

10. تفاعل الطاقة مع مكونات الغلاف الجوي:

إن تأثير الغلاف الجوي يختلف باختلاف الفروق في أطوال مسارات الطاقة التي تستلمها وتسجلها أجهزة التحسس النائي وبطول الموجة، وذلك بسبب ميكانيكيات الإستطارة (التبعثر) والامتصاص في الجو.

1.10 الإستطارة (التبعثر) في الجو: تحدث ثلاثة أنواع من الإستطارة في طبقة الجو التروبوسفير وهي كالآتي:

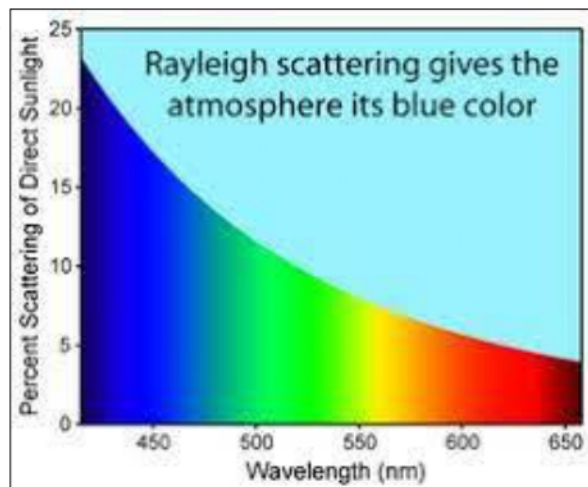
1. إستطارة رايلي (Rayleigh scatter):

عند مرور الضوء خلال وسط يحوي دقائق اصغر حجماً من الطول الموجي لهذا الضوء يحدث ما يسمى باستطارة رايلي Rayleigh Scattering، نسبةً الى اللورد رايلي الذي وجد ان شدة استطارة (تشتت) الأشعة المارة خلال وسط ما تتناسب عكسياً مع الاس الرابع للطول الموجي لهذه الأشعة، اي ان الطول الموجي الاقصر سيعاني تشتت اكبر من الطول الموجي الاطول.



شكل (9) استطارة رايلي

يحدث هذا النوع من الاستطارة في طبقة التروبوسفير بين الارتفاع (5-8) كيلومتر فوق سطح الارض ويعتمد هذا الانتشار على طول موجة الاشعاع المتفاعل حيث يزداد الانتشار مع نقصان الطول الموجي (علاقة عكسية)، كما موضح بالشكل 10.



شكل (10) سلوك استطارة رايلي

يتفاعل الأشعاع مع جزيئات الجو الصغيرة الحجم والتي هي أصغر بكثير في قطرها من طول موجة الاشعاع المتفاعل معها... ($R < \lambda$) مثل الغبار و N_2 و O_2 . أن أثر إستطارة رايلي يتناسب مع الأسس الرابع الطول الموجة. كالمعادلة أدناه:

$$\frac{1}{\lambda^4} = (\text{Rayleigh scatter}) \text{ رايلي إستطارة}$$

مثال:

$$\lambda_{\text{Violet}} = 0.38 \mu\text{m} \quad , \frac{1}{(0.38 \mu\text{m})^4} = (v) \text{ إستطارة رايلي للضوء البنفسجي}$$

$$\lambda_{\text{blue}} = 0.48 \mu\text{m} \quad , \frac{1}{(0.48 \mu\text{m})^4} = (\text{blue}) \text{ إستطارة رايلي للضوء الأزرق}$$

فالضوء الأزرق يستطار أو ينتشر اربع أضعاف الضوء الأحمر والاشعة البنفسجية بست عشرة مرة من الضوء الأحمر. كما في العلاقات الاتية:

$$\begin{aligned} \text{إستطارة رايلي للضوء الأزرق} &= 4 \text{ (إستطارة رايلي للضوء الأحمر)} \\ \text{إستطارة رايلي للضوء البنفسجي} &= 16 \text{ (إستطارة رايلي للضوء الأحمر)} \end{aligned}$$

إستطارة أو أنتشار الموجات القصيرة أكثر من إستطارة الموجات الطويلة. فالسماء الزرقاء هي أوضح دليل لإستطارة رايلي لأن أقطار جزيئات الجو هي تقريباً بطول الموجات الزرقاء.

