

CHƯƠNG 3:

Sự cảm nhận màu sắc

Màu sắc không chỉ đơn giản là một hiện tượng vật lý lệ thuộc vào mẫu vật và nguồn chiếu sáng. Nó nhất thiết phải là một sự cảm nhận phức tạp có thể thấy được, bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tâm sinh lý có thể làm cho sự cảm nhận về màu sắc của người này hơi khác với người kia. Để tìm hiểu sự cảm nhận về màu sắc, chúng ta cần xem xét nguồn chiếu sáng, các đặc tính của mẫu vật và các yếu tố tâm sinh lý của con người.

NGUỒN SÁNG

Tài liệu in được xem xét dưới tất cả các dạng chiếu sáng, bao gồm đèn dây tóc, đèn huỳnh quang, nguồn ánh sáng ban ngày, ánh nắng mặt trời, và hơi thủy ngân hoặc những loại đèn đặc quy v.v... Ngoài ra, việc tách màu được thực hiện bằng các thiết bị chiếu sáng như đèn dây tóc halogen hoặc đèn xung khí trơ (xenon) cũng được xem xét. Những yếu tố xác định các đặc tính của các nguồn chiếu sáng bao gồm: nhiệt độ màu, cường độ, các thuộc tính cấu thành màu sắc, và độ khuếch tán.

Nhiệt độ màu của một nguồn ánh sáng là đơn vị đo đo sự phân bố năng lượng quang phổ của nguồn sáng đó. Tiêu chuẩn để đo nhiệt độ màu là một vật bức xạ nhiệt màu đen bị nung nóng lên. Khi sức nóng tăng lên thì màu sắc của vật bức xạ thay đổi từ màu đỏ

rực (nóng) sang trắng nóng. Nhiệt độ (ở độ C) được ghi lại cho mỗi sự phân bố năng lượng nhất định, vì thế mỗi một nhiệt độ có tương quan với một màu nhất định. Việc đọc nhiệt độ được thể hiện ở độ Kelvin (0K) (giống như độ tuyệt đối) bằng độ C cộng thêm 1730.

Những nhiệt độ màu tương quan của các nguồn chiếu sáng tự nhiên và nhân tạo.

Chiếu sáng tự nhiên	Nhiệt độ màu (K)
Trời trong xanh, giữa ban ngày	12.000 - 26.000
Trời u ám, giữa ban ngày	6.700 - 7.000
Ánh nắng mặt trời buổi trưa cộng với ánh sáng từ bầu trời trong xanh	6.100 - 6.500
Ánh nắng mặt trời buổi trưa vào một ngày quang đãng	5.400 - 5.800
Ánh nắng mặt trời vào lúc hoàng hôn	2.000
Chiếu sáng nhân tạo	
Metal halide	4.300 - 6.750
Xenon	5.290 - 6.000
Carbon arc	5.000
Tungsten	2.650 - 3.400

Cụm từ nhiệt độ màu tương quan thường được dùng để chỉ nhiệt độ màu gần giống nhất với nguồn ánh sáng đang được đề cập đến.

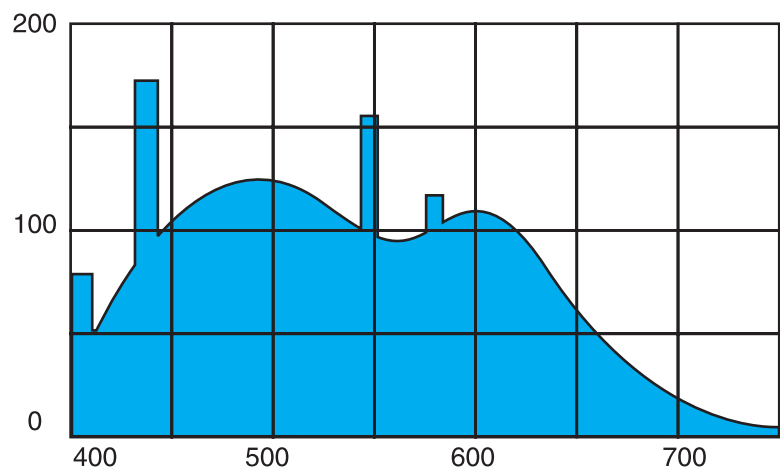
**VIỆC MÔ PHỎNG
MÀU SẮC (COLOR
RENDERING).**

Chỉ riêng nhiệt độ màu không thì chưa đủ để xác định hiệu quả của nguồn chiếu sáng trên mẫu vật. Yếu tố mô phỏng màu sắc cũng đóng một phần vai trò. Việc mô phỏng màu là

một tên chung dùng để diễn tả hiệu quả của nguồn chiếu sáng lên sự thể hiện màu sắc của mẫu vật, dựa trên sự so sánh sự thể hiện màu sắc của mẫu vật đó theo một nguồn chiếu sáng chuẩn hay tham chiếu. Nhiều thiết bị chiếu sáng (đặc biệt là đèn huỳnh quang) không có những đường cong tán xạ năng lượng bằng phẳng nhưng lại có những vùng tỏa sáng nhỏ và vạch ngang.

Với mắt thì hai nguồn sáng có cùng một nhiệt độ màu nhưng sự mô phỏng màu khác nhau có thể xem là như nhau. Tuy nhiên những mẫu vật giống nhau được chiếu sáng bằng các nguồn sáng này có thể đưa đến những sự thể hiện khác nhau do ảnh hưởng của năng lượng đỉnh lên mẫu vật

Đường cong phân bố năng lượng phổ của một loại đèn Halogen tiêu biểu.



Hiệp hội CIE đã xác định một phương pháp đo đo chỉ số mô phỏng màu của bất kỳ một nguồn sáng sẵn có nào. Phương pháp này về cơ bản gồm có đo màu của một chuỗi các mảnh Munsell cả với nguồn sáng chuẩn và nguồn sáng đang thử nghiệm. Những khác biệt trong đo đạc được sử dụng để nêu lên các chỉ số. Chỉ số mô phỏng màu tối ưu được cho là 100 (dành cho những nguồn sáng liên tục).

Chỉ số mô phỏng màu của các nguồn sáng nhân tạo thông thường.

Tungsten	100
Xenon	93
Lưu huỳnh	54 - 94
Metal halide	62 - 88

CƯỜNG ĐỘ VÀ VIỀN

Sự cảm nhận màu sắc (đặc biệt là các màu đỏ) được cho là có thể thay đổi ở những mức độ thấp của sự chiếu sáng. Tuy nhiên, đối với những mức độ quan sát thông thường thì cường độ của nguồn sáng có thể được coi là không có tác động đáng kể lên sự thể hiện của một màu in tông nguyên. Mức cường độ rất quan trọng trong việc xem các hình ảnh chẳng hạn như các hình chụp và vật phẩm in. Độ tương phản và độ bão hòa màu của hình ảnh sẽ tăng cùng với việc gia tăng tăng chiếu sáng cho đến một giới hạn nhất định.

Một yếu tố có liên quan nữa là viền ngoài của hình ảnh. Trong in ấn, viền thường là giấy trắng, nhưng trong nhiếp ảnh đặc biệt là trong phòng tối nơi đang chiếu các phim slides thì viền thường là màu đen. Vấn đề nảy sinh khi làm một so sánh giữa các phim nhựa được thiết kế để được xem với viền trắng.

Bằng cách thay đổi viền và cường độ, chúng ta có thể làm cho một phim nhựa trông giống như một bản in (hoặc ngược lại).

SỰ TÁN SẮC VÀ GÓC NHÌN

Ấn phẩm thường được tạo ra trên giấy có kết cấu thớ sợi hoặc những bề mặt gồ ghề khác. Nếu một nguồn sáng không tán sắc được sử

dụng để xem mẫu in thì sự thể hiện của nó sẽ tùy thuộc nhiều vào đặc tính hình học của sự chiếu sáng và những điều kiện quan sát. Sự định hướng của mẫu vật quan sát cũng rất quan trọng. Độ nhẵn bóng cao sẽ được cảm nhận khác đi khi thay đổi góc nhìn. Nói chung, sự chiếu sáng tán xạ luôn luôn được ưa chuộng để xem xét việc phục chế màu.

Trong một vài trường hợp (ví dụ, việc tái tạo một bức tranh sơn dầu cần thiết phải nắm bắt được cấu trúc của những nét cọ) một nguồn ánh sáng không tán xạ có định hướng cao có thể cần thiết cho sự chiếu sáng. Sự chiếu sáng cho việc tách màu sẽ được bàn đến chi tiết hơn trong chương 8 “sự tách và chỉnh màu”.

