2.10 تأثير الغلاف الجوي:

الموجات ذات الأطوال الموجية القصيرة جدا مثل أشعة X وأشعة كاما، يتم امتصاصها في طبقة الأيونوسفير (Ionosphere) عند ارتفاعات عالية جدا. أما الموجات الأطول نسبيا في المنطقة فوق البنفسجية يتم امتصاصها بواسطة طبقة الأوزون علي ارتفاع يتراوح من 15 إلي 40 كيلومتر فوق سطح الأرض.

نظرًا لأن قوة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض لا يتم توزيعها بالتساوي عبر الطيف الكهرومغناطيسي، بالإضافة إلى الإشعاع الشمسي الإجمالي (TSI)، فإن قياس الإشعاع الشمسي الطيفي (SSI) ضروري أيضًا، خاصة أنه يتفاعل مع المواد والعمليات المختلفة. على سطح الأرض والغلاف الجوي بطرق مختلفة. سيسمح الإشعاع الشمسي الطيفي للعلماء بفهم وحل العلاقات بين الأطوال الموجية المختلفة لضوء الشمس وخصائص المواد التي تتفاعل معها بشكل مناسب، ويمكن أن يكون بمثابة الأساس لاسترجاع الكميات البيوفيزيائية لمختلف المواد والظواهر عن طريق الاستشعار عن بعد، أيضًا كما يتم معايرة العديد من الأدوات المستخدمة لمثل هذه القياسات. يمثل SSI المقاس في الجزء العلوي من الغلاف الجوي (TOA) والمتكامل عبر 200-2400 نانومتر 97٪ من TSI.

تتأثر كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الأرض بعدة عوامل تتعلق بالظروف الجوية والجغرافية والكونية. هذه العوامل تؤثر على شدة الإشعاع وكمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض. فيما يلي أهم العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي:

1. **المسافة بين الأرض والشمس:** تتغير المسافة بين الأرض والشمس خلال السنة بسبب الشكل البيضاوي لمدار الأرض حول الشمس. عندما تكون الأرض أقرب إلى الشمس (في نقطة الحضيض) تزداد كمية الإشعاع الشمسي، وعندما تكون بعيدة (في نقطة الأوج) تقل كمية الإشعاع لكن هذا التغير طفيف جدًا.

2. **زاوية ميل أشعة الشمس:** زاوية ميل الأشعة الشمسية على سطح الأرض تؤثر بشكل كبير على كمية الإشعاع الذي يصل إلى السطح. عندما تكون الشمس عمودية أو شبه عمودية (زاوية كبيرة) تكون كمية الإشعاع أكبر، أما عندما تكون الشمس منخفضة في السماء (زاوية صغيرة) فإن كمية الإشعاع تقل. لذلك تختلف الكميات حسب الوقت من اليوم وفصول السنة وخط العرض.

3. **الارتفاع عن مستوى سطح البحر:** كلما زاد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، تقل كثافة الغلاف الجوي، مما يعني أن كمية أقل من الإشعاع الشمسي تُمتص أو تتشتت، وبالتالي تزداد كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى المناطق المرتفعة.

4. **الطقس والغلاف الجوي:** الغلاف الجوي يلعب دورًا رئيسيًا في تقليل كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض. العوامل التي تؤثر على هذا تشمل:

   - **السحب** :السحب تعمل على حجب أو تشتيت الإشعاع الشمسي، مما يقلل من كمية الإشعاع المباشر ويزيد من الإشعاع المنتشر.

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

- **الرطوبة** :زيادة الرطوبة في الجو يمكن أن تزيد من عملية الامتصاص والتشتت للإشعاع الشمسي.
- **الغازات الجوية** :بعض الغازات مثل الأوزون وثاني أكسيد الكربون تعمل على امتصاص الإشعاع الشمسي في أجزاء معينة من الطيف، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية.
- **الجسيمات العالقة (Aerosols)**: الجسيمات مثل الغبار والدخان والبخار يمكن أن تعكس وتشتت الأشعة الشمسية وتقلل من كمية الإشعاع الذي يصل إلى سطح الأرض.

- يتطابق طيف الإشعاع الشمسي إلى حد كبير مع طيف الجسم الأسود (ولكن فقط في الجزء العلوي من الغلاف الجوي).
- - وبمجرد أن يخترق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي، يتأثر الطيف بوجود الغازات. - على سبيل المثال، يقلل الأوزون (O3) بشكل كبير من الأشعة فوق البنفسجية.

الغلاف الجوي للأرض يعمل على امتصاص وتشتت بعض المكونات الضارة من الإشعاع الشمسي، خاصة الأشعة فوق البنفسجية. طبقة الأوزون في الغلاف الجوي تمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية الضارة.