ففي غياب الإستطارة سوف تبرز السماء سوداء وعند شروق الشمس وغروبها تبدو السماء برتقالية أو حمراء. ومع المسار الأطول يكون الإستطارة للموجات القصيرة تام مما يجعلنا نرى فقط الموجات الطويلة والاقل أنتشاراً أو استطارة للونين (البرتقالي والأحمر) هذا النوع من إستطارة مسؤول عن اللون الأزرق للسماء حيث تشتت الاشعاعات الزرقاء القصيرة من الطبقات العليا للتضفي اللون الأزرق على القبة السماوية. أما في وقت الفجر والغروب فتكون التشتت كامل للون الأزرق وتصل الأرض الالوان (الحمراء والبرتقالي).

أن استطارة رايلي هو أحد الاسباب الرئيسية لظاهرة الضباب من حيث الرؤيا فأن الضباب يقلل من شدة وضوح أو تباين الصورة الملتقطة من قبل أنظمة التحسس النائي. يمكن تقليل الضباب من الصورة باستعمال مرشح أمام عدسة الكاميرا التي لاتسمح بنفوذ الموجات القصيرة.

بأختصار:

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات العالقة في الجو أصغر من أطوال موجات الإشعاعات الساقطة ($R < \lambda$).
- تتناسب إستطارة رايلي عكسياً مع الاس الرابع لطول الموجة ($\text{Rayleigh scatter} = \frac{1}{\lambda^4}$).
- تحدث إستطارة رايلي في طبقة الجو العليا للتروبوسفير بين الارتفاع (5-8) كيلومتر ، وهو المسؤول عن ظهور السماء باللون الأزرق (السماوي) لأن الأشعة القصيرة ضمن الطيف المرئي (الأشعة الزرقاء) تستطار أكثر من الأشعاعات الطويلة. في ساعات الشروق والغروب تقطع الأشعة مسافة أطول عبر الغلاف الجوي وهذا ما يؤدي إلى إستطارة كاملة للأشعة القصيرة تاركا المجال لوصول كمية كبيرة من الأشعة طويلة الموجة (كالاشعة الحمراء والبرتقالي).
- تؤثر على الاطوال الموجية الأقل طولاً.
- يعد أحد الاسباب الرئيسية لحدوث ظاهرة الضباب.
- من الأسباب الرئيسية لهذه الإستطارة الغبار و N_2 و O_2 .

س/ لماذا تبدو السماء زرقاء نهاراً؟

إن السماء تظهر نهاراً باللون الأزرق لأن الجزيئات في الغلاف الجوي تشتت الضوء الأزرق القادم من الشمس، أكثر مما تشتت الضوء الأحمر، وعندما ننظر الى الشمس قبل الغروب نرى ضوء احمر-برتقالي وذلك لأن الضوء (الاطوال الموجية الطويلة) الذي يصل الى اعيننا يمر بمسار اطول في الغلاف الجوي، ويعاني تشتت اكبر ضمن الاطوال الموجية القصيرة. إذ يتكون ضوء الشمس خلال مدى واسع من الاطوال الموجية المرئية تتكون بمجموعها الضوء الابيض، تبدأ هذه الاطوال الموجية من الاحمر (موجة اطول) وتنتهي بالبنفسجي (موجة اقصر)، يمكن رؤية هذه الاطوال عند مرور الضوء الابيض خلال موشور (كما في تجربة نيوتن الشهيرة) مما ينتج عنه طيف ألوان شبيه بقوس قزح.

س/ ما الذي يسبب الاستطارة أو التشتت؟ الغبار ام الجزيئات؟

ان سبب الاستطارة هو دقائق الغبار وبخار الماء، واذا كان هذا صحيحاً لاختلف لون السماء اعتماداً على نسبة الرطوبة والغبار، لكن العلماء اقترحوا ان جزيئات الاوكسجين والنيتروجين توجد بكثرة في الغلاف الجوي بصورة تسمح بحدوث الاستطارة.

