

Các thủ thuật tạo ra màu sắc của thiên nhiên

Các nhà khoa học cho rằng đối với loài vật, đổi màu là để ngụy trang, tránh bị loài khác sát hại cũng như là để thông tin về giới tính... Việc tìm hiểu 7 thủ thuật mà loài vật dùng để tạo ra màu sắc kỳ diệu có thể dẫn đến những công nghệ mới tinh vi, áp dụng trong đời sống con người.

Ở thế kỷ XVII, vì tò mò muốn biết vì sao lông đuôi con công lại có màu sắc đẹp để kỳ diệu như vậy, nhà khoa học người Anh Robert Hooke đã dùng kính hiển vi quang học - một sáng chế mới thời bấy giờ để quan sát lông đuôi công, phát hiện ở phía trên bề mặt lông đuôi công có dày đặc các đường nổi rất tinh vi và cho rằng, kiểu dáng các đường nổi này tạo ra các màu sắc vàng, lục, xanh... rất rực rỡ của lông đuôi công. Robert Hooke đã mở ra một hướng nghiên cứu đúng nhưng chỉ dùng kính hiển vi quang học là chưa đủ. Sau này với các phương tiện quan sát, đo đạc tinh vi hơn, các nhà khoa học thấy rằng ở lông chim, cánh bướm, thân mực có các cấu trúc rất tinh vi sắp xếp có trật tự, bề rộng chỉ vài trăm nanomet. Kích thước, khoảng cách, cách sắp xếp các cấu trúc tinh vi này là những yếu tố chính tạo ra hiện tượng nhiễu xạ: chọn lọc một số bước sóng nhất định trong phổ ánh sáng mặt trời để phản xạ mạnh, trái lại làm triệt tiêu gần như hoàn toàn các bước sóng còn lại. Vì thế màu sắc rất chói lọi, dễ thay đổi tùy theo góc nhìn như là có phép lạ. Ở cách tạo màu thông thường do chất màu, màu sắc của một vật là do chất màu hấp thụ chọn lọc một số bước sóng của phổ ánh sáng mặt trời. Ở đây màu sắc ta nhìn thấy là do phản xạ ánh sáng các bước sóng còn lại nên yếu ớt hơn so với trường hợp nhiễu xạ. Từ trên cao cách xa đến hàng kilomet vẫn có thể quan sát thấy sáng lên những đốm xanh xuyên qua tán rừng nhiệt đới khi ánh sáng mặt trời chiếu xuống: đó là phản xạ mạnh màu xanh chọn lọc bởi nhiễu xạ ở cánh của một loại bướm xanh có nhiều ở khu vực Nam và Trung Mỹ.

Các nhà khoa học đang tìm hiểu đầy đủ, chi tiết hơn vì sao cấu trúc vi mô trên cơ thể sống của loài vật

lại thao tác được ánh sáng, tạo ra những màu sắc kỳ diệu. Điều này giúp cho các kỹ sư bắt chước để thiết kế ra vật liệu quang học nhân tạo làm cho hiển thị được sáng hơn, lưu trữ được nhiều dữ liệu hơn, truyền và xử lý thông tin nhanh hơn, làm ra được những cảm biến lớn và nhạy hơn... Từ vật liệu quang học nhân tạo có thể tạo ra các chip quang học dùng trong lĩnh vực công nghệ thông tin thay thế cho chip điện tử làm từ vật liệu điện tử.

Lớp này trên lớp kia

Các đường nổi mà Hooke quan sát thấy trên lông công nhờ kính hiển vi quang học thực ra không tạo được màu sắc rực rỡ của lông công. Màu sắc của lông chim, vảy cá, cánh bướm... là do các lớp rất mỏng hoặc các thanh vi mô làm bằng chất tán xạ mạnh ánh sáng. Vì khoảng cách giữa các lớp hay các thanh nhỏ vào cỡ độ dài bước sóng ánh sáng nhìn thấy, cấu trúc này tạo ra hiện tượng nhiễu xạ. Các tia sáng chiếu đến và phản xạ bởi các lớp ứng với một số bước sóng thì cộng lại với nhau tạo ra tia phản chiếu rất mạnh, ứng với những bước sóng còn lại thì trừ vào nhau nên triệt tiêu. Chiếc đĩa CD phản xạ ánh sáng trắng chiếu tới thành phổ ánh sáng nhiều màu rực rỡ cũng là do hiện tượng nhiễu xạ.