عندما يدخل الإشعاع إلى الغلاف الجوي؛ وقبل أن يصل إلى سطح الأرض يصطدم بجزيئات الغاز وجزيئات الغبار العالقة والهباء الجوي. وقد تحدث ثلاثة تفاعلات أساسية في الغلاف الجوي وهي: الامتصاص والنفاذ والتشتت. ثم ينعكس الإشعاع المنقول أو يمتصه الأجسام الموجودة على سطح الأرض. التشتت: يحدث التشتت عندما تتفاعل الجسيمات أو جزيئات الغاز الكبيرة المتناثرة في الغلاف الجوي ويؤدي هذا التأثير على الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى انحرافه عن مساره الأصلي. يعتمد مقدار التشتت على العديد من العوامل بالإضافة إلى الطول الموجي للإشعاع، ووفرة الجسيمات أو الغازات، وبالتالي المسافة التي يقطعها الإشعاع عبر الغلاف الجوي. هناك ثلاثة أنواع من التشتت قد تحدث:

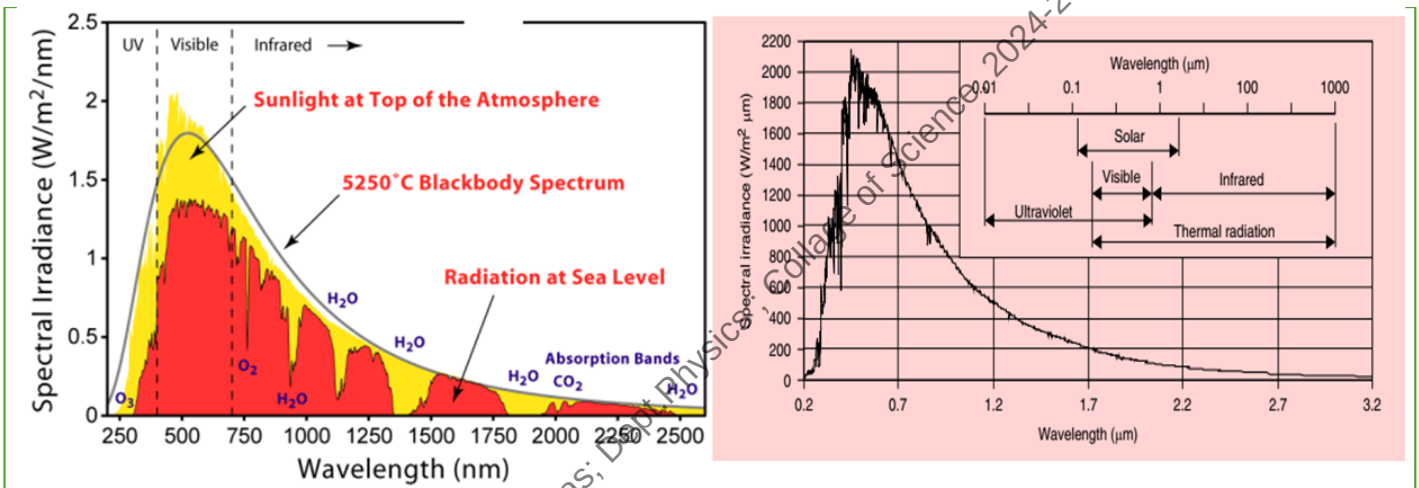
أ. تشتت رايلي Rayleigh scattering يشير تشتت رايلي إلى تشتت انتقائي أو تشتت جزيئي. ويتكون في الغالب من التشتت الذي يحدث عندما يتفاعل الإشعاع مع الجزيئات والجسيمات في الغلاف الجوي. ويظهر ذلك عندما يكون قطر الجسيمات التي تؤدي إلى التشتت أصغر جداً (أقل من عُشر) من الأطوال الموجية للإشعاع المتفاعل مع الجسيمات المختلفة. وتشتت الجسيمات الدقيقة الموجودة في الغلاف الجوي الأطوال الموجية الأقصر بشكل إضافي مقارنة بالأطوال الموجية الأطول. يتناسب تأثير التشتت أو كثافة الضوء المتناثر تناسبًا عكسيًا مع الطاقة الرابعة من الطول الموجي لتشتت رايلي.

ب. تشتت مي Mie Scattering النوع الثاني من التشتت هو تشتت مي الذي يظهر عندما تكون الأطوال الموجية للطاقة مساوية لقطر جزيئات الغلاف الجوي. في هذا النمط من التشتت، تتشتت الأطوال الموجية الأطول بالإضافة إلى تشتت رايلي كما في الشكل أدناه. في تشتت Mie، تختلف شدة الضوء المتناثر مع معكوس الطول الموجي. يحدث تشتت مي

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

أحيانًا بسبب جزيئات الهباء الجوي مثل الغبار والدخان وحبوب اللقاح. تكون جزيئات الغاز داخل الغلاف الجوي صغيرة للغاية بحيث لا تسبب تشتت إشعاع مي.