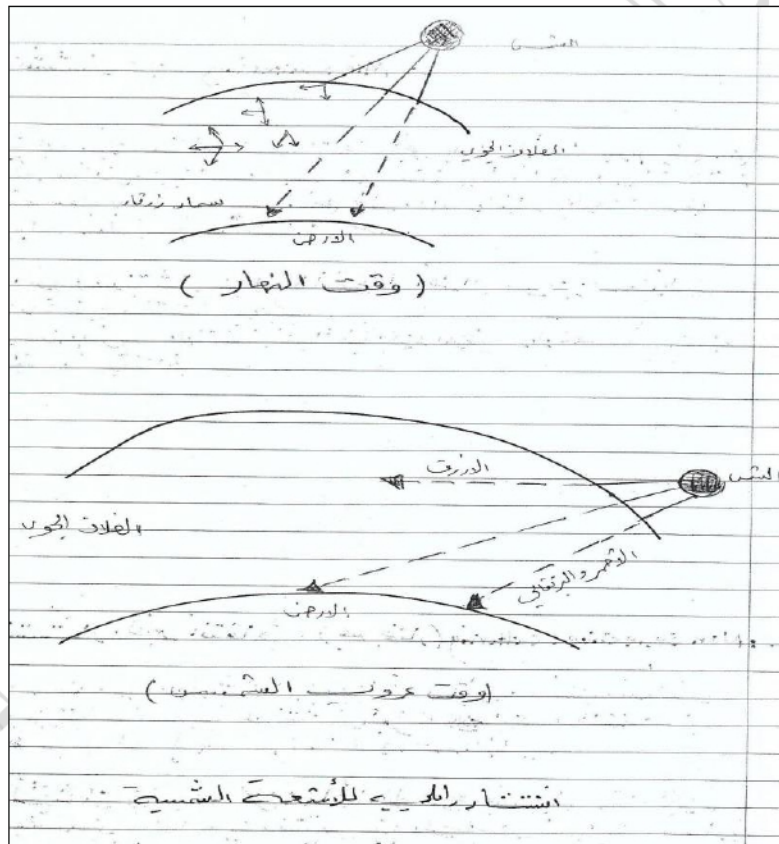
س/ اذا كانت الاطوال الموجية القصيرة تعاني تشتت اكبر، لماذا لا نرى السماء باللون البنفسجي؟ كونه يمتلك طول

موجي اقصر.

الضوء البنفسجي يشكل قسم صغير من الطيف الشمسي، لذا عند مرور ضوء الشمس خلال غلاف الارض الجوي يتم امتصاص الضوء البنفسجي بواسطة طبقات الجو العليا، لذا تصل لنا كمية قليلة من الضوء البنفسجي.

س/ علل تجنب معظم أنظمة التحسس النائي تحسس وتسجيل أطول الموجات في نطاق الموجات فوق البنفسجية ونطاق الموجات الزرقاء من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية.

ج/ يكون تحسس وتسجيل أطوال الموجات فوق البنفسجية والزرقاء صعب بسبب استطارتها وامتصاصها في طبقات الجو. فغاز الأوزون في الطبقات العليا للغلاف الجوي يمتص كثيرا من الأشعة فوق البنفسجية ذات طول موجة الأقل من (0.3 مايكرومتر) تقريبا، كما تؤثر استطارة رايلي على أطوال الموجات القصيرة بدرجة أكبر من تأثيره على أطوال الموجات الكبيرة مما يتسبب في كون بقية الأشعة فوق البنفسجية والموجات القصيرة الطول من الضوء المرئي (اللون الأزرق) ستنثر و تستطار بدرجة أكبر كثيرا من بقية أنواع الأشعة. وبالتالي فإن ما يتبقى من هذه الأشعة لا يستطيع الوصول والتفاعل مع أهداف سطح الأرض. في الحقيقة فإن الضوء الأزرق يستطار 4 مرات أكثر من الضوء الأحمر، بينما تبلغ استطارة الأشعة فوق البنفسجية التصويرية (UV) والضوء البنفسجي 16 مرة أكثر من الضوء الأحمر.



