

Chuyên đề Ánh sáng và Màu sắc: Giải mã hiện tượng Cầu vồng

Cầu vồng là một trong những hiện tượng thiên nhiên kỳ thú và đẹp mắt nhất, thường xuất hiện trên bầu trời sau những cơn mưa. Đó là một dải màu sắc rực rỡ hình vòng cung. Nhưng tại sao cầu vồng lại xuất hiện và có những màu sắc đó? Tài liệu này sẽ giải thích một cách chi tiết và khoa học về hiện tượng này dựa trên các kiến thức vật lý về ánh sáng.

I. Kiến thức nền tảng về ánh sáng

Để hiểu được cầu vồng, trước hết chúng ta cần nắm vững một số khái niệm cơ bản về ánh sáng.

1. Ánh sáng trắng là gì?

Ánh sáng mà chúng ta nhìn thấy từ Mặt Trời, hay từ bóng đèn dây tóc, được gọi là ánh sáng trắng. Tuy nhiên, ánh sáng trắng không phải là một màu đơn sắc. Nó thực chất là sự tổng hợp (hỗn hợp) của nhiều ánh sáng có màu sắc khác nhau, biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

- **Khái niệm:** Ánh sáng trắng là tập hợp của vô số ánh sáng đơn sắc có màu khác nhau.
- **Ví dụ 1:** Ánh sáng Mặt Trời chiếu xuống Trái Đất là ánh sáng trắng.

- **Ví dụ 2:** Khi trộn các chùm sáng có màu đỏ, lục, lam với cường độ thích hợp, ta sẽ thu được ánh sáng trắng. Đây là nguyên lý của màn hình TV, điện thoại.

2. Hiện tượng Tán sắc ánh sáng

Đây là hiện tượng quan trọng nhất để giải thích sự xuất hiện của các màu sắc trong cầu vồng.

Định nghĩa: Tán sắc ánh sáng là hiện tượng một chùm ánh sáng trắng khi đi qua một môi trường trong suốt (như lăng kính, giọt nước) bị phân tách thành các chùm sáng có màu sắc khác nhau.

Dải màu thu được sau khi tán sắc được gọi là quang phổ của ánh sáng trắng, bao gồm 7 màu chính theo thứ tự: **Đỏ - Cam - Vàng - Lục - Lam - Chàm - Tím.**

a. Thí nghiệm của Newton với lăng kính

Nhà bác học Isaac Newton là người đầu tiên thực hiện thí nghiệm nổi tiếng để chứng minh bản chất của ánh sáng trắng. Ông cho một chùm ánh sáng Mặt Trời hẹp đi qua một lăng kính thủy tinh. Kết quả là chùm sáng trắng bị tách thành một dải màu rực rỡ giống như cầu vồng trên màn chắn.

b. Giải thích hiện tượng

Nguyên nhân của hiện tượng tán sắc là do chiết suất của môi trường trong suốt (như thủy tinh, nước) đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau là khác nhau. Cụ thể:

- Chiết suất của môi trường tăng dần từ màu đỏ đến màu tím.

- Do đó, khi đi qua lăng kính, ánh sáng tím bị lệch nhiều nhất, còn ánh sáng đỏ bị lệch ít nhất. Các màu khác bị lệch ở các góc độ trung gian.

Ví dụ 1: Chiếu một tia sáng trắng qua lăng kính, ta sẽ thấy tia màu tím ở dưới cùng (lệch nhiều nhất) và tia màu đỏ ở trên cùng (lệch ít nhất).

Ví dụ 2: Ánh sáng chiếu xiên qua mặt nước trong một bể cá cũng bị tán sắc nhẹ, tạo ra các vệt màu ở đáy bể.

II. Giải thích sự hình thành Cầu vồng

Các giọt nước mưa lơ lửng trong không khí sau cơn mưa đóng vai trò như hàng triệu lăng kính nhỏ li ti, gây ra hiện tượng tán sắc ánh sáng Mặt Trời.

1. Quá trình ánh sáng đi qua một giọt nước

Để tạo ra cầu vồng, một tia sáng Mặt Trời phải trải qua 3 giai đoạn chính khi đi vào một giọt nước hình cầu:

- 1. Khúc xạ lần 1 (Khi ánh sáng đi vào giọt nước):** Khi tia sáng trắng từ không khí đi vào giọt nước, nó bị khúc xạ (bị bẻ cong). Do hiện tượng tán sắc, các màu trong ánh sáng trắng bị tách ra một phần. Ánh sáng tím bị bẻ cong nhiều hơn ánh sáng đỏ.
- 2. Phản xạ toàn phần (Ở mặt sau giọt nước):** Sau khi vào bên trong, chùm sáng di chuyển đến mặt sau của giọt nước. Tại đây, nó bị phản xạ toàn phần, giống như phản xạ trên một chiếc gương.
- 3. Khúc xạ lần 2 (Khi ánh sáng đi ra khỏi giọt nước):** Chùm sáng sau khi phản xạ sẽ quay trở lại mặt trước của giọt nước và đi ra ngoài không khí. Tại

đây, nó lại bị khúc xạ một lần nữa. Lần khúc xạ này làm cho các màu sắc được tách ra rõ rệt hơn.