Ở cánh bướm, các lớp mỏng phản xạ là làm bằng chất polyme tự nhiên chitin cách nhau bởi lớp không khí, ngoài cùng là các vảy cứng của cánh. Ở lông chim, các lớp hoặc là các thanh làm bằng chất melanin phủ ngoài bởi chất keratin là chất tạo nên tóc và móng tay ở người.

Công nghệ quang học đã bắt chước làm các chất cách tử nhiễu xạ gồm các lớp cực mỏng của hai loại vật liệu xen kẽ nhau để lọc và phản xạ màu đơn sắc dùng trong



Hình 1: màu sắc ở ngực chim thiên đường đục có thể chuyển đổi qua lại giữa vàng, da cam và xanh dương lục khi nó nghiêng qua nghiêng lại nhờ những sợi lông tơ nhỏ có tiết diện hình chữ V với mặt nghiêng phản xạ màu xanh

nhiều sản phẩm, từ kính viễn vọng đến laser rắn. Năm 2010, Docke G. Stavenga ở Đại học Groningen (Hà Lan) đã phát hiện chim thiên đường đục (tên là *Parotia lawesii*) có thủ thuật tạo màu kép (hình 1). Lông tơ ở ngực của loài chim này có những lớp melanin cách nhau, tạo ra phản xạ màu vàng - da cam. Nhưng mỗi sợi lông tơ nhỏ như sợi tóc này có tiết diện ngang hình chữ V với mặt nghiêng phản xạ màu xanh. Lúc tỏ tình với chim mái, chim trống hơi nghiêng qua nghiêng lại, màu sắc của ngực chim thay đổi qua lại giữa vàng, da cam và xanh dương lục giúp chinh phục chim mái. Các nhà công nghệ còn chưa bắt chước được hiệu ứng này nhưng

Stavenga đã đề xuất là có thể ứng dụng trong công nghệ thời trang và công nghệ ô tô. Vài sợi tơ nhỏ hình chữ V có thể làm cho áo quần đổi màu khi người mặc cử động. Sơn xe có những sợi vi mô chữ V như thế có thể làm cho xe đổi màu đột ngột khi lướt qua.

Cây thông Noel

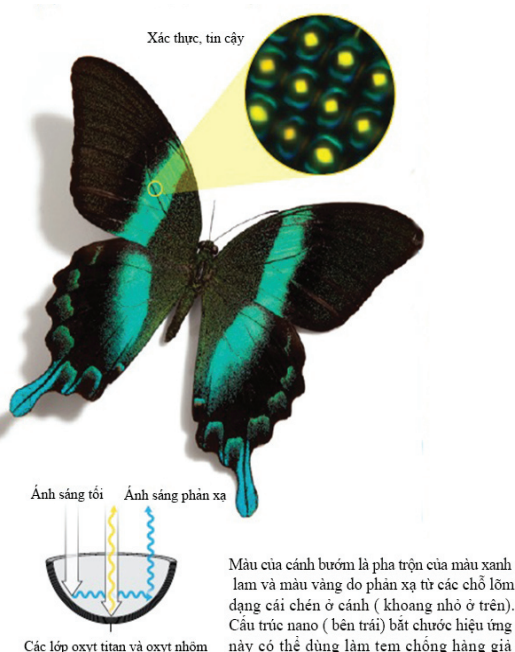
Các loài bướm như *Morpho didius* và *M. rhetenor* có màu sắc tuyệt diệu không phải là do cánh bướm có nhiều lớp mỏng làm bằng chất chitin. Màu sắc ở đây là do cấu trúc nano khá phức tạp ở các vảy cánh: các dây chitin có dạng như là cây thông Noel mọc lên hướng ra ngoài các vảy cánh. Những nhánh

song song của mỗi cây có tác dụng như cách tử nhiễu xạ. Những dây này có thể phản xạ đến 80% ánh sáng xanh chiếu tới. Vì không phẳng nên chúng có thể phản xạ một màu đơn sắc đối với cả một phạm vi góc nhìn, điều này làm cho độ chói bị giảm.