NHỮNG TIÊU CHUẨN QUAN SÁT

Những phần đề cập ở trên cho thấy rõ ràng là chúng ta có thể thay đổi sự thể hiện của một màu sắc và đặc biệt là một sự tái tạo màu bằng cách thay đổi các điều kiện nhìn. Những vấn đề về tái tạo màu trở nên nghiêm khắc hơn nếu bản tái tạo và bản gốc được đem so sánh dưới các nguồn ánh sáng không đồng bộ. Hiện tượng xảy ra khi hai màu có thể tương đồng dưới nguồn ánh sáng này nhưng lại không tương đồng dưới một nguồn ánh sáng khác, hiện tượng Meta cũng là một vấn đề nữa. Thậm chí khi một bản in được đánh giá mà không tham chiếu với màu gốc, một nhà phê bình nghệ thuật có thể sẽ xem bản in đó và thỏa mãn dưới một nguồn sáng này, nhưng lại không thỏa mãn dưới một nguồn sáng khác. Nguồn sáng chuẩn cho việc đánh giá chất lượng của sự tái tạo màu sắc là lời giải đáp rõ ràng cho những vấn đề này.

Ở Hoa Kỳ, tiêu chuẩn nhìn màu đầu tiên cho ngành nghệ thuật đồ họa là tiêu chuẩn của Viện Tiêu Chuẩn Quốc Gia Mỹ - ANSI PH2.32 - 1972. Tiêu chuẩn này xác định các tiêu chuẩn nhìn cho việc so sánh các phim nhựa (4x5 inch, 102 x 127 mm hoặc lớn hơn) hay sự phản chiếu các bản gốc với các bản phục chế quang cơ. Tiêu chuẩn này cũng xác định các điều kiện nhìn cho việc so sánh những tờ in đạt yêu cầu với những tờ in sau đó.

Mười một hiệp hội của ngành nghệ thuật đồ họa đã giới thiệu công dụng của tiêu chuẩn này. Trong đó có hiệp hội các công ty quảng cáo, hiệp hội các giám đốc sản xuất xuất bản, hiệp hội những nhà xuất bản tạp chí và hội nhiếp ảnh gia chuyên nghiệp của Mỹ. Những hiệp hội ngành in và các viện nghiên cứu như GATF cũng tán thành tiêu chuẩn này.

Vào năm 1979 một tiêu chuẩn khác, ANSI P.H2.45 - 1979, được tung ra dành cho việc quan sát những phim nhựa nhỏ (53mm và 2.1/2 in, 57,2 mm vuông). Tiêu chuẩn này xác định rằng những phim nhựa nhỏ này nếu được phóng lớn từ 4 đến 12 lần để nhìn. Hầu hết các máy xem dương bản được chế tạo cho tiêu chuẩn này đã phóng lớn hình ảnh lên 6 lần.

Năm 1985 viện tiêu chuẩn Quốc gia Mỹ (ANSI) đã chấp thuận một sự củng cố các tiêu chuẩn nhìn cho nghệ thuật hội họa. Tiêu chuẩn mới này xác định nhiệt độ màu 5000 0K cho tất cả các sự đánh giá và một chỉ số mô phỏng màu từ 90 - 100 cho tất cả các nguồn sáng.

Độ sáng trên bề mặt của máy xem dương bản phim nhựa được xác định là $1.300 \pm 300 \text{ cd/m}^2$. Các phim nhựa nên được viền bằng một đường viền màu xám trung tính khi chúng được đặt lên máy xem. Độ sáng của viền không nên quá 10% độ sáng của bề mặt đèn chiếu.

Đối với các bản in phản xạ và các bản phục chế quang cơ, nguồn sáng phải là $500 \pm 125 \text{ Lux}$ cho việc đánh giá phê bình theo các điều kiện quan sát thông thường. Một nguyên tắc cũng được đưa ra cho mức $2000 \pm 500 \text{ Lux}$ để đánh giá phê bình những tông đậm trong một bản in hoặc bản phục chế.

Nguồn ánh sáng, bản in và mắt người quan sát phải được đặt đúng vị trí để giảm thiểu lượng ánh sáng bị phản chiếu đặc biệt là phía người quan sát. Khung viền được sử dụng khi đánh giá bản in phải là một màu xám với mật độ phản chiếu là 0,50 hoặc cao hơn. Khung viền sẽ nổi ra khỏi bản in ở cả 4 phía ít nhất là 1/3 kích thước bản in trong cùng chiều. Để giảm thiểu những ảnh hưởng từ bên ngoài, đèn trong phòng, tường, trần và sàn phải được ngăn vì thế chúng góp một lượng ánh sáng không đáng kể vào bề mặt bản in đang xem và chúng không nằm trong tầm nhìn của người quan sát.

Mức 500 Lux nên được sử dụng để đánh giá chất lượng của sự phục chế in. mức chiếu sáng này tương đương với một ngôi nhà, thư viện hoặc văn phòng có ánh sáng tốt vì thế nó đặc trưng cho các điều kiện mà theo đó hầu như mọi người đều sẽ xem bản tái tạo cuối cùng.

Mức 2000 Lux nên được dùng để đánh giá tính nhất quán của bản phục chế. Tờ in đạt yêu cầu được so sánh với các tờ in bất kỳ được chọn ngẫu nhiên từ các tờ in. Mức 2000 Lux không nên được sử dụng để đánh giá chất lượng của tông và các chất lượng tái tạo màu của tờ in. Một tờ in khi được chiếu bằng 2000 Lux trông sẽ rất hoàn hảo nhưng nếu chỉ chiếu 500 Lux thì trông nó rất mờ nhạt.

Bản hiệu chỉnh tiêu chuẩn nhìn màu sắc quốc tế, ISO 3664 - 1975, dường như đồng ý với các đặc tính có trong tiêu chuẩn ANSI PH2.30-1985. Cuối năm 1986, tiêu chuẩn ANSI PH2.30-1985 được rút lại và viện tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ đã nhóm họp năm 1987 để tu chỉnh lại nó.

MẪU VẬT

Dáng vẽ của vật thể hay mẫu vật chủ yếu nhờ vào các đặc tính của sự hấp thụ quang phổ và độ bóng.

SỰ HẤP THỤ QUANG PHỔ

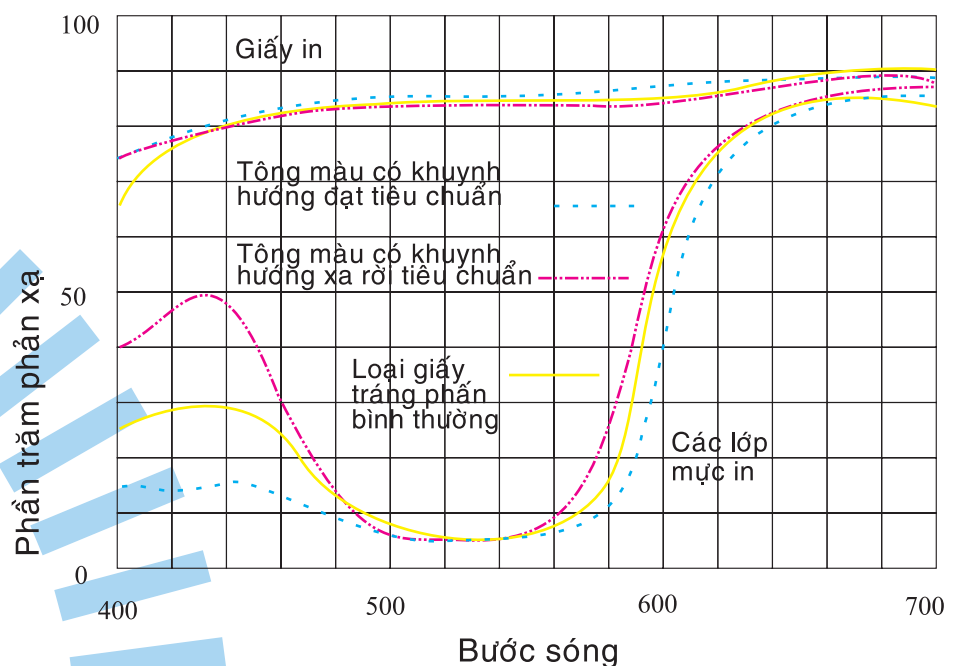
Sự hấp thụ quang phổ là mức độ hấp thụ của một mẫu vật khi được xác định dựa trên nguyên tắc đánh giá sự hấp thụ từng bước sóng một trong vùng quang phổ thấy được. Những đo đạc về tông màu, độ bão hòa, độ sáng của màu sắc có thể được bắt nguồn từ đặc tính của sự hấp thụ quang phổ.