ت. التشتت غير الانتقائي Non-Selective Scattering النوع الأخير من التشتت هو التشتت غير الانتقائي الذي يحدث عندما تكون أقطار جسيمات الغلاف الجوي أكبر بكثير (حوالي 10 أضعاف) من الأطوال الموجية التي يتم رصدها. تتسبب جسيمات مثل حبوب اللقاح وقطرات السحب وبلورات الجليد وقطرات المطر في حدوث تشتت غير انتقائي لجزء من الطيف الكهرومغناطيسي (الضوء المرئي). وفيما يتعلق بالضوء المرئي (الطول الموجي 0.4-0.7 ميكرومتر)، يحدث التشتت غير الانتقائي عادةً بسبب قطرات الماء التي يتراوح قطرها عادةً بين 5 و100 ميكرومتر. هذا التشتت غير انتقائي للطول الموجي، حيث تتشتت جميع الأطوال الموجية المرئية والأشعة تحت الحمراء بالتساوي مما يعطي لوناً أبيض أو ربما رمادياً للسحب.



اليمين :المنحني القياسي الذي يعطي الثابت الشمسي $13361W/m^2$ وموقعه في الطيف الكهرومغناطيسي.

اليسار : محاكاة الإشعاع الشمسي الطيفي في الجزء العلوي من الغلاف الجوي (Top of Atmosphere, ToA) وسطح الأرض. تشمل المناطق المختلفة من الطيف: الأشعة فوق البنفسجية (UV) ، والأشعة تحت الحمراء المرئية والقريبة (NIR) والأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة (SWIR). يشار إلى النطاق الذي يغطيه الإشعاع الشمسي الطيفي عادة بالخط المكسور في الأعلى. يشار إلى مناطق الطيف التي يتم فيها امتصاص الإشعاع من قبل مكونات الغلاف الجوي المختلفة ، بما في ذلك: الأوزون (O_3) والأكسجين (O_2) وبخار الماء (H_2O) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4).

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

الامتصاص Absorption هو فقدان الطاقة بواسطة الغازات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض. تمتص هذه الغازات الإشعاع الكهرومغناطيسي عند أطوال موجية محددة، عادةً بواسطة H_2O و O_3 و CO_2 في جزء معين من الطيف الكهرومغناطيسي. يتم امتصاص القليل من الطاقة (على سبيل المثال الضوء المرئي) بينما في أنواع أخرى مثل الأشعة فوق البنفسجية، يتم امتصاص كل الطاقة الموجودة تقريبًا. وتسمى أجزاء الطيف التي تمتصها غازات الغلاف الجوي بنطاقات الامتصاص، وهذا ليس مفيداً جداً للاستشعار عن بعد.

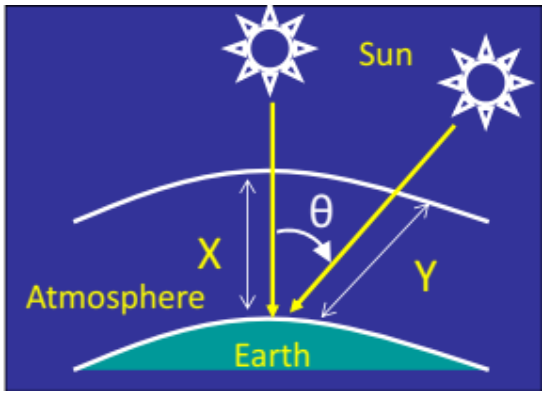
التطبيقات العملية:يستخدم طيف الإشعاع الشمسي في تصميم الألواح الشمسية لالتقاط الطاقة من الشمس. يساعد على فهم كيفية تأثير الإشعاع الشمسي على المناخ، والصحة البشرية، والبيئة.

انخفاض الإشعاع الشمسي بفعل الغلاف الجوي

عند مرور أشعة الشمس عبر الغلاف الجوي فإنها تتعرض لانخفاض في قيمتها نتيجة لامتصاص جزء منها أثناء مرورها في طبقات الجو المختلفة.