2. إستطارة مي (Mie Scatter):

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات في الجو مساوية لأطوال موجات الطاقة التي تصطدم بها ($R \cong \lambda$).
- يحدث هذا النوع في طبقة الجو الدنيا للتروبوسفير بين الارتفاع (0-5) كيلومتر. حيث تكثر الجزيئات الخشنة ويزداد أكثر ما يمكن في الأجواء الغائمة.
- تؤثر على الأطوال الموجية الأكثر طولاً.
- من الأسباب الرئيسية لهذه الإستطارة وجود جسيمات الغبار وبخار الماء العالقين في الجو.

3. الإستطارة غير الانتقائي (Nonselective Scatter):

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات المسببة للإستطارة أطول بكثير من أطوال موجات الطاقة الكهرمغناطيسية كالإستطارة الحاصلة بفعل قطرات الماء ($R > \lambda$).
- يحدث هذا النوع في طبقة الجو الدنيا للتروبوسفير بين الارتفاع (0-5) كيلومتر.
- يؤثر على كل الأطوال الموجية.
- سمي بالغير انتقائي على أساس عمله حيث ان نسبه الإستطارة في الضوء المرئي واحدة و متساوية و بالتالي يستطير اللون الازرق و الاخضر و الاحمر بنسب متساوية, فيكون اللون الابيض.
- يسبب عدم وضوح بالرؤيا وغيومها. لذا يبدو الضباب والغيوم بمظهر أبيض.

2.10 الامتصاص (Absorption) :

تقوم مكونات الغلاف الجوي بامتصاص جزء من الأشعة ذات الأطوال الموجية المختلفة والمحددة. يحدث امتصاص الأشعة في الغلاف الجوي بسبب ثلاثة غازات جوية رئيسة وهي كالآتي:

1. الأوزون أو الاوكسجين الثقيل (O_3): في طبقة الاوزونوسفير. يقوم بامتصاص الأشعة (فوق البنفسجية) الضارة للإنسان, لولا وجود هذه الطبقة في الغلاف الجوي لاحترق جلد الانسان عند التعرض لاشعة الشمس.
2. ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) : في الطبقة السفلى للتروبوسفير. يمتص هذا الغاز الاشعاع بقوة في نطاق الاشعة تحت الحمراء البعيدة (FIR) (الحرارية) في مجال الطاقة الكهرمغناطيسية, مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري (ارتفاع حرارة الأرض).
3. بخار الماء (H_2O): في الطبقة السفلى للتروبوسفير. يمتص الطاقة في كلا من نطاق الاشعة تحت الحمراء المنعكسة المتوسطة (MIR) و القريبة (NIR) وايضاً موجات الميكروويف. يختلف وجود بخار الماء في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي من مكان لآخر ومن وقت لآخر طوال العام، فعلى سبيل المثال: فان المناطق الصحراوية فيها القليل من بخار الماء بينما المناطق المدراية فيها تركيز اعلى من بخار الماء اي رطوبة عالية. تمتص الغازات الطاقة ليس على طول الطيف الكهرمغناطيسي بل في أجزاء محددة منه و هذا ما يدعونا إلى البحث عن تلك الأجزاء التي لا تتأثر بالغلاف الجوي لاستعمالها في عمليات التحسس النائي، هذه الأجزاء ندعوها نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric Windows).

3.10 نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric Windows):

هناك مناطق من الطيف الكهرمغناطيسي لا يحدث فيها امتصاص بواسطة الغلاف الجوي ومن ثم فإن إشعاعات هذه المناطق هي التي يمكنها العبور من الغلاف الجوي ، ولذلك فإن هذه المناطق هي المستعملة في عمليات التحسس النائي، يطلق على هذه المناطق التي تسمح بنفاذ الاشعة دون امتصاص او تبعثر ولا تغير في خواص هذه الاشعة الكهرمغناطيسية او فقدان جزء من طاقتها بالنوافذ الجوية أو الطيفية. وهي عبارة عن حزم موجية محددة (متعددة) الطول الموجي موجودة ضمن الغلاف الجوي تمتاز بنفوذية عالية وهي التي يمكن استعمالها لجمع المعلومات عن الظواهر بواسطة أجهزة التحسس النائي.

