرة الشمس بعدة ألوان حتى في منتصف النهار تبدو الشمس برتقالية أو خضراء أو حتى زرقاء.

ومن الملاحظ انه خلال عمليات التبعثر المذكور في مختلف أشكاله حتى في منتصف النهار، تعمل جزيئات الهواء دائما إلى بعثرة الأشعة الشمسية الضوئية القصيرة جدا البنفسجية والزرقاء والخضراء انتقائيا في كافة الاتجاهات في الغلاف الغازي، بالإضافة إلى ذلك فان المخاريط البصرية في العين شديدة الحساسية لهذه الأشعة ما يجعل السماء تبدو لنا زرقاء في الاتجاهات كلها وفي الأحوال جميعها من حساب شدة الطاقة الإشعاعية ومقدارها كميًا.

(3-8) الوحدات المستخدمة في قياس الطاقة الحرارية الإشعاعية :

تستخدم وحدات القوة (power) في قياس الطاقة الإشعاعية وتعرف القوة على أنها كمية الطاقة المنقولة خلال وحدة الزمن لذلك توجد عدة وحدات مستخدمة في قياس الطاقة الشمسية أهمها وأكثرها استخداما في دراسات الطقس والمناخ هي وحدة السعرة الحرارية أو حريرة (Cal Colorie) وتعرف "السعرة الحرارية" بأنها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة (4.1855 joule) وعند استخدامها في قياس الطاقة الاشعاعية فانها تعبر عن مقدار الطاقة التي تشعها او تمتصها وحدة المساحة (1cm^2) من سطح ما خلال وحدة زمن (ثانية دقيقة ساعة... الخ)

(3-9) تشكل الطاقة الحرارية وطرق انتقالها :

تتولد الطاقة الحرارية في بادئ الأمر عندما تمتص الأشياء مهما كان نوعها الطاقة الشمسية الإشعاعية الواصلة إليها على شكل أمواج كهرومغناطيسية وتحولها إلى طاقة حرارية تخزنها في داخلها فتزيد درجة حرارتها ثم تعود وتطلقها مرة أخرى والأمر نفسه يحدث عندما نعرض أنفسنا إلى نار المدفأة فعندما تمتص أجسامنا الأمواج الكهرومغناطيسية فترتفع درجة حرارتها وتقوم باطلاقها مرة ثانية الى المكان المحيط بها بطريقة الاشعاع ولكنه اشعاع ضعيف لايمكن الاحساس به الا بواسطة التوصيل او التقرب.

(3-10) عمليات الإشعاع ونقل الطاقة الحرارية وتبادلها عند سطح

الارض :

عندما تصل الطاقة الشمسية الإشعاعية تحملها فوتونات أمواج الأشعة الكهرومغناطيسية من سطح الشمس عبر الفضاء إلى الأرض تدخل في عمليات عديدة من التحولات والتبادلات، تبدأ بامتصاص سطح الأرض والغلاف الجوي والأشياء والأجسام فيهما لهذه الطاقة ومن ثم إشعاعها مرة أخرى لبعضها البعض وتبادلها فيما بينها.

إذن عند دراسة عمليات الإشعاع الجاري على سطح الأرض وفي الغلاف الجوي علينا أدراك نوعين من الطاقة الإشعاعية وهما:

1- الطاقة الشمسية الإشعاعية والتي تشكل المصدر الأساسي لكل الطاقة الواصلة إلينا بمختلف أشكالها.

2- الطاقة الأرضية الإشعاعية بما فيها طاقة الغلاف الجوي الإشعاعية والتي هي أصلا طاقة مستمدة من الطاقة الشمسية الإشعاعية بالإضافة إلى الطاقة التي تشعها الأجسام والأشياء إلى بعضها البعض وعلينا أن ندرك أيضا أن العمليات المتحكمة بالعلاقة بين أنواع الطاقة الإشعاعية كثيرة ومعقدة ومتشابهة لذلك علينا أن نوجه اهتمامنا إلى تلك العمليات المؤدية إلى تشكل ظواهر الطقس والمناخ على سطح الأرض وطرق صرفها والقوانين الضابطة لها والتي تمكن من قياسها كميا وقبل كل شيء علينا توضيح بعضا لمفاهيم المتعلقة بهذا الموضوع .