Những màu trắng có độ hấp thụ quang phổ rất thấp và gần như không có tính chọn lọc (nghĩa là độ hấp thụ đồng nhất các bước sóng của quang phổ). Màu đen rõ ràng là cũng không có tính chọn lọc, nhưng chúng có tính hấp thụ cao. Mỗi màu có một tông màu và độ bão hòa riêng vì tính chọn lọc của nó trong sự

hấp thụ quang phổ. Chẳng hạn, màu Green hấp thụ màu Blue và màu Red, màu Magenta hấp thụ màu Green.

Sự hấp thụ quang phổ của một mẫu vật được đo bằng một quang phổ kế (Spectrophotometer). Dụng cụ này chiếu mẫu vật bằng tia sáng từ một điểm đặc biệt của quang phổ. Lượng ánh sáng được phản chiếu hoặc truyền dẫn bởi mẫu vật được đo đạc và so sánh với lượng ánh sáng chiếu tới mẫu vật. Việc đọc độ hấp thụ quang phổ được diễn tả dưới dạng %, ví dụ, khi ta đọc được 60% / 550nm thì có mẫu vật phản chiếu (hoặc truyền dẫn) 60% của bước sóng 550nm phát xạ đã chiếu lên nó. Những sự đo đạc được thực hiện tại mỗi bước sóng của quang phổ cho đến khi định hình được một đường cong phản xạ phổ hoàn chỉnh của mẫu vật. Sự chiếu sáng biểu diễn các đường cong phản xạ phổ từ các lớp mực in và mẫu giấy.

Đường cong phổ của 3 loại mực Magenta khác nhau (bên dưới) và của nền giấy (bên trên).



ĐỘ BÓNG

Độ bóng là một đặc tính của sự phản chiếu các mẫu vật vốn ảnh hưởng đến độ sáng được cảm nhận của mẫu vật đó. Có khoảng 4% lượng sáng chiếu tới mẫu vật bị phản xạ ngay từ bề mặt của mẫu vật mà không cần đi xuyên qua nó. Ánh sáng phản chiếu tán xạ (trong ví dụ này) có chất lượng quang phổ tương ứng với nguồn ánh sáng đang chiếu. Nếu mẫu vật có một độ bóng rất cao, thì sự phản chiếu bề mặt có tính định hướng cao ở cùng một góc độ như sự phản chiếu ánh sáng chiếu tới mẫu vật (ví dụ phản chiếu ánh sáng mặt trời bằng một kiếng tráng thủy tinh). Nếu một mẫu vật có độ bóng cao (và góc nhìn là chính xác) thì sự phản chiếu bề mặt sẽ không đến được mắt, và vì thế không ảnh hưởng đến màu sắc cảm nhận của mẫu vật.

Trong những trường hợp mà bề mặt của mẫu vật có độ bóng thấp được gọi là một bề mặt nhám. Những bề mặt nhám như thế được đặc trưng bằng những phản chiếu nhiều hướng từ bề mặt. Góc độ phản chiếu của ánh sáng được phân tán tại bề mặt của mẫu vật rõ ràng là không có liên quan gì đến góc chiếu sáng.

Trong trường hợp này, ánh sáng bị tán xạ tại bề mặt sẽ tới được mắt của người quan sát. Ánh sáng tán xạ (của các đặc tính quang phổ giống như nguồn ánh sáng chiếu) được trộn với các ánh sáng đi qua mẫu vật và được phản chiếu một cách có chọn lọc. Điều này đưa đến kết quả là, bề mặt giấy nhám cho mật độ phim hay mật độ mực thấp hơn.

Độ bóng được đo bằng một dụng cụ đo độ bóng dụng cụ này chỉ phần trăm độ phản chiếu. Mẫu vật được chiếu bằng một luồng sáng từ

một góc độ đặc biệt, thông thường nhất là 600 hoặc 700 và đôi khi là 200 hoặc 450 cho những mục đích cụ thể nào đó. Một tế bào quang gồm ánh sáng được phản chiếu từ bề mặt ở cùng góc độ theo chiều ngược lại. Vì những dụng cụ đo độ nhẵn bóng khác nhau nên quan trọng là phải xác định được nhà sản xuất và góc độ khi sử dụng máy đo độ nhẵn bóng.

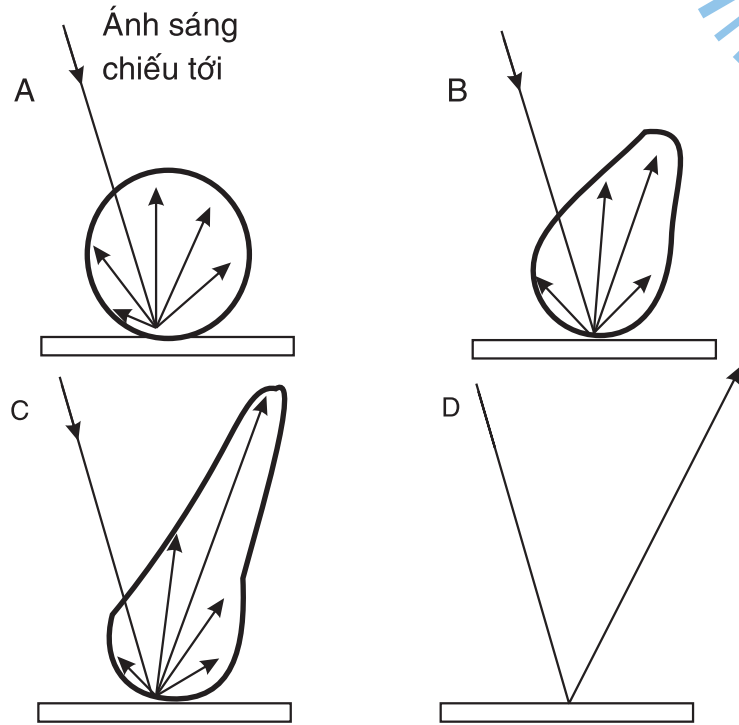
Trong in ấn chúng ta thường gặp hình ảnh hơn là màu nền. Ngoài các yếu tố được xem xét ở trên, những yếu tố sau đây cũng tác động đến sự cảm nhận hình ảnh của chúng ta: kích thước tổng thể, diện tích chứa ảnh, độ tương phản của nó, độ sắc nét, độ phân giải, và sự hiện hữu của các hoa văn đan xen, chẳng hạn như các hoa văn moiré trong in tầng thứ, những yếu tố này sẽ được nói đến đầy đủ trong phần sau.

NGƯỜI QUAN SÁT

Việc xác định và đo sự cảm nhận màu gặp phải một khó khăn lớn là sự kết hợp giữa mắt và não bộ của người quan sát. Một vài nhân tố xét về mặt bản chất là sinh lý, và qua nhiều năm nghiên cứu, nhiều lý thuyết về việc nhìn màu đáng tin cậy đã được phát triển. Nhưng những nhân tố khác về bản chất là tâm lý, liên quan đến các lĩnh vực về thẩm mỹ học và các yếu tố văn hóa, những sự cảm nhận đó có khuynh hướng cá nhân rất cao và rất khó để định lượng.

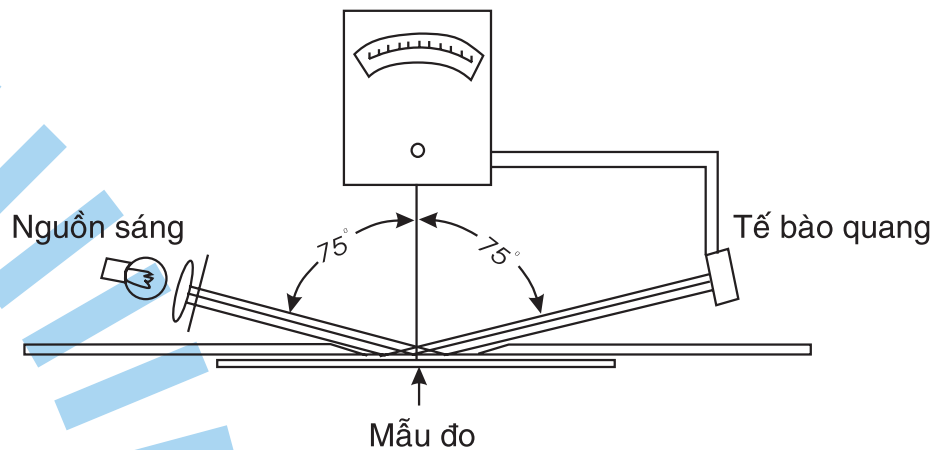
Việc xử lý các ấn phẩm sau khi in để tăng hình thức thể hiện là việc thông thường ngoài thị trường xuất bản. Người thiết kế và người mua bản in nên cảnh giác với những kỹ thuật điều chỉnh hình thức thể hiện này của sản phẩm in.

Việc phản xạ các tia sáng chiếu tới được quyết định bởi độ phẳng bề mặt.



