الضوء المستطير

والظواهر التي تنجم عنهُ

اذا مرَّ شعاع من الضوء في سائل شفاف يحتوي على جسيمات يختلف دليل انكسار الضوء فيها عن دليلهِ في السائل استطار الضوء من تلك الجسيمات . واذا كانت صغيرة الحجم يكون الضوء المستطير ازرق . واستطارة الضوء وانعكاسهُ ظاهرتان مختلفتان فان الضوء في هذه الحالة لا ينعكس من تلك الجسيمات فالانعكاس يحصل من السطح العاكس اذا كان كبيراً بالنسبة لطول الموجة حتى تتكوَّن عليهِ موجات يكون الماس المشترك لها صدر موجة الضوء المنعكس . ولا يحصل ذلك عند الاستطارة وانما ينشأ في الجسم موجة واحدة تنتشر منهُ ولا يكون ذلك طبق قوانين الانعكاس المعروفة . ويكون الضوء المستطير مستقطباً استوائيًّا اذ يكون اتجاهُ الاهتزازات الضوئية عموديًّا على اتجاه سير الشعاع الاصلي . واذا كان الشعاع الاصلي مستقطباً استوائيًّا فلا يستطير ضوء في اتجاه خط سير الشعاع

وقد اثبت ذلك عمليًّا تندل وستوكس وغيرهما . واذا وضعنا في اناء زجاجي ماء مقطراً وصببنا فيهِ بضع قطرات من اللبن كوَّن اللبن جسيمات صغيرة يستطير منها الضوء . فاذا صوبنا الى الاناء شعاعاً من ضوء ذي لون واحد كضوء لمبة الصوديوم وكان مستقطباً استوائيًّا ونظرنا الى الاناء من غير وجهة الاهتزازات من الشعاع المصوب رأينا ضوءاً مستطيراً . اما اذا نظرنا اليهِ من حيث يكون خط امتداد البصر موازيًا لاتجاه الاهتزازات الضوئية فلا نرى ضوءاً

وقد بحث اللورد ريلي الطبيعي الشهير في هذا الموضوع بحثاً مستوفيًا وعلل استطارة الضوء على اوجهٍ الآتي . لتصور قطعة من الفلّين على سطح ماء متموج فان كانت التموجات طويلة فان قطعة الفلّين ترتفع وتنخفض مع كل موجة ولا يكون لها تأثير في التموجات امَّا اذا كانت الموجات قصيرة يتلو بعضها بعضاً بسرعة فلا يكون لقطعة الفلين من الوقت ما يسمح لها بالارتفاع عند مجيء قمة الموجة حتى يأتي قعرها فتظل في مكانها ولا تتحرك مع التموجات . ويترتب على ذلك ان التموجات لا تنتشر كما تنتشر اذا لم تكن تلك القطعة موجودة . وانما ينشأ عن التحركات النسبية بين الماء والقطعة تموجات جديدة تنتشر على سطح الماء

وقد استنتج اللورد ريلي انهُ عند ما تكون الجسيمات صغيرة الحجم بالنسبة الى التموجات تتناسب شدة الضوء المستطير تناسباً عكسيًّا مع لـ٤ اذا كانت ل طول الموجة الضوئية

ولذلك ترى الضوء المستطير ضئيلاً اذا كانت التموجات طويلة وقويًّا اذا كانت قصيرة. فاذا كان الضوء من النور الابيض فان لون الضوء المستطير يكون من الالوان التي في الطرف الازرق من الطيف لتغلب هذه على الاخرى. وهذا منشأ اللون الازرق الذي يغلب وجودهُ في الضوء المستطير. ولهذا ترى دخان اللفافات المتصاعد منها ازرق اما الذي يخرج من الفم فلا يكون بزرقة الاول وذلك لان جسيمات الدخان تتكاثف في الفم وتكون جسيمات اكبر حجماً من الاولى لا يكون لون الضوء المستطير منها مثل لون الضوء المستطير من الجسيمات الصغيرة التي يتألف منها الدخان عند تصاعده من السيكارة