(3-11) الإشعاع :

يعرف "الإشعاع" بأنه عملية نقل الطاقة بواسطة فوتونات الأمواج الكهرومغناطيسية دون الحاجة إلى وسيط أو تماس مع المصدر المشع وهذه العملية التي تصلنا بواسطة الطاقة الإشعاعية الشمسية مع ذلك علينا أن نعلم أن سطح الأرض والغلاف الجوي وأجسامنا وكل الأشياء التي حولنا مهما كانت صغيرة أو كبيرة ومهما كان تركيبها الفيزيائي والكيميائي ومهما كانت باردة تشع طاقة إشعاعية (Radiant Energy) تتناسب طرديا مع درجة حرارتها شريطة إن لا تهبط درجة حرارتها إلى دون الصفر المطلق فكلما زادت درجة حرارتها عن هذه الدرجة كلما زادت طاقتها الإشعاعية.

هذه الحقيقة توصل إليها كل من العالمين جوزيف ستيفان وبولتزمان في أواخر القرن التاسع عشر، وعرفت بقانون ستيفان بولتزمان.

(3-12) الاستشعاع وامتصاص الطاقة الإشعاعية :

عندما تسقط أمواج الطاقة الشمسية الكهرومغناطيسية المنبعثة من الشمس على سطح الأرض وعلى غلافها الجوي وعلى كل الأشياء تقوم هذه الأشياء بامتصاصها وتحويلها إلى طاقة داخلية (Internal Energy) وخاصة طاقة حرارية تزيد من درجة حرارتها فتعود وتشعها مرة أخرى على شكل أمواج كهرومغناطيسية إلى ما حولها. إذن فإن الأشياء عندما تتعرض إلى الطاقة الشمسية الإشعاعية أو الطاقة الإشعاعية التي تشعها الأشياء من حولها وتمتصها فإنها تقوم بعملية (استشعاع) وعندما تقوم بإطلاقها فإنها تقوم بعملية إشعاع ويبدو انه كلما ازدادت قدرتها على الإشعاع كما يبدو واضحا أيضا أن الأشياء التي تمتص أو تستشع طاقة إشعاعية أكبر مما تشعها فإنها تسخن وإذا شعت طاقة إشعاعية أكثر مما تستشع فإنها تبرد، وإذا كان مقدار ما تشع من طاقة إشعاعية متساوية لما تستشع فان درجة حرارتها تبقى ثابتة وتكون هذه الأشياء في حالة توازن إشعاعي (Radiation Equilibrium) وهذا ما يفسر لنا الحالة الطبيعية الإشعاعية لكل الأشياء بما فيها الشمس فقد لاحظنا فيما تقدم انه عندما يشع سطح القمر (الفوتوسفير) طاقة إشعاعية فانه في الوقت نفسه يمتص طاقة حرارية تتولد في نواته معادلة لما يشعه، ومن خلال خبراتنا اليومية نلاحظ أيضا أن جميع الأجسام والأشياء حولنا تحافظ على توازنها الإشعاعي مع محيطها المتواجد فيه. وفي حالة اكتساب بعضها طاقة إشعاعية إضافية فإنها تسعى إلى إشعاعها والعودة إلى حالته توازنها الإشعاعي والأمثلة على ذلك كثيرة لا حصر لها.

(3-13) الطاقة وتحولاتها :

لا بد لنا من الإشارة إلى إن الطاقة الإشعاعية الشمسية الساقطة على سطح الأرض تتعرض لتحولات عديدة من الطاقة مثل الطاقة الحرارية (Heat Energy) الطاقة الكامنة (Potential Energy) الطاقة الحركية (Kinetic Energy) الطاقة الكيميائية (Chemical Energy) لكن تبقى الطاقة الحرارية أهمها وأكثرها حضورا بالنسبة للعمليات المؤدية الى تكوين طقس الأرض ومناخها بالإضافة إلى إن أشكال الطاقة الأخرى تبقى ضئيلة نسبيا وستتحول بعملية أو أخرى إلى طاقة حرارية، وفي نهاية المطاف إلى طاقة إشعاعية تشعها الأشياء والأجسام التي تمتصها كما هو مبين في ما يلي

طاقة شمسية إشعاعية ← طاقة حرارية (محسوسة + كامنة) اشعه تحت الحمراء

حرارة كامنة ← حرارة محسوسة ← أشعة تحت الحمراء

طاقة كامنة طاقة حركية ← طاقة حرارية ← أشعة تحت الحمراء

طاقة كيميائية طاقة حرارية ← أشعة تحت الحمراء

(3-14) قوانين الإشعاع (Radiation Laws) :