- A.** Các tia sáng sẽ phản xạ theo tất cả các hướng nếu bề mặt hoàn toàn tán xạ.
- B và C.** Gia tăng độ phẳng bề mặt sẽ làm tăng phản xạ bề mặt theo các hướng.
- D.** Bề mặt phẳng tuyệt đối làm cho ánh sáng tới bị phản xạ tại góc bằng góc chiếu tới.

Nguyên lý của máy đo độ bóng.



NHỮNG YẾU TỐ SINH LÝ

Tư liệu sau đây phần lớn được biên soạn từ tác phẩm Colour vision của Leo M. Hurwich và Dorothea Jameson là những người đi tiên phong trong lý thuyết quy trình đối nghịch (opponent- process theory) về khả năng nhìn màu sắc.

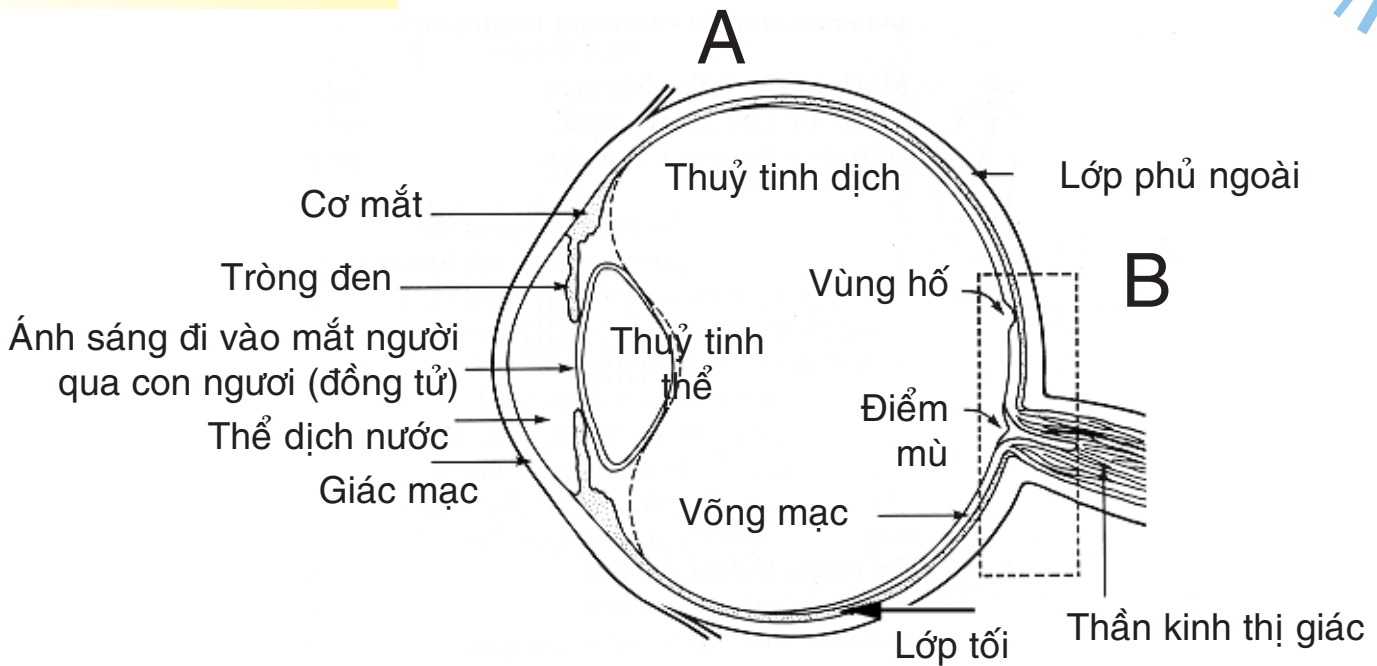
Sơ đồ mắt người được trình bày trong hình minh họa dưới đây. Tròng đen điều tiết lượng ánh sáng đi qua thủy tinh thể để đến võng mạc. Thủy tinh thể đóng vai trò của thấu kính điều chỉnh tia sáng phù hợp tới võng mạc. Võng mạc được cấu tạo bằng một mạng lưới phức tạp của các tế bào nơon thần kinh và phủ toàn bộ một nửa cầu đen của mắt (ngoại trừ điểm mù - nơi giao tiếp của thần kinh thị giác và mắt). Võng mạc ở phần giao chứa 10 cấp độ các tế bào thần kinh. Những tế bào nhạy ánh sáng được gọi là những tế bào hình que và những tế bào hình nón (ước tính có khoảng 120 triệu). Sự phân bố các tế bào hình que và tế bào hình nón thay đổi theo vị trí của chúng trên võng mạc. Vùng chính giữa của võng mạc (gọi là vùng hố) chứa các tế bào hình nón riêng biệt. Những tế bào hình nón chỉ hoạt động để nhìn màu khi chiếu sáng bằng ánh sáng ban ngày và khi càng ra xa vùng trung tâm thì lượng tế bào hình nón trên mỗi vùng đơn vị sẽ giảm đi đáng kể. Vùng trung tâm là vùng nhìn hình ảnh sắc nét nhất. Lượng tế bào hình que hoàn toàn không có trong vùng trung tâm. Càng về phía rìa mắt thì lượng tế bào hình que sẽ càng gia tăng. Cách khoảng 200 từ vùng trung tâm lượng tế bào hình que tập trung cao nhất và giảm xuống nhanh chóng khi càng ra đến biên cực. Những

tế bào hình que chủ yếu liên quan đến khả năng nhìn ban đêm. Các thí nghiệm đã cho thấy rằng các tế bào hình que chứa một sắc tố quang được gọi là rhodopsin. Khi các phân tử của sắc tố này hấp thụ ánh sáng, chúng thay đổi cấu trúc và hình dạng. Những thay đổi này đến lượt chúng gây nên một phản ứng hóa sinh lý cùng với biến đổi điện từ trong chính tế bào cảm nhận. Các bước sóng khác nhau của ánh sáng có những tác động khác nhau đến rhodopsin.

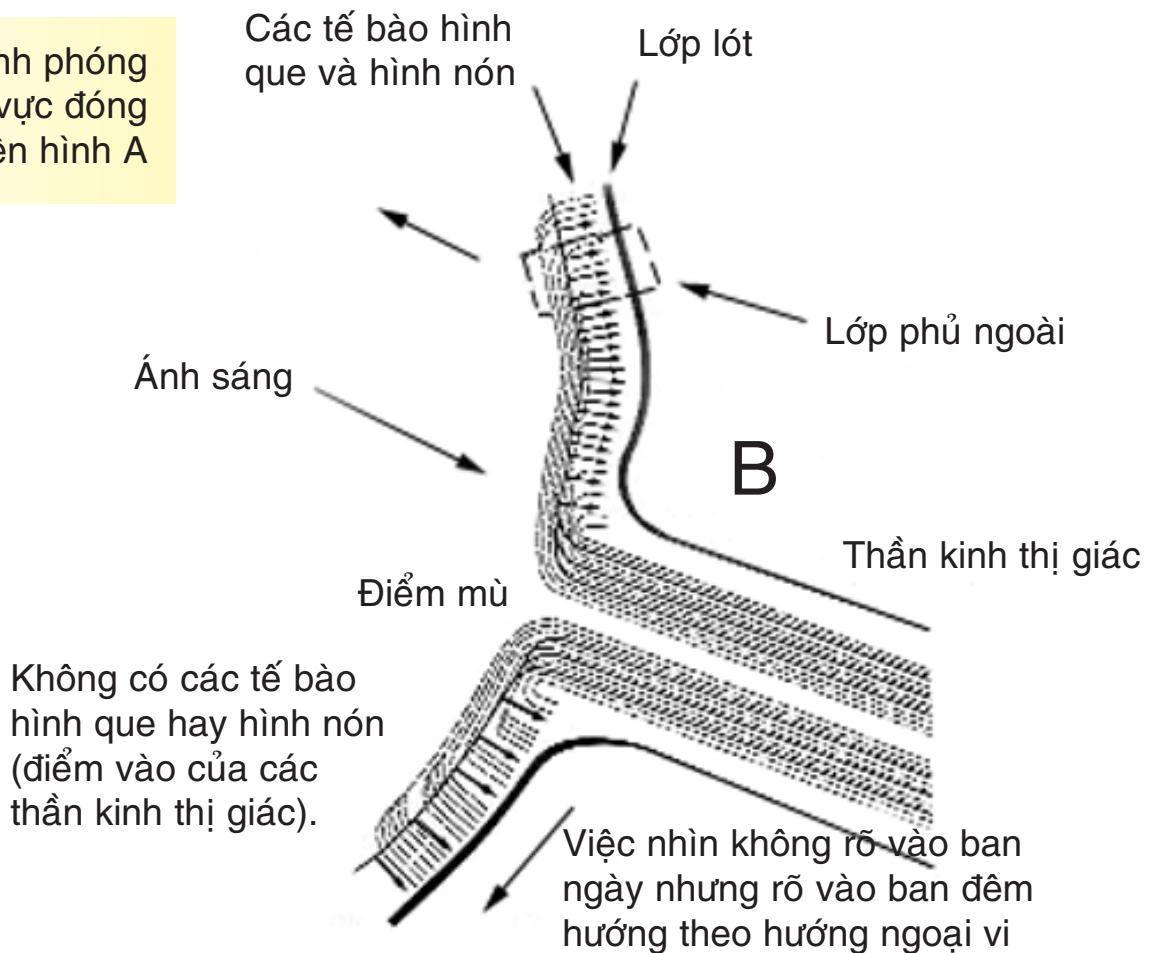
Đối với các tế bào hình nón vốn thường liên quan sự cảm nhận màu sắc bình thường, chúng ta chưa thể tách ra thành một sắc tố quang tương ứng. Điều này chủ yếu là do lượng tế bào hình nón ít hơn rất nhiều so với lượng tế bào hình que. (khoảng 6 hoặc 7 triệu tế bào hình nón so với 110 triệu tế bào hình que), vì thế rất khó chiết sắc tố này ra. Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu cho rằng chắc chắn có ba loại sắc tố nhạy ánh sáng khác nhau đối với sự cảm nhận màu sắc, và chúng bị tách ra thành ba loại tế bào cảm nhận hình nón khác nhau.