Giống như hiện tượng Hooke đã quan sát thấy ở lông công, khi có nước ở trên cánh của bướm *Morpho* xanh, màu của ánh sáng nhiễu xạ bị thay đổi. Những chất lỏng khác nhau có chiết suất khác nhau nên khi làm ướt cánh bướm thì màu sắc phản xạ sẽ khác nhau. Các nhà khoa học ở Viện nghiên cứu toàn cầu Niskayuna (Mỹ) cùng với các nhà nghiên cứu ở Đại học Albany (Mỹ) và chuyên viên về cánh bướm Pete Vukusic ở Đại học Exeter (Anh) đã hợp tác chế tạo cấu trúc nhân tạo giống như cánh bướm *Morpho* dùng làm cảm biến hoá học. Cảm biến này có thể xác định được tên của chất lỏng nhờ cho chất lỏng làm ướt cảm biến và theo dõi màu sắc của cảm biến. Cảm biến được chế tạo theo cách khắc hình vi mô trên vật rắn như ở công nghệ bán dẫn. Cảm biến loại này rất nhạy, có khả năng phát hiện một số chất khí thoát ra ở các nhà máy cũng như phát hiện chất nhiễm bẩn ở nước uống.

Chén hát ánh sáng

Màu xanh lục sáng chói của đuôi ở bướm ngọc bích (*Papilio palinurus*) có nhiều ở vùng Đông Nam Á hoàn toàn không phải là do ánh sáng màu xanh lục. Các vảy nhỏ ở cánh bướm được phủ dày một mạng lưới gồm các vết lõm giống như cái chén được lót bởi các lớp chitin, cách nhau bởi không khí, tác dụng như là gương chọn lọc. Đáy của chén chỉ phản xạ ánh sáng vàng và thành bao quanh chén chỉ phản xạ ánh sáng xanh. Mắt chúng



Hình 2

ta không phân biệt được những chấm màu vàng, màu xanh nhỏ như vậy ở quá gần nhau, do đó thấy tổng là màu xanh lục. Christopher Summers và Mohan Srimivasaras của Đại học Công nghệ Georgia (Mỹ) đã bắt chước để tạo các màu. Để chế tạo ra các chén nhỏ, hai nhà khoa học đã cho nước ngưng tụ như là các giọt nước nhỏ lên trên bề mặt polyme đang ở trạng thái từ lỏng sang rắn. Các giọt nước tụ xếp lại với nhau trên bề mặt tương tự như xếp trứng trên khay xốp đựng trứng, các giọt nước nhỏ dè hơi lõm màng polyme. Khi nguội, quá trình polyme hoá hoàn thành thì các giọt nước cũng bay hơi hết, tạo ra trên bề mặt các vết lõm dạng cái chén. Sau đó, các nhà nghiên cứu lại phủ các lớp mỏng oxyt titan và oxyt nhôm lên từng cái chén làm cho chúng phản xạ, bắt chước y như là các chén con sắp hàng trên cánh bướm (hình 2). Ánh sáng hắt lên từ màng có kiểu hình như vậy có màu xanh lục. Nhưng nếu màng đặt dưới các tấm lọc phân cực ánh sáng vàng hắt lên từ giữa các chén

mất đi trong khi ánh sáng xanh hắt lên từ thành chén vẫn còn. Cơ cấu này cho phép làm dấu hiệu tin cậy, khó bắt chước ở các thẻ tín dụng hay thẻ ngân hàng. Nhìn ban đầu thì thấy các thẻ này chỉ phủ lớp phản xạ màu xanh lục nhưng thực tế là ẩn dấu bên trong ánh sáng bằng ánh sáng phân cực là thấy được. Đây là cách hữu hiệu chống làm hàng giả.

Xốp nano

Một loại bướm màu ngọc bích khác có tên là *Parides sesostris* tạo ra màu xanh lục bằng cách dùng cấu trúc nano kiểu khác. Cánh của chúng ở dạng tinh thể có những lỗ vi mô. Người ta gọi đó là tinh thể photonic hoàn toàn không cho ánh sáng trong một phạm vi bước sóng nào đó đi qua mà bắt phản xạ trở lại. Đá opal là tinh thể photonic cấu tạo bởi những quả cầu nhỏ xíu do các hạt oxyt silic kết tụ lại, làm cho chúng có sự lấp lánh các màu của sắc cầu vồng. Các tinh thể photonic có thể dùng để “nhốt” ánh sáng trong một kênh hẹp tạo ra ống dẫn sóng có thể điều khiển ánh sáng tới một vùng hẹp trên chip máy tính...