لفهم عمليات إشعاع الطاقة وامتصاصها (استشعاعها) وإبرازها بشكل كمي لا بد لنا من معرفة قوانين الضابطة والتي يمكن حسابها وتعرف هذه القوانين بقوانين الإشعاع ولتوضيح هذه القوانين وتسهيل استخدامها يجب الانطلاق من معيار مثالي تنطبق عليه هذه القوانين ومن تصميمها لذلك افترض العلماء وجود أجسام حرارية مثالية تمتص الطاقة الإشعاعية الساقطة عليها وتشعها في أقصى طاقة ممكنة وعرفت هذه الأجسام بالأجسام السوداء (black bodies) وهي أجسام افتراضية تمتص أمواج الطاقة الإشعاعية الساقطة عليها كلها دون أن تعكسها أو تنفذها خلالها وتشعها في أقصى كمية عند أي درجة حرارة لها وفي جميع الأطوال الموجبة ولأتدل تسميتها بالسوداء للدلالة على لونها وانما للدلالة على أن أجسامها كتيمة الإشعاع (Opaque) وبتطبيق قوانين الإشعاع يمكن تحديد ميزات الأجسام السوداء وغيرها وكيفية تصرفها. ان قوانين الإشعاع كثيرة لكننا سنحصر اهتمامنا بالقوانين الرئيسية والمهمة في دراسة الطقس والمناخ.

أولا :

وفقا لقانون ستيفان بولتزمان تتناسب كمية الطاقة الإشعاعية (E) التي تشعها وحدة المساحة (1 cm^2) من سطح الجسم الأسود طرديا مع القوة الرابعة لدرجة حرارتها المطلقة (T_k^4) خلال وحدة الزمن (1min) :

$$E = \sigma T_k \cdot e \cdot 4 \text{ Cal/cm}$$

حيث σ = ثابت ستيفان بولتزمان ($8.123 \cdot 10^{11} \text{ cal}$) وتعاادل ($5.67 \cdot 10^{-12}$)

watt/cm^2)

T_k = درجة الحرارة الكلفانية وتساوي درجة الحرارة المئوية (272.15°).

E = معامل الإشعاعية (Emissivity) ويساوي واحد عند الأجسام السوداء ويقبل عن الواحد عند بقية الأجسام غير السوداء والمعروفة بالأجسام الرمادية (grebodies) التي تشع طاقتها بشدة اقل من الأجسام السوداء وعند كل أطوال الأمواج وعند أي درجة.

ويبين الجدول (2-3) قيمة (E) لبعض المواد وهي نسبة مئوية مما تشعه

الأجسام السوداء :

ت	المادة	معامل الاشعاعية (E)
1	جلد الإنسان	98%
2	الماء الصافي	95%

%96	الجليد	3
%92	الرمل الجاف	4
%85	الثلج	5
%92	الأسمنت	6

جدول رقم (2-3)
قيمة معامل الإشعاعية (E) لبعض المواد.

ثانياً :

وفقاً لقانون وين للإزاحة (Wien Displacement Law) الذي اقترحه العالم ولهالم وين فإن للجسم الأسود طول موجة إشعاعية معينة يشع عندها طاقته الإشعاعية القصوى ويتناسب طول هذه الموجة عكسياً مع درجة حرارة الجسم فكلما ازدادت درجة حرارة الجسم كلما انزاح طول الموجة التي يطلق عندها طاقته القصوى نحو أطوال الأمواج القصيرة كما هو مبين بالشكل ويكتب قانون وين بالشكل التالي :

$$\lambda_{max} = \frac{2898}{T_K}$$

حيث أن: λ_{max} = طول الموجة التي يطلق عندها الجسم أقصى طاقة إشعاعية له.

T_K = درجة الحرارة الكلفانية.

ثالثاً :

وفقاً لقانون وين الثاني (WeinsScond Law) تتناسب شدة الطاقة الإشعاعية القصوى التي تشعها وحدة المساحة (1cm^2) من الجسم الأسود خلال وحدة الزمن (1minut) طردياً مع القوة الخامسة لدرجة حرارتها الكلفانية أي :

$$E_{max} = CT_K^5 \text{ Cal}$$

حيث أن: C = ثابت وين ويعادل ($1.8435 \times 10^{-14} \text{ cal/cm}^2$) ويعادل ($1.288 \times 10^{-11} \text{ watt/m}^2$).