وقد يشاهد المسافر في البلاد الجبلية قمم الجبال زرقاء عن بعد وذلك لان الضوء الذي يصل الى عينهِ من قمة الجبل انما هو ضوء مستطير. وتنشأ زرقة السماء عن نفس هذا السبب فان اشعة الشمس التي تخترق الطبقة الهوائية المحيطة بالارض تستطير اما بتأثير ذرات الهباء الصغيرة المنتشرة في الهواء او بتأثير دقائق الهواء نفسها. فالضوء الذي يصلنا لا يأتي من الشمس رأساً بل هو الضوء الذي يستطير عند مرور اشعة الشمس بالذرات الصغيرة او بدقائق الهواء. وقد وُجد ان ضوء السماء مستقطب وذلك يوافق نظرية ريلي التي كان الغرض الوحيد من وضعها تعليل ذلك. ويلاحظ ان الضوء المستطير الذي يصلنا من الشمس ينتشر في اتجاهات هي على العموم عمودية على اشعة الشمس التي تخترق الطبقة الهوائية. وينشأ احمرار الشمس عند البزوغ والغروب عن استطارة الضوء ايضاً. فان اشعة الشمس وقتئذٍ تخترق طبقة سميكة من الهواء فيحدث عند ذلك ان الضوء الازرق او بالحري الضوء الذي تكون موجاتهُ قصيرة اي الذي من الجزء الازرق وجواره من الطيف يستطير وينتشر في اتجاهٍ عمودي على سير اشعة الشمس فلا يصل الينا الاَّ ما يبقى من الضوء فيكون لونهُ احمر او لوناً آخر من الالوان التي تجاور الاحمر في الطيف. وارى ان مناظر الشروق والغروب في بلادنا التي يضرب بجمالها المثل سببها وجود ذرات صغيرة في جو البلاد لقربها من الصحراء. وقد ذكر ارهينيس انهُ عند ما ثار بركان كراكاتوى علت جسيمات الرماد الصغيرة الى ارتفاع ٣٠ كيلو متراً فحملتها التيارات الهوائية الى سائر انحاء الارض فنشأ عن ذلك ان مناظر بزوغ الشمس وغروبها كانت من ابدع ما رأى الناس. فلا شك ان اعظم عامل يؤثر في مناظر الغروب والشروق هو وجود الجسيمات الصغيرة في الجو

ويمكننا تمثيل لون السماء واحمرار الشمس عند شروقها وغروبها بعدة طرق. واول من توصل الى ذلك تندل وذلك باستعمال مواد معروفة تحلل بتأثير الضوء وتكون ما يشبهُ

ضبابًا يستطير الضوء من اجزائهِ الدقيقة في اتجاهات عمودية على الشعاع الاصلي ويكون لون الضوء المستطير ازرق تزداد زرقتهُ كلما صغرت اجزاء الضباب او الجسيمات . ويمكننا اجراء تجربة عملها اللورد رلي بوضع محلول مخفف من تحت كبريتات الصوديوم في اناء زجاجي ثم اضافة بضع قطرات من الحامض الكبريتيك اليهِ فيرسب الكبريت وتظل جسيمات منهُ منتشرة مدة في السائل . فاذا امررنا داخل السائل شعاعًا من الضوء الابيض استطار من الاناء ضوء ازرق في اتجاه عمودي على اتجاه الشعاع وهذا يمثل لون السماء ويخرج ضوء احمر على امتداد الشعاع الاصلي يمثل لون الشمس عند الشروق والغروب . وقد وجد روبرت وود استاذ الطبيعة بجامعة هوبكنس بامريكا انهُ اذا مرَّ شعاع من الضوء الابيض في بخار الصوديوم عند تكاثفهِ يكون لون الضوء المستطير بنفسجيًّا صافيًا وذلك لان اجزاء ضباب الصوديوم المتكاثف صغيرة الحجم جدًّا

وقد توصل سيدنتوپف وزجموندي الى صنع جهاز لرؤية الجسيمات الصغيرة من المواد الفردية (الكلويدية) التي لا نستطيع ان نراها بواسطة الميكرسكوب تستخدم فيهِ استطارة الضوء . فاذا صوبنا الى كلويد معدن من المعادن وهو في اناء زجاجي شعاعًا اتقيًّا يجتمع في بؤرة داخل الاناء ثم نظرنا الى الاناء بواسطة ميكرسكوب عادي موضوع وضعًا عموديًّا رأينا ظلمة حالكة يضيءُ فيها عدة نقط تشبهُ النجوم في ليلة مظلمة وذلك لان الشعاع الاصلي لا يجد سبيلاً الى الميكرسكوب وانما الضوء الذي يدخل الميكرسكوب هو الضوء المستطير من الجسيمات التي توجد في الكلويد . ولما كانت هذه الجسيمات صغيرة جدًّا وكانت دقائق السائل في حركة مستديمة فان الدقائق تحرك الجسيمات وينتج عن ذلك ان النقط المتألقة التي نراها تظهر آونة وتختفي اخرى في ذلك الظلام

وتوصل كوتون الى صنع جهاز آخر بتصويب اشعة قوية على لوح من الزجاج من الجهة السفلى ووضع الكلويد على سطحهِ الاعلى فاذا جُمعت هذه الاشعة في بؤرة تقع على السطح الاعلى وكانت زاوية سقوط الاشعة هي الزاوية النهائية او (زاوية الحد) ينعكس الشعاع الساقط انعكاسًا كليًّا فلا ينكسر منهُ الى الخارج ضوء . فاذا وضع الميكرسكوب كما وضع في الجهاز الاول لم يدخل فيهِ الاَّ الضوء المستطير من الجسيمات الصغيرة الموجودة على سطح اللوح ويظهر فيهِ ظلمة يتألق فيها ما يشبهُ النجوم

مصطفى نظيف
مدرس بمدرسة طنطا الثانوية