تعد موجات الأشعة المرئية وموجات الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة وموجات الأشعة تحت الحمراء الحرارية وموجات أشعة الرادار (الميكروويف) هي أفضل الموجات لجمع المعلومات بتقانة التحسس النائي. مع ملاحظة أن أستطارة الأشعة الزرقاء يحد من استعمالها في التصوير من الفضاء. ومن أهم هذه النوافذ الجوية المستعملة في نظام التحسس النائي هي كالاتي:

1- $(0.3 \text{ to } 1.3) \mu m$

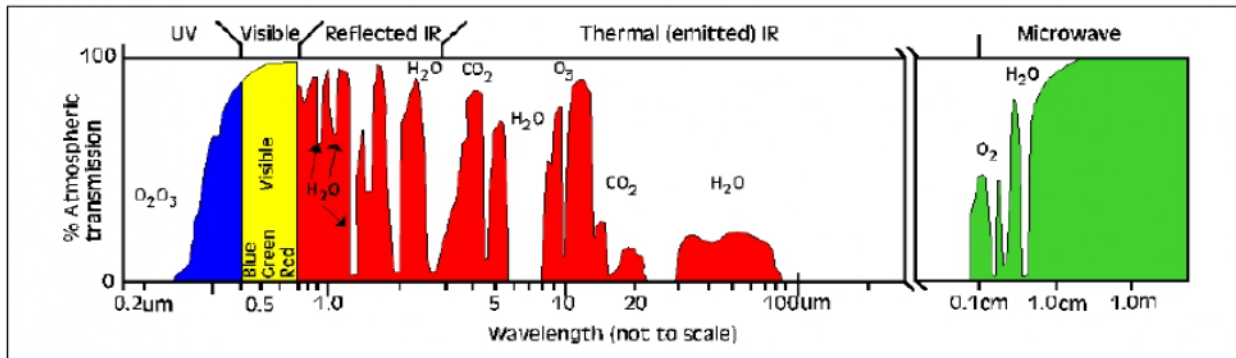
2- $(1.5 \text{ to } 1.8) \mu m$

3- $(2 \text{ to } 2.6) \mu m$

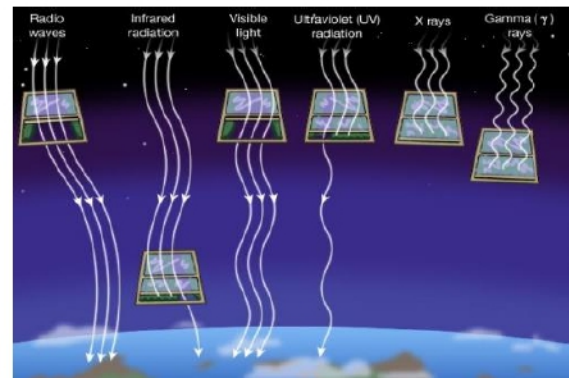
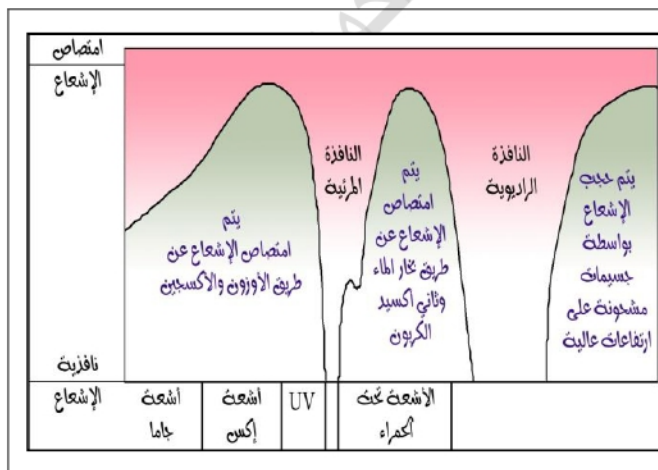
4- $(3 \text{ to } 5) \mu m$

5- $(8 \text{ to } 14) \mu m$

6- $(1mm \text{ to } 1cm)$



علاقة الطول الموجي بالإرسال الجوي العالي مع تكوين (تولد) النوافذ الجوية وهي مناطق اللون الأزرق والاصفر والأحمر والاخضر والمناطق باللون الأبيض هي مناطق امتصاص للأشعة



شكل (11) النوافذ الجوية (الطيفية) الموجودة في الغلاف الجوي وحزم الامتصاص