رابعاً :

وفقاً لقانون كيرشوف فإن ماتشعه الأجسام من طاقة إشعاعية (E) إلى ما تمتصه منها (A) تتوقف على طول الإشعاع ودرجة حرارة الجسم (T) فقط :

$$F(\lambda, T) = \frac{E}{A}$$

وينص قانون كيرشوف أيضاً "إن الأجسام جيدة الامتصاص للأمواج طاقة إشعاعية معينة فإنها في الوقت نفسه جيدة في إشعاعها وبالمقابل فالأجسام رديئة الامتصاص للأمواج طاقة إشعاعية فإنها أيضاً رديئة في إشعاعها وبالتالي يجب أن تكون إشعاع الأجسام لأطوال أمواج (E_λ) معينة مساوياً لامتصاصيتها (A_λ):

$$A_\lambda = E_\lambda$$

لذلك فالأجسام التي تتصرف كأجسام سوداء تشع طاقة إشعاعية أكثر من غيرها من الأجسام لأنها تقوم بامتصاص الأمواج الإشعاعية الساقطة عليها كلها، وتعود وتشتعها في أقصى كمياتها تبعاً لدرجة حرارتها وطول الأمواج الإشعاعية.

(3-15) الأجسام انتقائية الامتصاص

:(Selective Absorbing Bodies)

مع انه لا يوجد في الطبيعة أجسام سوداء كاملة فيمكننا إلى حد كبير نعد الشمس والأرض وكثير من الأشياء حولنا خاصة تلك الكثيمة للأشعة كأنها أجسام سوداء تنطبق عليها قوانين الإشعاع المذكورة. لكن بالمقابل يوجد الكثير من الأجسام حولنا بما فيها الغلاف الجوي لا تتصرف كأجسام سوداء لأنها لا تمتص أمواج الطاقة الإشعاعية الساقطة عليها كلها وإنما تمتص بعضها وتنفذ غيرها بعضها منها وتعكس بعضها الآخر لذلك تعرف هذه الأجسام بأنها انتقائية الامتصاص ويعد الزجاج مثالا نموذجيا لها إذا انه يعكس جزء من الأمواج الإشعاعية الساقطة عليه ويمتص بعضا من الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية وينفذ طيف الأشعة المرئية كله، وكذلك تفعل صفائح البلاستيك الشفافة وكل الأجسام الصلبة الملساء والشفافة والماء والسوائل جميعها والأبخرة والغازات ويعد الثلج مثالا مثيرا لهذه الأجسام فلونه الأبيض الناصع يدل على قدرته على عكس أمواج مدى الأشعة المرئية البيضاء كلها وقد لوحظ إن التعرض المفرط للأشعة المرئية المنعكسة من سطح الثلج تؤدي إلى ما يعرف بالعمى الثلجي (Snow Blindness) المؤقت لذلك تنحصر قدرة الثلج في امتصاص أمواج الأشعة تحت الحمراء فقط وبالتالي فإنه مشع جيد لها.

ومن وجهة النظر المناخية يعد الغلاف الجوي أهم هذه الأجسام حيث تقوم بعض غازاته مثل الأوكسجين والأوزون وثاني اوكسيد الكربون وبخار الماء وثنائي اوكسيد النترورز والأوزون وغيرها بامتصاص انتقائي لبعض الأمواج الإشعاعية الشمسية والأرضية دون غيرها بينما في الوقت نفسه يسمح الغلاف الجوي بعبور البعض الآخر وذلك مما يؤثر على الطاقة الإشعاعية الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض وبالتالي على مجريات الطقس والمناخ وسنقوم فيما بعد بدراسة تأثير الغلاف الجوي في هذه الأمور بالتفصيل.