Kết quả là, chùm ánh sáng trắng đi vào giọt nước sẽ bị phân tách thành một dải màu khi đi ra.

2. Góc nhìn và sự hình thành vòng cung

Điều đặc biệt là mỗi màu sắc đi ra khỏi giọt nước theo một góc xác định so với tia sáng Mặt Trời ban đầu.

- **Ánh sáng Đỏ:** Lệch một góc khoảng **42 độ**.
- **Ánh sáng Tím:** Lệch một góc khoảng **40 độ**.
- Các màu khác nằm giữa hai góc này.

Khi bạn nhìn lên bầu trời, mắt của bạn chỉ nhận được ánh sáng từ những giọt nước thỏa mãn điều kiện góc nhìn này.

- Bạn sẽ thấy màu **đỏ** từ những giọt nước nằm trên một vòng cung sao cho góc tạo bởi tia sáng Mặt Trời, giọt nước và mắt bạn là 42 độ.
- Tương tự, bạn sẽ thấy màu **tím** từ những giọt nước nằm trên một vòng cung khác, nhỏ hơn, với góc 40 độ.

Tập hợp tất cả các vòng cung của các màu sắc tạo thành hình ảnh cầu vồng mà chúng ta thấy. Do Trái Đất che khuất, chúng ta thường chỉ thấy một nửa hình tròn (vòng cung). Nếu quan sát từ máy bay, bạn có thể thấy một cầu vồng hình tròn hoàn chỉnh.

3. Cầu vồng bậc một và Cầu vồng bậc hai

Đôi khi, chúng ta có thể thấy hai cầu vồng cùng lúc. Chúng được gọi là cầu vồng bậc một (chính) và cầu vồng bậc hai (phụ).

Đặc điểm	Cầu vồng bậc một (Chính)	Cầu vồng bậc hai (Phụ)
Độ sáng	Sáng, rõ nét.	Mờ hơn, khó thấy hơn.
Số lần phản xạ	1 lần phản xạ toàn phần bên trong giọt nước.	2 lần phản xạ toàn phần bên trong giọt nước.
Thứ tự màu sắc	Đỏ ở trên cùng (vòng ngoài), Tím ở dưới cùng (vòng trong).	Thứ tự ngược lại: Tím ở trên cùng (vòng ngoài), Đỏ ở dưới cùng (vòng trong).
Góc quan sát	Góc nhìn từ 40° (tím) đến 42° (đỏ).	Góc nhìn từ 50° (đỏ) đến 53° (tím).

Khoảng trời tối giữa hai cầu vồng được gọi là dải tối Alexander. Vùng này tối hơn vì các giọt nước ở đó không phản xạ ánh sáng về phía mắt người quan sát ở cả hai cơ chế tạo cầu vồng.

III. Điều kiện để quan sát Cầu vồng

Không phải lúc nào sau cơn mưa cũng có cầu vồng. Để quan sát được hiện tượng này, cần có đủ 3 điều kiện sau:

- Mặt Trời phải chiếu sáng:** Cần có ánh sáng Mặt Trời để tạo ra hiện tượng tán sắc. Nếu trời mưa và u ám, sẽ không có cầu vồng.

2. **Phải có mưa hoặc hơi nước trong không khí:** Cần có các giọt nước lơ lửng trong không khí ở phía đối diện với Mặt Trời. Vì vậy, cầu vồng thường xuất hiện khi mưa vừa tạnh nhưng trời vẫn còn hửng nắng.
3. **Vị trí người quan sát phải phù hợp:** Người quan sát phải đứng quay lưng về phía Mặt Trời và hướng mặt về phía có mưa. Mặt Trời, người quan sát và tâm của cầu vồng phải thẳng hàng.

Ngoài ra, góc của Mặt Trời so với đường chân trời cũng rất quan trọng. Cầu vồng thường xuất hiện rõ nhất vào buổi sáng sớm hoặc chiều muộn, khi Mặt Trời ở vị trí thấp (góc dưới 42 độ). Khi Mặt Trời lên quá cao, cầu vồng sẽ nằm dưới đường chân trời và chúng ta không thể thấy được.

IV. Tổng kết

Cầu vồng không phải là một vật thể vật chất mà là một hiện tượng quang học. Nó là hình ảnh của dải quang phổ ánh sáng Mặt Trời được tạo ra bởi sự tán sắc, khúc xạ và phản xạ ánh sáng qua hàng triệu giọt nước mưa. Hiểu được cơ chế hình thành cầu vồng giúp chúng ta thêm yêu quý và trân trọng những vẻ đẹp kỳ diệu của tự nhiên, đồng thời thấy được sự ứng dụng của các định luật vật lý trong cuộc sống.