Nhìn bằng kính hiển vi điện tử thấy rằng ở vảy cánh bướm loại này có các dãy hình zic zac, đó là các dãy mảnh nhỏ bằng chitin có các lỗ nhỏ sắp xếp trật tự, mỗi lỗ tiết diện chỉ vào cỡ 150 nanomet. Mỗi mảnh tí hon đó là một tinh thể photonic, mảnh này nghiêng với mảnh kia một góc nhỏ. Cấu trúc này cho phép phản xạ ánh sáng xanh lục của phổ ánh sáng tới trong một phạm vi góc rộng. Một số loài bọ cánh cứng, bọ ở ngũ cốc cũng có màu sắc rực rỡ là do có tinh thể photonic làm bằng chitin.

Nhà sinh vật học Richard Prum ở Đại học Yale (Mỹ) cùng đồng

nghiệp đã tìm ra cách mà các tinh thể photonic đã mọc lên khi cánh bướm non phát triển. Các lipid chủ yếu ở các tế bào phôi ở vảy cánh đột ngột tạo thành khuôn theo 3 chiều và chitin phủ cứng chúng ở xung quanh. Khi tế bào chết, lipid bị gãy vỡ để lại kiểu hình có các lỗ trống sắp xếp đều đặn.

Các nhà khoa học cố gắng làm ra cấu trúc đó từ đầu. Ví dụ, cho các phân tử giống như là lipid được gọi là chất xốp có trật tự gọi là khối polyme trùng hợp. Khi dùng những khối polyme trùng hợp đó để sắp xếp các hạt nano của niobi (Nb) và oxyt titan (TiO_2) tạo ra cấu trúc giống như khoáng vật xốp nano.

Các chất rắn xốp có nhiều lỗ nano này có nhiều ứng dụng (ví dụ làm pin mặt trời hiệu suất cao). Hơn nữa, qua tính toán người ta thấy rằng, nano xốp làm từ kim loại như nhôm hoặc bạc có tính chất kỳ diệu là làm khúc xạ ánh sáng ngược với phía thông thường. Từ những vật liệu có chiết suất âm như vậy có thể chế tạo ra siêu thấu kính cho kính hiển vi quang học cho ảnh của vật với độ phân giải dưới bước sóng của ánh sáng mà với kính hiển vi quang học thông thường không thể cho độ phân giải cao như vậy.

Sợi tinh thể

Loài vật có nhiều cách tạo ra tinh thể photonic. Xương sống của một số loài sâu biển như sâu *Aphrodita* (còn gọi là chuột biển) là những dây sợi rỗng hình 6 cạnh có chiều dài hàng trăm nanomet. Những dây này làm bằng chitin ngăn không cho phần màu đỏ của phổ ánh sáng xuyên qua, tức là phản xạ mạnh màu đỏ làm cho xương sống của loài này có màu đỏ rực.

Không rõ là tính chất quang học này có nhiệm vụ sinh học gì đối

với loài sâu biển nhưng chắc chắn là cách điều khiển ánh sáng bằng sợi rỗng này có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật quang học, và Philip Russel ở Viện Max Plank về khoa học ánh sáng (Đức) đã chế tạo ra các sợi kiểu này bằng cách bó các ống thủy tinh mao dẫn lại rồi hơi nóng để kéo dài. Bằng nhiều cách, ông đã làm được sợi thủy tinh nhân tạo có các lỗ rỗng lục giác có những tính chất quang học như ở xương sống sâu biển *Aphrodita*.

Loại sợi quang học này xem như là có một lớp vỏ, ánh sáng trong một phạm vi tần số nào đó chỉ truyền đi bên trong sợi, không lọt ra ngoài vỏ được. Sợi quang học tinh thể photonic ít "rò rỉ" ánh sáng hơn so với sợi quang học thông thường, có thể thay thế các sợi quang chuẩn đang dùng hiện nay trong mạng viễn thông. Truyền tín hiệu đi xa theo sợi quang tinh thể photonic này ít hao tổn năng lượng hơn. Các sợi quang học thông thường hay làm rò rỉ mạnh ánh sáng truyền đi bên trong ở những chỗ sợi quang bị uốn cong. Ở các sợi quang tinh thể photonic, ánh sáng không ra ngoài sợi quang không phải là do bị phản xạ ở bề mặt mà là do cấu trúc tinh thể photonic. Sợi quang mới này dùng cho các chip quang học làm việc nhanh hơn nhiều so với chip điện tử thường được dùng cho máy tính, điện thoại di động hiện nay.