يتضح لنا وفقا لقانون كيرشوف أن هذه الأجسام قادرة على إشعاع أمواج الطاقة الإشعاعية التي امتصها ولا قدرة لها في إشعاع أمواج الطاقة الإشعاعية التي لم تمتصها بالإضافة إلى ذلك لا تشع أمواج الطاقة التي امتصها بكفاءة الأجسام السوداء، لذلك لا تعد هذه الأجسام أجساما سوداء ولكن مع ذلك وخلال الاستخدامات العامة التي لا تقضي دقة كبيرة يمكننا التعامل معها حيث إشعاعها لأمواج الطاقة

التي امتصتها عند درجة حرارتها كأنها أجسام سوداء إلى حد مقبول كما هو مبين في الجدول (3-3) :

معامل الإشعاعية (E)	الجسم	معامل الإشعاعية (E)	الجسم	ت
%90 - %91	الصحراء	%98	جلد الإنسان	1
%90	الأعشاب الطويلة	%95	الماء	2
%90	الحقول والشجيرات	%82- %99.5	الثلج الجديد	3
%90	الغابات المخروطية	%96	الجليد	4
%90	أوراق النباتات	%92	الأسمنت	5
%97 - %98	الصخور	%92	الرمال الجاف	6

جدول (3-3)

قيمة معامل الإشعاعية (E) لبعض المواد الأخرى.

(3-16) مميزات الطاقة الإشعاعية الشمسية والأرضية :

باستخدام قوانين الإشعاع يمكننا أن نحدد بعض المميزات الهامة لكل من الطاقة الإشعاعية الشمسية والأرضية علماً بأن درجة الحرارة سطح الشمس تعادل (5800k) ودرجة حرارة سطح الأرض تعادل (288k) فاستناداً لقانون وين للإزاحة :

$$\lambda_{max} = \frac{2898}{T_K}$$

نلاحظ أن طول الأمواج الكهرومغناطيسية التي يشع عندها سطح الشمس معظم طاقتها الإشعاعية تعدل (0.5µm) لذلك فإنها تعرف بالطاقة الشمسية الإشعاعية قصيرة الأمواج (Short Solar Radiaion) بينما يبلغ طول الأمواج الكهرومغناطيسية التي تشع عند سطح الأرض معظم طاقتها الإشعاعية (10µm) لذلك فإنها تعرف بالطاقة الأرضية الإشعاعية طويلة الأمواج والحقيقة إن 99% من طيف أمواج الطاقة الإشعاعية الأرضية بين (3-100 µm) ضمن طيف الأشعة تحت الحمراء الطويلة الأمواج واستناداً إلى قانون وين الثاني :

$$E_{max} = 1.8435 \times 10^{-14} \times T_K^5$$

تبلغ الطاقة القصوى التي يشعها (1cm²) من سطح الشمس حوالي (121*10³ ly/min) بينما لا تزيد كمية الطاقة القصوى التي يشعها (1cm²) من سطح الأرض عن (0.03653 ly/min) بذلك فإن ما تشعه وحدة المساحة من سطح الشمس عن طاقة إشعاعية قصوى أشد مما تشعه وحدة المساحة من سطح الأرض من طاقة إشعاعية قصوى بحوالي (3.313*10³)، ووفقاً لقانون ستيفان بولتزمان :

$$E = 80123 \times 10 \times T_K^4$$

فإن مجموع ما يشعه (1cm²) من سطح الأرض، (0.56 ly/min). ولا بد من ملاحظة أن الطاقة الإشعاعية الشمسية تصدر من سطح الشمس منطلقة عبر الفضاء داخلية إلى سطح الأرض عبر الغلاف الجوي، لذلك عادة ما تعرف بـ (الأشعة الشمسية الداخلة Income Solar Radiation) وبما أن سطح الأرض والأجسام التي عليه تتعرض لهذه الأشعة وتمتصها أي تستشعها أو بكلمة أخرى تتشمس بها لذلك تعرف هذه الأشعة الشمسية الداخلة بالتشميس (Insolation) وهذه التسمية مشتقة من عبارة (Income Solar Radiation) اختصاراً لها، والطاقة الإشعاعية الأرضية التي تنطلق من سطحها عابرة غلافها الجوي إلى الفضاء الخارجي تعرف بالأشعة الأرضية الخارجة (Outgoing Trrestrial Radiation) أو العائدة (Terrsteial Back Radiation).

