

- انكسار الضوء في الجو الأرضي:

١- تقوس الأمواج اللاسلكية:

من المعلوم أن كثافة الهواء تقل مع الارتفاع لذلك فإن الضوء المار خلال طبقات الهواء يعاني انكساراً طبقياً لقوانين الضوء في تقوس الشعاع الضوئي بمقدار يعتمد على انحدار معامل الانكسار مع الارتفاع $\frac{du}{dz}$ لتلك الموجة ويمكن البرهنة ان نصف قطر التكور (Y) لهذه الأشعة تحت ظروف الجو القياسي الأمريكي يساوي:

$$\frac{du}{dz} = \frac{1}{r}$$

لذلك فالتقوس يكون للأسفل عندما يقل (u) مع الارتفاع لأن $\frac{du}{dz}$ يكون سالباً ولكن

$$(u - 1) \times 10^6 = \frac{79P}{T} - \frac{11e}{T} + \frac{3.8 \times 10^5}{T^2}$$

حيث (p) الضغط الجوي (ملي بار) ، (e) ضغط بخار الماء (ملي بار)، (T) درجة حرارة الهواء (K) ومن هذه المعادلة نلاحظ أن قيمة u تزداد بزيادة ضغط بخار الماء (الرطوبة) وانخفاض درجة الحرارة أما P فان تغيره طفيف لذلك فللجو

$$\frac{du}{dz} = -4 \times 10^{-10} \text{ cm}^{-1} \quad \text{القياسي يكون تقريباً}$$

وتحدث كثيراً أن يقل معامل الانكسار مع الارتفاع (وكذلك الكثافة) بسبب التبريد بالاشعاع الليلي أو هبوب هواء جاف فوق البحر من اليابسة فيحصل انقلاب قريب من سطح الأرض، فتنخفض قيمة u مع الارتفاع بسرعة فتتكون قناة سطحية تقوم بتوجيه الأمواج اللاسلكية إلى مسافات بعيدة. وكثيراً ما تتكون قناة (Duct) عليا بسبب هبوط الهواء داخل المرتفع الجوي فيتكون انقلاب حراري علوي عمقه قد يصل ١ كم ويكون فيه الهواء جافاً بالنسبة للهواء الأسفل فيسهل الاتصال اللاسلكي داخل هذه القنوات.

وتقوم هذه القنوات بعكس نسبة عالية من أمواج الرادار أو التلفزيون بين هذه الطبقة وسطح الأرض أو الماء مما يزيد من مدى عمل كل جهاز.

٢- الانكسار الفلكي:

إنّ تقوس الأشعة القادمة من الأجسام البعيدة مثل الشمس والنجوم والقمر تجعل الأجسام تظهر أعلى من وضعها الطبيعي. لذلك فإن الشمس والقمر يشرقان مبكرين ويغربان متأخرين وتبدو الحافة السفلى لكل منهما عند الأفق وتتكرر صورتها هناك بسبب اختلاف التقوس للأشعة القادمة من الحافة العليا أو السفلى.

٣- خفقان الأجسام المضيئة:

من الظواهر الناتجة عن انكسار الضوء في الجو هو تألق أو خفقان الأضوية البعيدة والنجوم وذلك بسبب مرور الضوء القادم منها في طبقات الهواء المتغيرة الكثافة فتصل الأشعة إلى عين الراصد بزوايا مختلفة. أما الكواكب فإن خفقانها أقل بسبب سعة سطحها المضيء حين ان تأثير الضوء القادم من نقطة فيها يلغي تأثير النقطة الأخرى. لذلك فإن هذه الظاهرة مألوفة في الصيف أكثر من الشتاء وفي الأمسيات أكثر من الصباح الباكر وقرب الأفق أكثر من السمات.

٤- ارتجاج الأجسام (Shimmering):

هناك ظاهرة مماثلة في الأيام الصاحية الدافئة تسمى الارتجاج حيث تبدو صور الأجسام كحقول القمح عند النظر إليها من خلال الهواء ترتجف بسبب تغير مسار الأشعة الضوئية المستمر بالانكسار نتيجة التسخين الشمسي الشديد قرب سطح الأرض والذي يؤدي إلى التغير المستمر في معامل الانكسار للهواء. ان هذه الظاهرة تسبب تشويش صور الأجسام الملتقطة بأجهزة التصوير وقد تخفض مدى الرؤية كثيراً.

٥- البريق الأخضر (Green flash):

عندما تقترب الحافة العليا لقرص الشمس من الأفق في جو صاحي تتطلق من هذه الحافة سلسلة من الألوان بسرعة مبتدئة بالأحمر والبرتقالي والأخضر والأزرق ونظراً لجمال اللون الأخضر وسطوعه سميت الظاهرة بالبريق الأخضر ويستمر لبضع ثواني. وسبب ذلك هو تحلل الضوء بالانكسار ويكون الضوء الأخضر والأزرق أكثر انكساراً من الأحمر والأصفر لذلك عندما تكون الشمس واطئة فان اللونين الأحمر والأصفر لا يصلان للراصد وبما أن اللون الأزرق يستطار في الهواء الجوي أكثر من سواه من الألوان لذلك فان الراصد يستلم الأخضر فقط.