Sự hiện hữu của ba sắc tố quang hình nón đã được chứng minh bằng kỹ thuật đo mật độ quang phổ siêu vi. Một chấm sáng nhỏ được chiếu trên mỗi tế bào cảm nhận được lấy ra từ mắt, và sự hấp thụ quang phổ của sắc tố này được đo bằng cách quét nhanh qua quang phổ. Kỹ thuật này đã cho thấy sự hiện hữu của ba sắc tố với sự hấp thụ cao nhất ở bước sóng 450 nm, 530 nm và 560 nm. Ánh sáng tác động lên những sắc tố quang này đã tạo nên sự gia tăng những thay đổi điện từ và những thay đổi này sẽ di chuyển đến não bộ.

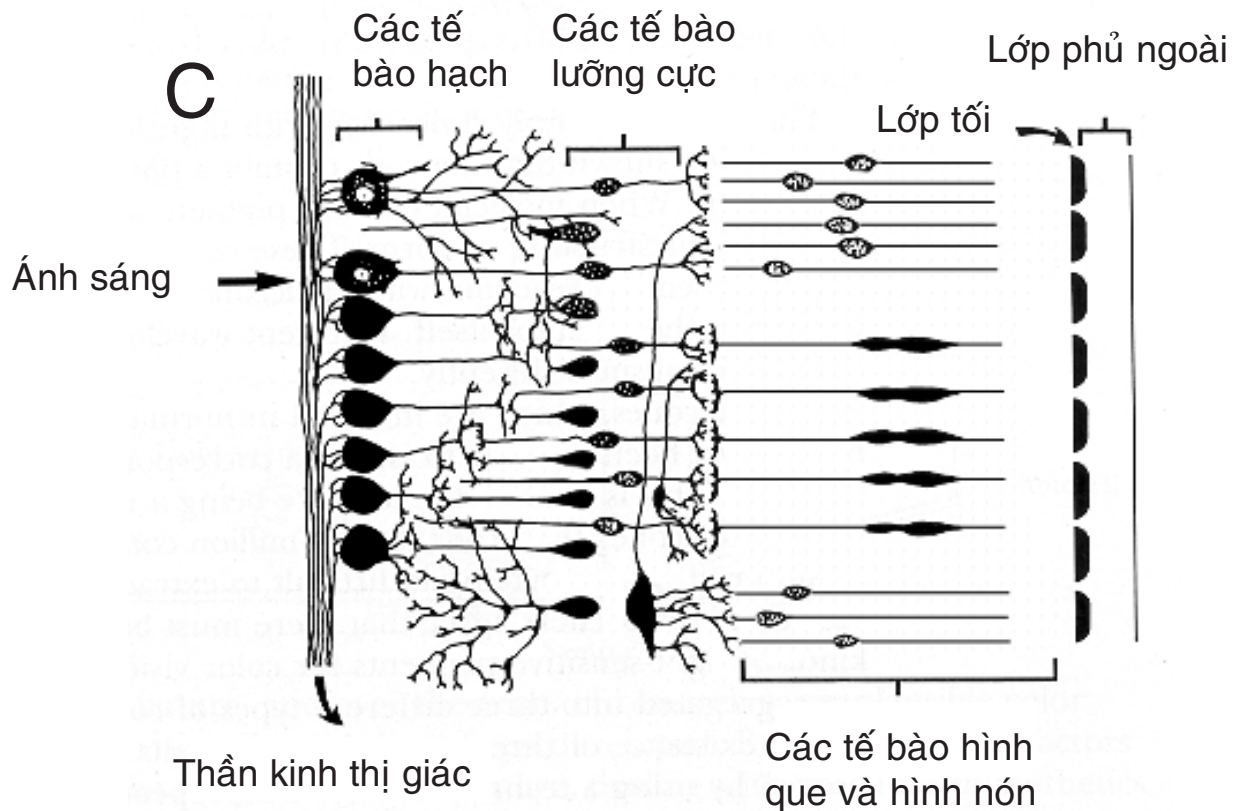
hình A: Mặt cắt ngang qua tâm.



hình B: Hình phóng lớn khu vực đóng khung trên hình A



hình C: Hình phóng
lớn khu vực đóng
khung của hình B



Quá trình cảm nhận màu sắc của con người rất phức tạp và vẫn chưa được hiểu trọn vẹn. Qua nhiều năm, nhiều lý thuyết về sự cảm nhận màu sắc đã được giới thiệu như những lời giải thích về việc chúng ta nhìn màu sắc như thế nào. Các lý thuyết được xếp từ đơn giản đến phức tạp, những lý thuyết phức tạp đưa ra lời giải thích khá hợp lý về hiện tượng cảm nhận màu sắc. Vì những lý thuyết phức tạp không được xây dựng trên những mô hình đơn giản nên chúng ta cần xem xét từ lý thuyết đơn giản đến lý thuyết phức tạp.

LÝ THUYẾT YOUNG - HELMHOLTZ.

Lý thuyết về sự cảm nhận màu sắc này đôi khi còn gọi là lý thuyết võng mạc (retinal approach) hoặc lý thuyết bộ phận (component theory). Thomas Young là người đầu tiên phát triển lý thuyết này vào thế kỷ thứ 19, sau đó H.L.F. von Helmholtz củng cố lại.

Lý thuyết này thừa nhận sự hiện hữu của ba loại tế bào cảm nhận trong võng mạc, chúng lần lượt bị kích thích bởi ánh sáng màu RED, BLUE và GREEN, những tế bào cảm nhận này được nối trực tiếp đến não bộ để tạo ra các tín hiệu màu Red, Blue, Green tỉ lệ với màu sắc của ánh sáng chiếu đến võng mạc. Minh họa kèm theo cho thấy mối quan hệ này.

Như đã đề cập đến trước đây, các thí nghiệm đã cho thấy rằng các tế bào cảm nhận hình nón trong mắt thực có những phản ứng màu sắc khác nhau. Tuy nhiên đó không chỉ là những phản ứng màu Red, Blue và Green mà có khuynh hướng rộng hơn nhiều so với lý thuyết Young Helmholtz nêu ra. Lý thuyết này không đưa ra một lời giải thích đủ sức thuyết phục cho sự cảm nhận màu sắc dị biệt, cũng không giải thích thỏa đáng việc chúng ta cảm nhận những màu sắc đặc biệt nào đó như thế nào chẳng hạn như màu vàng quang phổ.

LÝ THUYẾT HERING.