(3-17) تأثيرات الغلاف الجوي كجسم انتقائي الامتصاص للطاقة

الإشعاعية :

من وجهة النظر المناخية يعد الغلاف الجوي أهم الأجسام انتقائية الامتصاص للطاقة الإشعاعية الشمسية والأرضية إذ تقوم بعض غازاته بدور الماصات الانتقائية بكفاءه عالية ففي طبقات الجو العالية حوالي (90km) تقوم جزيئات الأوكسجين (O_2) بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة والبعيدة التي تتراوح أطوال أمواجها بين (10-100nm) وتقوم جزيئات الأوكسجين (O_3) عند ارتفاع يتراوح بين (10-200) 55km بامتصاص أمواج الأشعة فوق البنفسجية البعيدة والقريبة المحصورة بين (200-320nm)، وبعض أمواج الأشعة تحت الحمراء يناهز طولها (960nm) .

وعند الارتفاعات التي تقل عن (10km) تقوم جزيئات بخار الماء (H_2O) بامتصاص معظم أمواج مدى الأشعة تحت الحمراء الأرضية بين (8000-1000nm) والتي تزيد عن (12000nm) أيضا كما تقوم جزيئات ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) بامتصاص أمواج هذه الأشعة عند (4000nm) وبين (13000-17000nm) وتقوم جزيئات الميثان (CH_4) بامتصاص الامواج ذات الطول (2500nm) و (7000nm) وجزيئات النترو (NO_2) عند (400nm) و (7000nm) لذلك يمكننا أن ندع هذه الغازات بـ (الغازات الحرارية) ولا تستطيع هذه الغازات امتصاص أمواج الأشعة الأرضية تحت الحمراء المحصورة بين (8000-1400nm) والى حد ما بين (4000-6000nm) وبين (17000-21000nm)، فتنتقل هذه الأمواج عابرة الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي لذلك فأنها تدعى نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric Windows).

عندما تمتص الغازات الحرارية وعلى رأسها (CO_2) وبخار الماء (H_2O) الأشعة الأرضية تحت الحمراء وتمنعها من الانطلاق إلى الفضاء الخارجي تزداد حرارتها وتزداد طاقتها الحركية وتصادماتها العشوائية مع بعضها البعض ومع ما يحيط بها من جزيئات غازية، مولدة طاقة حرارية إضافية (طاقة حرارية ذاتية)، ونتيجة لذلك تتسخن الأجزاء السفلى من الغلاف الجوي، وتشتع طاقة إشعاعية تحت الحمراء إلى سطح الأرض متسخنة، وتتوالى هذه العملية الإشعاعية وبذلك تشكل الغازات الحرارية طبقة عازلة حول الأرض تمنع جزءاً من أمواج الأشعة الأرضية تحت الحمراء من الانطلاق إلى الفضاء، وبذلك فإنها تشكل ما يعرف بظاهرة "الإحتباس الحراري". ولقد بينت الدراسات أنه لولا وجود (CO_2) وبخار الماء (H_2O) لكان متوسط درجة حرارة سطح الكرة الأرضية حوالي (20) مئوية أو أقل بحوالي (35) مئوية عما هي عليه حالياً.

تدعى عملية امتصاص الغازات الحرارية لأمواج الأشعة الأرضية تحت الحمراء عملية "تأثير الغلاف الجوي (Atmospheric Effect)". لكنها في الماضي كانت تدعى "تأثير البيوت الخضراء (Greenhouses Effect)"، حيث كان يعتقد أن تسخين الهواء في البيوت الخضراء أو البلاستيكية لأمواج الأشعة الشمسية المرئية البيضاء بعبورها، لكنها في الوقت نفسه تمنع أمواج الأشعة الأرضية تحت الحمراء من مغادرة البيوت الخضراء. لكن تبين فيما بعد أن ذلك غير صحيح وأن تسخين هواء البيوت الخضراء يعود إلى ركود وعدم امتزاجه مع الهواء البارد خارجها، كما تقوم الغيوم المنخفضة بامتصاص معظم أمواج الأشعة الأرضية تحت الحمراء بما فيها المحصورة بين (8000-14000nm)، وتعود وتشتعها مرة أخرى باتجاه سطح الأرض فيمتصها ويتسخن بها ثم يعود ويشعها مرة أخرى إلى الغيوم وهكذا، لكن في الوقت نفسه فإن الغيوم سيئة الامتصاص لأمواج الأشعة الشمسية المرئية البيضاء لذلك فإننا نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة في أيام الشتاء ولياليها المقيمة وانخفاضها في الأيام الصحوه ولياليها، ويقدر مجموع ما تمتصه الغيوم وجزيئات الهواء من الشمس الواصل إلى قمة الغلاف الجوي بحوالي (19%)، بالإضافة إلى ذلك، تقوم الغيوم بعكس حوالي (20%) من الشمس الواصل إلى قمة الغلاف الجوي، كما تعكس جزيئات الهواء حوالي (6%) منه، بينما لا يعكس سطح الأرض سوى (4%) منه بالمعدل.