٦- السراب المرتفع (Superior mirage):

كثيراً ما نشاهد فوق سطح الأرض وجود صورة أو أكثر لجسم بعيد طافية مثل السفينة بحيث تكون الصورة القريبة من الجسم مقلوبة ويعزى ذلك إلى وجود طبقات من الانقلاب وكثيراً ما نشاهد في المناطق القطبية السفن طافية في الفضاء بسبب تحذب الأشعة القادمة منها بتأثير استقرار الهواء (كثافته تقل مع الارتفاع $\frac{du}{dz}$ سالباً) ولنفس السبب نرى الأضوية متحركة ليلاً طافية في الفضاء في المناطق الصحراوية بسبب تبريد الهواء قرب سطح الأرض. وهذا النوع من السراب يمكن أن يكون معدولاً أو مقلوباً وهذا يتوقف على مسافة الشيء المرئي والتدرج في درجات الحرارة.

٧- السراب المنخفض (Inferior mirage):

وهي ظاهرة تحدث في المناطق الحارة ولاسيما في الصحاري والطرق المنبسطة حيث تكون طبقة الهواء غير مستقرة قرب سطح الأرض ($\frac{du}{dz}$ موجباً) فتقوس الأشعة القادمة من الأجسام المرتفعة والسماء فتبدو الصورة منطبقة على سطح

الأرض وقد يسبب خطأ في تقدير المسافات. فهذا النوع من السراب ليس مستقر فالهواء الساخن يرتفع والجو البارد ينحدر إلى الأسفل لذلك سوف تمزج الطبقات مما يؤدي إلى اضطراب وسوف تكون الصورة مشتتة وتكون مذبذبة.

- انكسار بسبب قطرات الماء (قوس قزح Rainbow):

يتكون قوس قزح من تحلل الضوء بقطرات المطر وقد يكون بعد هذه القطرات بضع أمتار أو بضعة كيلو مترات كذلك هو مألوف في الأيام الممطرة والمشمسة في آن واحد ولاسيما في الربيع حيث تكون السحب الممطرة متقطعة بحيث تسطع الشمس على قطراتها لذلك فان هذه الظاهرة نادرة في الشتاء لأن السحب الممطرة قد تكون مستمرة عادة وتحجب أشعة الشمس. وتتألف ألوان قوس قزح من سلسلة من الأقواس الدائرية المتحدة المراكز يقع مركزها على الخط الواصل بين الراصد والشمس وهناك عدد غير محدود من تسلسلات قوس قزح إلا أن المنظور منها هو التسلسل الأولي والثانوي.

- الانكسار ببلورات الجليد:

تتكون بلورات الجليد في طبقات الجو العليا ولاسيما في السحب السمحاقية حيث تكون درجة الحرارة أقل من الصفر والرطوبة النسبية بالنسبة للماء قد تكون أقل من ١٠٠% (ولكنها مشبعة بالنسبة للجليد) فنتكون بلورات جليدية بأشكال مختلفة تبعاً لدرجة الحرارة والرطوبة فمنها الصفائح السداسية الرقيقة أو السمكية ومنها المواشير ومنها أشكال نجمية سداسية الاذرع فنقوم هذه البلورات بكسر الضوء المار من الشمس أو القمر خلالهما أو عكسه من سطوحها مولدة ظواهر جوية جميلة منها الحلقات والأعمدة والبقع المضيئة (بيضاء أو ملونة). ومن هذه الظواهر:

الهالة ذات نصف قطر (22^0) وهي حلقة مضيئة ملونة تتكون حول الشمس أو القمر نصف قطرها مع الشمس أو القمر (22^0) بالنسبة لعين الراصد والهالة (46^0) وهي تتكون حلقة حول الشمس وقلما تكون كاملة وتكون ملونة ولكنها أضعف من الهالة (22^0).

- الانعكاس من بلورات الجليد:

١. دائرة الشمس الكاذبة: وهي دائرة مضيئة بيضاء موازية لدائرة الأفق تتكون من انعكاس الضوء من سطوح هذه البلورات. وتظهر نفس هذه الظواهر حول القمر ولكنها أضعف شدة.

٢. أعمدة الشمس: هي أعمدة من الضوء تظهر عند شروق أو غروب الشمس وتمتد إلى ارتفاع 20^0 فوق الشمس وتكون حمراء عند الغروب ولكنها عادة شديدة البريق وفيها تآلق وعندما تكون الشمس عالية في السماء تظهر هذه الأعمدة على شكل حزم فوق وتحت الشمس ولكنها أضعف وأقصر ويعزى تكوين هذه الأعمدة إلى انعكاس الضوء من البلورات الثلجية.