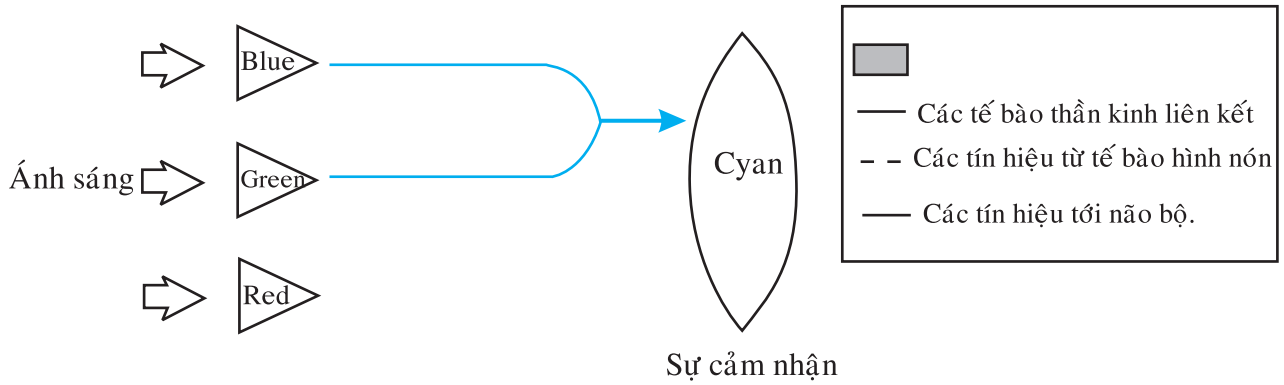
Ewald Hering đã phát triển lý thuyết về sự cảm nhận màu sắc vào những năm 1870. Lý thuyết này được gọi là lý thuyết đối nghịch.

Lý thuyết này cho rằng ba loại tế bào cảm nhận màu sắc trong võng mạc có những phản

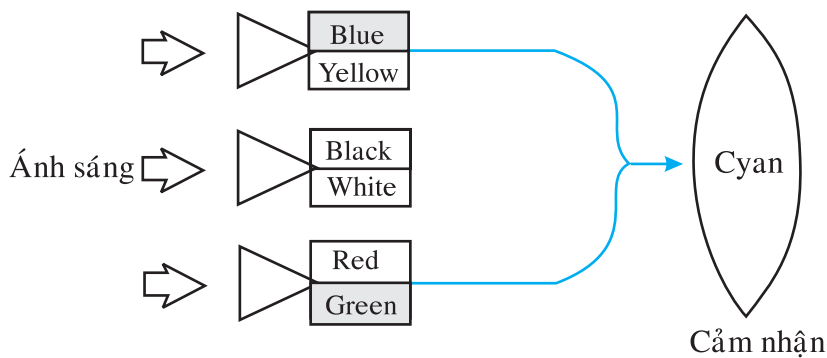
ứng hoặc tính nhạy cảm đối lập nhau. Nghĩa là một tế bào cảm nhận nhạy với màu Red và màu Green, một nhạy với màu Blue và màu vàng và loại tế bào thứ ba nhạy với màu trắng và đen.

Trước khi xảy ra quá trình đồng hóa hoặc dị hóa, thí dụ như vùng Red hoặc vùng Green của tế bào thu nhận tín hiệu red - green gửi một tín hiệu đến não bộ. Tín hiệu này đại diện cho tính chất Red hoặc Green của ánh sáng đến võng mạc. Quá trình này được gọi là đối nghịch vì không thể có màu Green ngả Red hoặc vàng ngả Blue, vì thế các màu này phải đối nghịch với nhau. Các tế bào cảm nhận trắng - đen hoạt động hơi khác biệt (có thể có màu đen hơi trắng hoặc màu xám). Hiệu ứng tương phản liên tục tạo ra màu đen. Nghĩa là một vùng tối gần một vùng trắng sẽ có khuynh hướng tạo ra màu đen vì những tế bào cảm nhận trắng - đen trong vùng trắng sẽ gây ra hiệu ứng đối nghịch lên những tế bào cảm nhận tương tự trên những phần lân cận của võng mạc. Minh họa kèm theo tóm tắt lý thuyết cảm nhận màu sắc Hering.

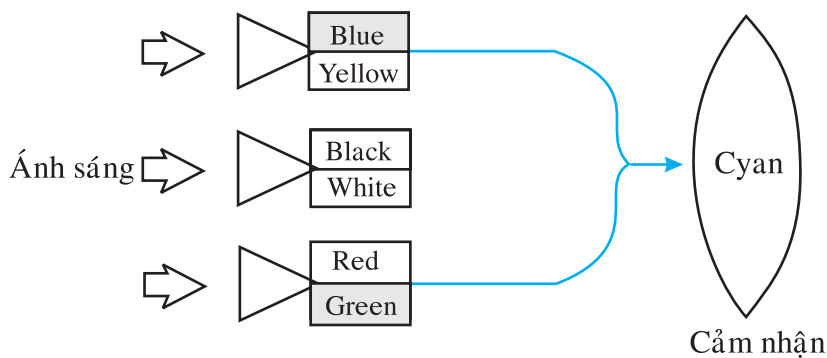
Chưa có bằng chứng nào cho thấy có bất kỳ một chất nào có thể tạo ra hai hiệu ứng tách biệt nhau bằng quá trình đồng hóa và dị hóa. Các tế bào lưỡng cực kết nối vào các tế bào hình nón tạo ra các tín hiệu đối lập, nhưng cũng không có bằng chứng nào đáng tin cậy chứng minh rằng cơ chế này sẽ chi phối tất cả các hiện tượng cảm nhận màu sắc. Cụ thể là lý thuyết này không thể giải thích được hai loại khác nhau của chứng mù màu Red - Green. Lý thuyết Hering cho rằng hai loại này là một.



Thuyết nhìn màu của Young-Helmholtz : trong thuyết này hai ông cho rằng có 3 loại tế bào hình nón cảm nhận tương ứng với sự thay đổi của các bước sóng Red, Green và Blue rồi gửi các tín hiệu đến não bộ, não bộ sẽ tổng hợp các tín hiệu lại và tạo ra các cảm giác về màu.



Thuyết nhìn màu của Hering : Các tế bào cảm nhận ở võng mạc bao gồm các tế bào hình nón có khả năng phân biệt các cặp màu Vàng - Blue; Red - Green; trắng - đen. Khi các tế bào cảm nhận bị kích thích, một bộ mã hóa sẽ chuyển tín hiệu màu thông qua một hướng (1 trong 2 màu của cặp màu) tùy thuộc vào màu của ánh sáng kích thích.



Thuyết nhìn màu của Hürich - Jaméon về việc nhìn màu : trong học thuyết phức tạp này, mỗi tế bào hình nón liên kết với 3 màu riêng biệt. Các tín hiệu từ tế bào hình nón kích thích các tế bào riêng biệt và yếu tố chủ đạo gây bởi các tế bào riêng biệt sẽ chuyển sang hướng này hay hướng khác.

LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH ĐỐI NGHỊCH.

Lý thuyết này còn được gọi là lý thuyết vùng (zone theory) hoặc lý thuyết Hurvich - Jameson. (Leo.M. hurvich và Dorothea Jameson). Lý thuyết này kết hợp các yếu tố của lý thuyết Young - Helmholtz và lý thuyết Hering.

Ba tế bào phản ứng riêng lẻ hình nón trong lý thuyết Young - Helmholtz được kết hợp trong mô hình này. Các phản ứng của mỗi tế bào hình nón này rất rộng, tuy nhiên chỉ có những đỉnh điểm tại các bước sóng 450 nm, 530 nm và 560 nm. Vì thế thay vì gọi chúng là các điểm tiếp nhận màu Red - Green - Blue, hay gọi chính xác hơn là các điểm tiếp nhận các bước sóng ngắn, trung bình và dài.

Ý tưởng đối lập trong lý thuyết Hering được kết hợp lại ở cấp độ tế bào thần kinh. Một số tế bào thần kinh luôn luôn ở trong tình trạng hoạt động dù không có sự kích thích. Nếu được kích thích thì tần số rung động của chúng tăng lên và nếu ngừng kích thích thì tần số rung sẽ giảm. Vì thế hai loại thông tin đối lập nhau có thể được truyền dẫn bởi một dây thần kinh. Người ta cho rằng các tế bào hạch hoạt động như các tế bào đối lập (mỗi tế bào hạch được nối với ba tế bào hình nón).