(3-18) الأشعة الشمسية المتوازية:

تنطلق الأشعة الشمسية من سطح الشمس متجانسة ومتماثلة في جميع الاتجاهات مشكلة كرة إشعاعية مركزها الشمس تزداد اتساعاً مع الابتعاد عنها في الفضاء الكوني، لكن مع ذلك ينظر للأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض على أنها أشعة متوازية، لأنه بسبب صغر المسافة بين الأرض والشمس من جهة، وبسبب ضالة طول قطر الأرض بالنسبة للشمس من جهة أخرى، يظل انفرج الأشعة الشمسية المشكلة للخدمة الإشعاعية الساقطة على سطح الأرض مهملاً وتعتبر الأشعة الساقطة متوازية.

(3-19) التشميس الواصل إلى الأرض:

تطلق الشمس كميات هائلة من الطاقة الإشعاعية الكهرومغناطيسية وكما لاحظنا فإن ما يشعه (1cm^2) من سطح الشمس على شكل كرة إشعاعية متزايدة الاتساع تتناقص شدتها ولا يصل إلى الأرض سوى النذر اليسير وذلك لأن شدة الطاقة الإشعاعية الشمسية تتناسب عكساً مع مربع المسافة التي تقطعها الأمواج الشعاعية في الفضاء:

$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

$$I = k \frac{1}{d^2}$$

I = مقدار أو شدة الطاقة الإشعاعية الواصلة.

d = المسافة بين الجسم المشع (الشمس) والجسم المستشع (الأرض)،

k = ثابت.

واستناداً لذلك فعند وصول الطاقة الإشعاعية الشمسية إلى المدى الذي تقع عنده الأرض (سطح الكرة الإشعاعية التي تقع عندها الأرض) تصبح شدتها أقل من (2 ly/min) وقد رأينا فيما تقدم انه بمكاننا تسمية الطاقة الشمسية الإشعاعية الداخلة إلى سطح الأرض (Income Solar Radiation) بالشمس (Insolation) ومع وجود الغلاف الجوي للأرض تميل دراسات عديدة إلى تسمية الشمس الواصل إلى قمة الغلاف الجوي (الطاقة الإشعاعية فوق الأرضية) (Extra Terrestrial Radiation) لتميزه عن التشميس الواصل إلى سطح الأرض.

ويمكن حساب مقدار الطاقة الشمسية أو التشميس الواصل إلى وحدة المساحة من سطح يقع عند قمة الغلاف الجوي يتعامد مع الأشعة الشمسية خلال دقيقة واحدة من الزمن بمعرفة الطاقة الإشعاعية التي تشعها الشمس وقسمتها على مساحة الكرة الأرضية الإشعاعية التي شكلتها الأشعة الشمسية والتي تقع عند سطح الأرض :

$$I_{\circ} = \frac{\sigma T^4 \cdot 10^{-11} (4\pi r_s^2)}{4\pi d^2}$$

I_0 = مقدار التشميس الواصل.

σ = ثابت ستيفان (8.123×10^{-11}).

T = درجة حرارة الشمس (5800k).

r_s = نصف قطر الشمس (6955×10^7 cm).

d = البعد بين الأرض والشمس أو نصف قطر الكرة الإشعاعية التي تقع

الأرض عند سطحها (149.6×10^{11} cm) ،

وبالتعويض بالمعادلة:

$$\frac{8.132 \times 10^{-11} \times (5800) \times 3.14 \times (6955 \times 10^7)^2}{4 \times 3.14 \times (149.6 \times 10^{-11})} = 1.989 \text{ ly/minute}$$

ومن هذه المعادلة يمكن حساب قيمة الثابت (k) في المعادلة اذ يساوي (4.4504*10²⁶ ly/minute) ويهتم المناخيون والرصاد الجويون والعاملون في مجال الطاقة الشمسية بقياس هذا المقدار من الطاقة الشمسية (التشميس) الواصل الى سطح الأرض وحسابه بدقة لأنه يشكل الأساس لحسابات الطاقة الشمسية والقوانين الناظمة لها ويعد معيارا لها وقد اتفق عالميا على تسميته ب"الثابت الشمسي" (Solar Constant) ..