Ma trận biến dạng

Để tạo ra màu, một số sinh vật tạo ra ma trận xếp có kiểu hình mất trật tự chứ không phải trật tự. Sự thay đổi cấu trúc này tạo ra màu xanh lam và màu xanh lục đẹp dịu dàng ở một số loài chim chứ không rực rỡ như ở chim ruồi và ở lông công. Vì cấu trúc nano của keratin dạng xếp là không có trật tự, ánh sáng tán xạ bị khúc xạ như ở màu xanh da trời chứ không rực rỡ

chói sáng như ở gương. Nhìn theo mọi hướng màu sắc vẫn không thay đổi.

Ở vẹt đuôi dài màu xanh và màu vàng (*Ara ararauna*) và chim bó cá mỏ đen (*Halcyon pileata*), khoảng trống trong ma trận của tơ lông có những kênh ngoằn ngoèo rộng chừng 100 nanomet. Mạng lưới hỗn độn ở biểu bì của bọ *Cyphochilus* cho vỏ ngoài có màu trắng sáng chói. Ở loại bướm *Lepidothrix coronate*, những khoảng trống trong ma trận không phải là những kênh mà là những bong bóng nhỏ nối liền. Ánh sáng tán xạ do khúc xạ có thể thấy ở những chất tự nhiên hay nhân tạo. Ở dung dịch sữa, những giọt micro của chất béo có nhiều kích thước khác nhau nên tán xạ tất cả các bước sóng ánh sáng nhìn thấy, ta thấy sữa có màu trắng đục. Pete Vukusic đã bắt chước biểu bì của bọ *Cyphochilus* làm ra ma trận có các lỗ sắp xếp lộn xộn của carbonat canxi hay dioxit titan pha trộn với polyme để làm lớp phủ có màu trắng sáng. Trong khi đó, Prum và kỹ sư sinh học Eric Dufresne (Đại học Yale) đã bắt chước xếp không trật tự ở lông chim để làm những hạt polyme sắp xếp vô trật tự có màu xanh lục. Các cách tiếp cận này cho phép làm được những màng phủ rất mỏng nhưng ánh sáng không xuyên qua được, màu sắc không chóng phai như màng có màu bằng chất nhuộm.

Protein thuận nghịch

Một trong những thủ thuật quang học của thiên nhiên mà con người thèm muốn là đổi màu qua lại. Con mực thuộc họ *Loliginidae* dùng một loại protein gọi là reflectin để tạo ra da đổi màu. Các phân tử protein được sắp xếp thành các tấm nhỏ gấp chồng lên nhau bên trong tế bào iridophore, chúng phản xạ một số màu riêng biệt. Daniel Moric

thuộc Đại học California (Mỹ) đã tìm ra bằng cách gì để iridophore thay đổi được màu. Các protein reflectin được nhào lẫn thành hạt nano tạo ra các tấm. Các tấm nằm cách nhau bằng cách gấp qua lại trong màng tế bào iridophore. Khi thông tin nơron kích hoạt, quá trình sinh hóa làm trung hòa điện tích của reflectin, protein sắp xếp khít gần nhau hơn. Sự thay đổi đó làm tăng khả năng phản xạ của các tấm và thay đổi màu sắc. Khi reflectin tích điện, sự thay đổi theo chiều ngược lại.

Morse cho rằng, có thể bắt chước cơ chế này trong các dụng cụ quang học, dùng ngay reflectin. Nhóm của Morse đã lồng gen ghi mã của protein reflectin của loại mực râu dài gần bờ *Liligo pealeii* vào khuẩn *Escherichia coli*. Kết quả là protein bị phá vỡ ra thành các hạt kích thước nano có thể điều chỉnh nhờ muối điều khiển tương tác giữa các điện tích trong protein. Vật liệu sau đó có thể cho phồng lên hay co lại, làm thay đổi bước sóng của ánh sáng phản xạ phụ thuộc theo kích thước hóa học. Morse còn phát triển loại màng polyme có thể chuyển từ trong suốt đến tối sẫm tùy thuộc vào điện thế tác dụng, do đó làm thay đổi độ phản xạ của polyme và làm cho màng giãn ra khi nhúng vào muối. Các linh kiện sử dụng vật liệu này có thể chế tạo với kỹ thuật đơn giản. Nhóm của Morse đang hợp tác với Raytheon Vision Systems ở Goletta (California, Mỹ) để dùng vật liệu này làm cửa sổ đóng mở nhanh cho máy ảnh hồng ngoại có thể chụp ảnh nhanh vào ban đêm để phát ra nhiệt chứ không phải là chụp ảnh theo ánh sáng ■

Nguyễn Xuân Chánh

(tóm lược từ Scientific American)