Các mối liên kết giữa các tế bào hình nón và các tế bào đối lập được trình bày trong sơ đồ minh họa (mô hình quá trình đối lập Hình C trang 30 - lý thuyết cảm nhận màu sắc của Hurvich Jameson). Cơ chế cảm nhận màu sắc có thể được giải thích dưới dạng đại số. Hãy xem xét tế bào đối lập Blue - Vàng. Giả sử rằng phần trên là vàng và nửa phần dưới là

Blue. Nửa phần trên (vàng) nhận kết quả từ các tế bào hình nón có bước sóng dài (L) và trung bình (M). Giả sử rằng kết quả này sẽ kích thích tế bào, sự kích thích có thể được đặt là L+M. Nửa phần dưới của tế bào (Blue) nhận kết quả từ các tế bào hình nón có bước sóng ngắn (S), giả sử kết quả này kích thích tế bào, vì thế đặt nó là - S. Hoạt động của tế bào này có thể được diễn tả bằng công thức:

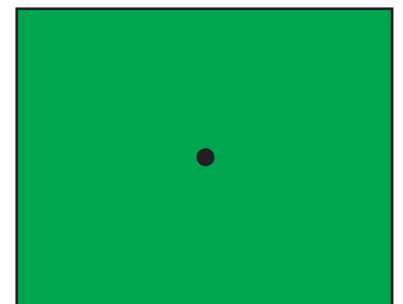
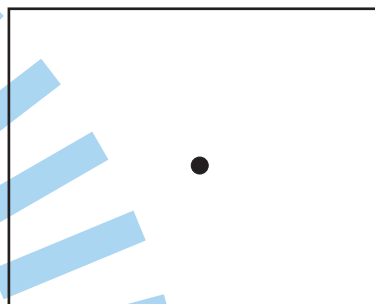
$$[\text{Yellow}(+) / \text{blue}(-)] = (L + M) - S$$

Nếu vế phải của phương trình dương (nghĩa là nếu $L + M > S$) thì một tín hiệu màu vàng được tạo ra. Nếu $S > L + M$ thì tạo ra tín hiệu màu Blue. Các tế bào đối lập Red - Green cũng hoạt động theo cách tương tự, do đó:

$$[\text{Red}(+) / \text{Green}(-)] = (L + S) - M$$

Màu đen được cảm nhận do sự ức chế đơn phương. Các tế bào trên một phần của võng mạc tác động gây ra hoạt động đối nghịch trong các tế bào tương tự trên những phần lân cận của võng mạc. Vì thế màu đen là một hiệu ứng tương phản. Các tế bào Red - Green và Blue - Yellow cũng có những mối liên kết đơn phương mà không được chỉ ra trong minh họa.

Thử nghiệm dư ảnh



Lý thuyết quy trình đối lập đã có những giải thích đáng tin cậy cho sự cảm nhận màu sắc không bình thường cũng như các dư ảnh âm và sự tương phản đồng thời. Để thể nghiệm phản ứng này, hãy xem minh họa. Hãy nhìn một điểm trên hình vuông màu Green trong vòng 20 giây sau đó chuyển nhanh mắt của bạn sang chấm đen trên hình vuông màu trắng bên cạnh. Bạn sẽ thấy một hình vuông Red, một màu đối lập của màu Green.

Thí nghiệm này có thể tiến hành lặp lại với bất kỳ màu nào để thấy rằng màu đối lập luôn luôn có thể thấy được trong dư ảnh (Red - Green, Yellow - Blue, Black - White).

Các yếu tố như tương phản màu đồng thời và tương phản biên diễn tả một khía cạnh khác của sự cảm nhận màu vốn rất quan trọng đối với sự phức chế màu. Tương phản màu đồng thời là một phản ứng xảy ra khi các màu giống nhau có vẻ khác nhau khi chúng có các màu viền khác nhau. Tương phản màu biên xảy ra khi hai tông gặp nhau để có độ tương phản cao hơn ở biên.

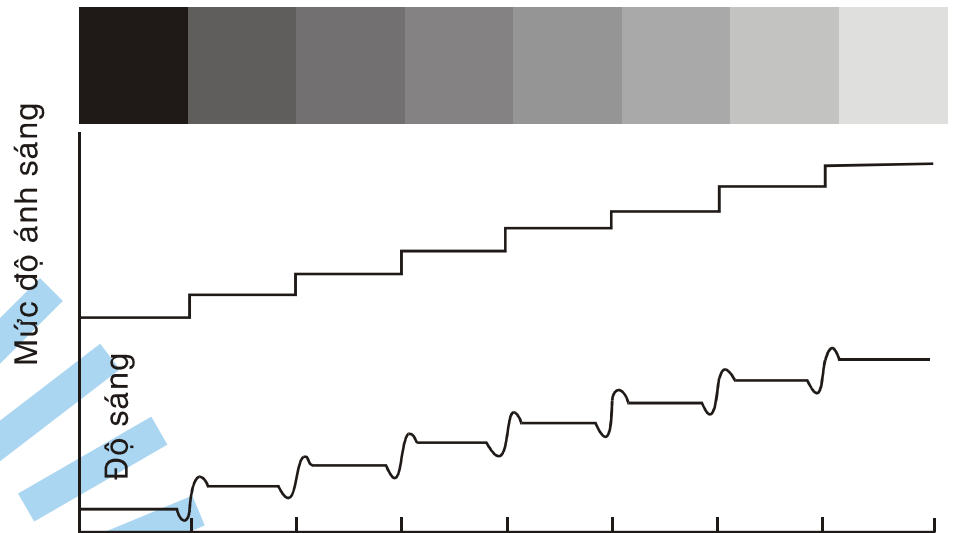
Lời giải thích cho những phản ứng này bắt đầu từ thực tế là võng mạc được tạo thành bởi các nhóm tế bào có cùng đặc tính được gọi là các vùng cảm nhận. Các vùng này có kích thước thay đổi, những vùng gần vùng trung tâm bằng khoảng $1/20$ kích thước của những vùng nằm ở rìa mắt. Lý thuyết về quy trình đối lập của sự cảm nhận màu sắc cho rằng những hệ trung tính được liên kết với nhau để tạo thành những ảnh hưởng tương phổ đơn phương. Do đó trung tâm của vùng tiếp nhận

có thể cảm nhận màu Red, trong khi vùng biên có thể ghi nhận màu Green, nên nếu màu Red này bao quanh một chấm màu Green thì chấm này trông sẽ mạnh mẽ hơn một chấm tương tự nhưng trên một nền trung tính bởi vì ảnh hưởng của màu Red mạnh hơn ảnh hưởng của màu Green. Những loại tác động tương hỗ như thế cũng được đưa ra để giải thích sự thay đổi rõ ràng về mật độ tại các biên của hai tông màu xám kề cận nhau.

Hiệu ứng tương phản màu đồng thời : 4 vòng tròn màu nhỏ giống nhau theo từng cặp ở hình bên phải và bên trái nhưng lại nhìn khác nhau do màu viền xung quanh khác nhau.



Hiệu ứng tương phản biên : Các ô của thang xám có màu đồng nhất nhưng tại các cạnh giao nhau thì nhìn tối hơn một chút.



Để kết luận phần này, chúng ta cần xem xét sự cảm nhận màu sắc không bình thường (cụm từ “chứng mù màu” không còn được ưa

chuộng nữa). Vấn đề này ảnh hưởng chủ yếu đến nam giới - khoảng 8% nam giới da trắng, 5% Á Châu và 3% da đen. Đối với nữ giới (tất cả các màu da) con số này chỉ chiếm khoảng 0,4%. Các nghiên cứu về phạm vi của sự cảm nhận màu sắc dị biệt đã được tóm tắt trong quyển “màu sắc: hướng dẫn về những thực tế và quan niệm cơ bản” trang 102.

Tính dị biệt này được di truyền. Theo mẫu di truyền bình thường thì khuyết điểm này sẽ được con trai của các bà mẹ có cha mang chứng cảm nhận màu sắc khiếm khuyết thừa hưởng. Các ông bố truyền tính dị biệt này cho con gái của họ, những đứa con này đóng vai trò như những người truân chuyển. Như đã nói ở phần trên, có rất ít nữ giới thật sự có chứng cảm nhận màu sắc yếu, nhưng đa số họ là người truân chuyển bệnh. Trong một số gia đình có thể tất cả các con trai đều thừa hưởng tính dị biệt này từ mẹ của chúng và cũng có thể một số con gái trong gia đình lại thừa hưởng gen lặn này mà trở thành người truân chuyển bệnh.

Loại cảm nhận màu sắc khiếm khuyết thông thường nhất là lẫn lộn giữa màu Red và Green. Các hình thức biến dạng của nó bao gồm: Protanopia, trong đó màu Red và Green ngả Blue bị lẫn lộn, và độ sáng tương đối của màu Red thấp hơn nhiều so với người bình thường. (ảnh hưởng đến khoảng 1% nam giới da trắng), Protanomalous: Sự pha trộn màu Red và Green nhiều hơn lượng màu Red bình thường cần thiết để có được một màu vàng nào đó. (ảnh hưởng đến 1% nam giới da trắng). Deuteranopia, là hiện tượng lẫn lộn

giữa màu Red và Green nhưng đường cong độ sáng gần như bình thường (ảnh hưởng đến 1% nam giới da trắng). Deuteranomaly là hiện tượng pha trộn màu Green - Red và cần lượng màu Green nhiều hơn bình thường để tạo ra màu vàng quang phổ. (hình thức dị biệt thông thường nhất, ảnh hưởng đến khoảng 5% nam giới da trắng). Những dạng khác của bệnh cảm nhận màu sắc khiếm khuyết là tritanopia và monochromatism. Tritanopia là hiện tượng lẫn lộn màu Blue và Vàng cũng như độ sáng tương đối cho màu Blue thấp hơn nhiều so với sự cảm nhận bình thường (rất hiếm, có thể ảnh hưởng không đến 0,0001% nam giới), monochromatism là bệnh hoàn toàn thiếu sự phân biệt giữa tông màu và độ bão hòa màu (cũng rất hiếm, ảnh hưởng đến khoảng 0,003% nam giới da trắng).