وفي قياسات مباشرة وأكثر دقة استخدمت فيها الطائرات والبالونات والأقمار الصناعية المحملة بأجهزة قياس متطورة أجريت فوق الغلاف الجوي للأرض تبين أم قيمة الثابت الشمسي تعادل (1.94±%1.5 watt/m²) وقد تبنت عام (1971) م كل من وكالة ناسا (nasa) واللجنة الأميركية لفحص المواد (American Society For Testing Materials) هذه القيمة وما زالت متبناه من معظم الباحثين في العالم مع ذلك أعاد العالم فروهليس عام (1977) م فحص لقياسات التي استخدمت في تحديد هذه القيمة للثابت الشمسي وتحليلها وادخل في تحليله قياسات أجريت بواسطة القمرين الاصطناعيين نيمبوس (Nimbus) ومارينر (Marinar) ونتيجة لذلك اقترح أن تكون قيمة الثابت الشمسي (1.968±%1.5 watt/m²) واستنادا إلى ما تقدم يمكن أن نعرف "الثابت الشمسي" بأنه مقدار الطاقة الإشعاعية (التشميس) الواصل الى وحدة المساحة (1cm²) من سطح يتعامد مع الاشعة الشمسية يقع عند قمة الغلاف الجوي او عند سطح الأرض بافتراض عدم وجود الغلاف الجوي خلال وحدة زمن (1 minut) عند معدل البعد بين الأرض والشمس (149.6*10⁶km) ويعادل (1.94ly/minute) او (1353watt/m²).

وباستخدام الثابت الشمسي يمكننا من حساب كمية الشمس (الطاقة الشمسية الإشعاعية) الكلية الواصلة إلى قمة الغلاف الجوي باعتبار إن مقطع سطح الأرض المعرض للأشعة الشمسية بشكل دائرة وينقسم مقدار الشمس الواصل الى هذه الدائرة على مساحة الكرة الأرضية نحصل على متوسط ما تتلقاه او ما تستشعها وحدة المساحة (1cm²) من سطح الأرض خلال وحدة الزمن (1min) وذلك كما يلي :

$$I_{\circ} = \frac{\pi r^2 * 1.49}{4\pi r^2} = 0.485$$

اعتقدت بعض الدراسات فيما مضى ان قيمة الثابت الشمسي تتعرض لتغيرات دورية تتراوح بين(2%-0.5±). تتبعا لنشاط البقع الشمسية ودورتها كل (11) سنة فمن هذه الدراسات ما اقترح وجود علاقة عكسية بين مقدار الثابت الشمسي وعدد البقع الشمسية إذ انه يزداد مع قلتها ويتناقص مع ازدياد عددها ولكن بينت الدراسات اللاحقة فيما بعد عدم وجود اي علاقة بين مقدار الثابت الشمسي ودورة البقع الشمسية وبسبب قوة حقولها المغناطيسية وما يصاحبها من كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية (u.v) ينحصر تأثير البقع الشمسية في الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة (EUV) التي تقع أطوالها عن (0.2m) وهذه لا تحمل طاقة حرارية وبذلك فان أكثر من 99% من أمواج الطاقة الشمسية الإشعاعية يقع بين(0.2-1000M) ولا تتأثر بالبقع الشمسية وبذلك يمكن اعتبار الطاقة الشمسية الإشعاعية ثابتة المقدار. وختمت منظمة الأرصاد الجوية العالمية (MWO) هذا الموضوع بإعلانها بان للبقع الشمسية دورات منتظمة تقريبا تحصل كل (11-22) سنة ولكن لا يوجد دليل حاسم على ان لهذه البقع الشمسية ودورانها تأثير في مقدار الطاقة الشمسية الإشعاعية الواصلة إلى الأرض بالإضافة إلى ذلك تجدر الملاحظة إن التغيرات المقترحة في مقدار الثابت الشمسي يساوي (±1-2%) لا تتجاوز مقدار الأخطاء المحتملة في عمليات القياس لذلك وفي ضوء ما تركته الدراسات الأخيرة يمكننا اعتبار قيمة الثابت الشمسي ثابتا إلى إن تظهر قياسات موثوقة في المستقبل تقترح خلاف ذلك.

الفصل الرابع

الغلاف الجوي الارضي وتغيرات المناخ