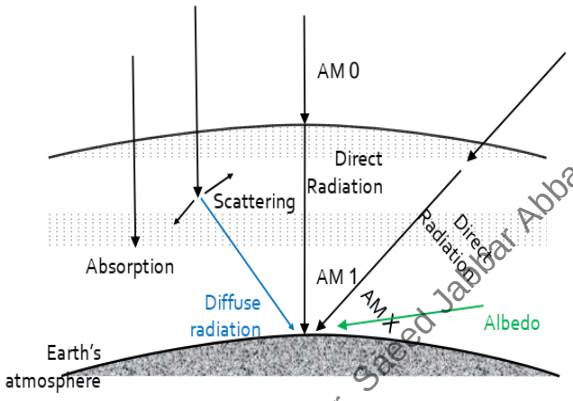
كتلة الهواء Air Mass (AM)

المسافة التي تقطعها أشعة الشمس في الغلاف الجوي للوصول إلى سطح الأرض



$$AM = \frac{Y}{X} \; or \; AM = \frac{1}{\cos\theta}$$

Θ is the zenith angle



عندما تميل الشمس فإن مسار الشعاع سيزيد بالمقارنة بالوضع الرأسي وفي هذه الحالة تزيد قيمة m عن الواحد، وبشكل عام يمكن حساب قيمة كتلة الهواء m من العلاقة اعلاه.خارج الغلاف الجوي تكون قيمة m مساوية للصفر وهذا يعني أن الشعاع لم تتغير قيمته.

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

في طبقات الجو الأقرب يتم امتصاص بعض من حزم الموجات تحت الحمراء بواسطة بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. الأشعة التي تصل إلي سطح الأرض تقع بشكل أساسي في مدي الأطوال الموجية من (2.5 -29)μm، علاوة علي ذلك فإن جزء من الأشعة يتعرض للتشتت والاعتراض من الهواء الجاف وبخار الماء وجزيئات الغبار العالقة. و كنتيجة لامتصاص الغلاف الجوي لجزء من الأشعة وتشتت الجزء الآخر فإن الطاقة المحملة في الأشعة تنخفض قيمتها قبل أن تصل إلي سطح الأرض، وتعتمد درجة النقص في الأشعة علي طول مسارها في الغلاف الجوي وكذلك طبيعة الغلاف الجوي في هذا المسار، ويتم التعبير عن طول المسار في الغلاف الجوي بما يعرف بكتلة الهواء ويرمز لها m وقيمتها تكون أقل ما

يمكن علي سطح الأرض عندما تكون الشمس في الاتجاه الرأسي مباشرة أي أن زاوية السمت $\theta_z = 0$, وعند ذلك تكون قيمة m تساوي 1.

Air Mass	AM0 (extra terrestrial)	AM1 (sun at overhead position)	AM1.5 (sun at about 48° from overhead position)	AM 2 (sun at about 60° from overhead position)
Solar Radiation reaching the Earth's surface (W/m^2)	1376	1105	1000	894

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

5. خط العرض: موقع المكان على الأرض يلعب دورًا مهمًا في تحديد كمية الإشعاع الشمسي. المناطق القريبة من خط الاستواء تتلقى إشعاعًا شمسيًا أكثر بسبب وقوع الشمس بشكل مباشر تقريبًا في معظم أيام السنة، بينما المناطق القريبة من القطبين تتلقى إشعاعًا أقل بسبب زاوية الشمس المنخفضة ومدة النهار الأقصر.

6. ميل محور الأرض ودورانها: ميل محور الأرض هو السبب الرئيسي لتغير الفصول. خلال الصيف في نصف الكرة الشمالي، يكون هذا النصف مائلًا نحو الشمس، مما يؤدي إلى زيادة كمية الإشعاع الشمسي، والعكس صحيح في الشتاء. هذا يؤثر على طول النهار وزاوية سقوط أشعة الشمس.

7. التضاريس (الانحدار والاتجاه): التضاريس الجغرافية تؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض. المنحدرات المواجهة للشمس (مثل الجبال المواجهة للشمس) تتلقى إشعاعًا أكبر من المنحدرات البعيدة عن الشمس.

8. الانعكاس السطحي::(Albedo) خصائص السطح الذي يستقبل الإشعاع الشمسي تؤثر على مقدار الطاقة الممتصة أو المنعكسة. الأسطح البيضاء أو اللامعة (مثل الثلج أو الرمال البيضاء) تعكس معظم الإشعاع الشمسي، بينما الأسطح الداكنة (مثل الغابات أو الأراضي الزراعية) تمتص كمية أكبر من الإشعاع.

9. الدورة الشمسية (النشاط الشمسي): النشاط الشمسي يتغير بمرور الوقت وفقًا لدورة الشمس التي تستغرق حوالي 11 عامًا. خلال الفترات التي يزيد فيها النشاط الشمسي، تزداد كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى الأرض بسبب زيادة البقع الشمسية والانبعاثات النشطة.

10. الوقت من اليوم: يختلف الإشعاع الشمسي على مدار اليوم، حيث يكون أعلى في منتصف النهار عندما تكون الشمس في أعلى نقطة لها في السماء وأقرب إلى الزاوية العمودية.