Có rất nhiều dụng cụ thử nghiệm sẵn có để phát hiện cảm nhận màu sắc dị biệt. Dụng cụ tốt nhất cho mục đích này là kính đo độ bất thường Nagel. Tuy nhiên công dụng của nó chỉ giới hạn trong phòng thí nghiệm vì nó rất đắt. Hình thức kiểm tra phổ biến nhất là dùng các đĩa pseudoisochromatic, chúng chỉ bằng một quyển sách nhỏ, không đắt và dễ thực hiện. Cuộc thử nghiệm nổi tiếng nhất là cuộc thí nghiệm Ishihara, tại cuộc thử nghiệm này các con số chứa các chấm có kích thước và màu sắc thay đổi được đặt chồng lên trên các nền được tạo thành từ các chấm tương tự. Khả năng nhận biết các con số từ nền là một phép đo sự cảm nhận màu sắc bình thường. Một phiên bản khác của loại thử nghiệm này là bộ đĩa Hardy - Rand - Rittler của công ty

American Optical. Trong phiên bản này các hình tam giác, hình tròn và hình chữ thập được sử dụng trên nền chấm xám. Một thử nghiệm được sử dụng rộng rãi khác là thử nghiệm Farnsworth - Munsell 100 tông. Tại cuộc thử nghiệm này người quan sát được yêu cầu sắp xếp một loạt các mảnh màu nhỏ theo thứ tự liên tục tùy theo màu sắc. Thử nghiệm này có thể được sử dụng để kiểm tra khả năng phối hợp màu cũng như chuẩn đoán những dị biệt trong việc cảm nhận màu sắc. Tất cả các thử nghiệm phải được tiến hành dưới ánh sáng ban ngày. Các cuộc thử nghiệm nhìn chung rất đáng tin cậy, tuy nhiên cũng có thể có sự chuẩn đoán nhầm trong một vài trường hợp.

Thử nghiệm Farnsworth
Munsell 100 tông



Ngoài sự cảm nhận màu sắc bất thường được đề cập trên đây, cũng nên nhớ rằng, trong số những người bình thường thì sự cảm nhận màu sắc cũng khác nhau. Phần lớn sự thay đổi giữa những người này là do sắc tố macular, đó là một sắc tố vàng bao phủ

khoảng 50 vùng hình elip (bầu dục) xung quanh vùng trung tâm mắt. Lượng sắc tố này thay đổi từ người này sang người khác. Tương tự khi chúng ta lớn tuổi, thì thủy tinh thể của mắt trở lên vàng hơn và ngày càng ít các bước sóng màu Blue được chuyển tới võng mạc. Sự mệt mỏi cũng ảnh hưởng đến khả năng phân biệt màu sắc của chúng ta.

Quan điểm còn lại chủ yếu liên quan đến sự cảm nhận màu sắc, đặc biệt là đối với việc phục chế và in màu là những vấn đề gì có thể phát sinh khi những người mắc bệnh cảm nhận màu sắc bất thường đưa ra những nhận xét về màu sắc. Thật khó khái quát về điều này, nhưng hãy tham khảo các hướng dẫn khá hợp lý sau đây:

- *Nhận xét chất lượng màu sắc:* Đối với những nhận xét liên quan đến chất lượng của một bản phục chế màu hoặc sự hài hòa của một bản thiết kế màu, người nhận xét nên có sự cảm nhận màu sắc càng bình thường càng tốt.
- *Phối màu:* Đối với việc phối hợp màu này với màu khác thì những người có bệnh cảm nhận màu sắc bất thường thật sự tốt hơn một số người bình thường. Trong khi điều này có thể đúng với các màu chứa cùng các sắc tố, thì nó không áp dụng cho các hệ màu khác nhau đang được so sánh, chẳng hạn như giữa một hình vẽ hoặc một tấm hình chụp với một bản in. vì thế một thợ in ấn mắc chứng cảm nhận màu khiếm khuyết vẫn có thể được chấp nhận miễn là anh ta có thể so sánh bản in này với bản in khác, nhưng không thể chấp nhận được một nhân viên chấm sửa

ảnh hoặc một nhà thiết kế hay một họa sĩ như thế đưa ra những so sánh giữa một tác phẩm nghệ thuật vẽ thủ công với một tờ in chẳng hạn. Khả năng phối hợp các màu có thể được đánh giá bằng bộ kiểm tra sự hòa màu.

CÁC YẾU TỐ TÂM LÝ

Việc giải thích các yếu tố tâm lý cũng khó khăn không kém gì các yếu tố sinh lý, ngành khoa học về tâm lý học là ngành khoa học định hướng tốt và đã đưa ra một số thuyết về sự cảm nhận màu sắc rất hữu dụng và đáng tin cậy. Để hiểu thêm những nhân tố khác, chúng ta hãy tìm hiểu về các lĩnh vực nghệ thuật, nhân chủng học và tâm lý học. Trong nghệ thuật chúng ta tìm ra nhiều quy luật khác nhau chẳng hạn những quy luật về sự hài hòa màu sắc vốn được nhiều ngành nghề liên quan đến các khía cạnh nghệ thuật của màu sắc chấp nhận. Với nhân chủng học chúng ta có thể khám phá các nền văn hóa cụ thể sử dụng màu sắc như thế nào và màu sắc có ý nghĩa gì đối với các nền văn hóa này. Với tâm lý học và y học, một hiểu biết mới về các khía cạnh tình cảm của màu sắc đang bắt đầu xuất hiện.

Ví dụ thử nghiệm màu sắc của Luscher sử dụng một chuỗi 8 màu được sắp xếp để biểu lộ cá tính của con người. Một số người nghi ngờ, nhưng ít ra nó cũng được giải quyết được vấn đề về những mối liên hệ cơ bản giữa màu sắc và thái độ của con người.

Người ta tin rằng bất kỳ một màu nào đó đều có mối liên hệ tất yếu với các truyền thống văn hóa, cụ thể là các sự kiện, tình cảm hoặc đất nước. Chẳng hạn như màu xanh và màu đỏ của lễ giáng sinh, màu đen là màu

tang tóc (ở các nước phương tây), màu xanh dương là màu của miền Bắc và màu xám là màu của miền Nam trong cuộc nội chiến ở Mỹ, màu lục là màu của tình cảm ghen tị, màu xanh dương tượng trưng cho sự thất vọng và màu trắng là biểu tượng cho sự thanh khiết, v.v...

Gần đây hơn, các màu sắc đặc trưng đã có sự liên hệ đến sản phẩm, chẳng hạn như màu lục tượng trưng cho thuốc lá có tẩm tinh dầu bạc hà, các màu tông lam (pastel) dành cho mỹ phẩm, các màu sắc sỡ dành cho các loại bột giặt, hoặc các tông màu đất dành cho thực phẩm tự nhiên. Màu sắc cũng được dùng để xác định sản phẩm của một công ty nào đó. Chẳng hạn những nhà sản xuất phim ảnh nghệ thuật sử dụng các màu sau đây để xác định các hợp kim của họ: vàng cho Eastman Kodak, xanh lục cho Du Pont, xanh dương cho 3M. Cam đỏ cho Agfa - Gevaert và màu lục sáng cho phim Fuji.

Vấn đề không phải là liệu màu sắc có thể gợi sự liên tưởng nào không? Mọi người đều cho là có hay chỉ đơn thuần là thói quen?, hay con người có một tình cảm bẩm sinh về màu sắc? Câu hỏi này rất khó trả lời. Có lẽ, hầu hết những tình cảm của chúng ta về màu sắc chỉ đơn giản được giải thích bằng truyền thống, nhưng có bằng chứng cho thấy rằng có thể có một số tình cảm cơ bản của con người về màu sắc. Chẳng hạn thái độ của một người đang bức bối sẽ thay đổi khi đặt anh ta vào trong các phòng có những màu sắc đặc biệt nào đó. Đương nhiên hiệu quả tương tự cũng xảy ra đối với các em bé chưa từng được dạy

về những liên tưởng màu sắc. Công dụng của liệu pháp chữa trị bệnh bằng màu sắc này đã có từ thế kỷ 19 nhưng cho đến nay nó cũng đã được nghiên cứu có hệ thống hơn.

Các nguyên tắc về sự hài hòa màu sắc. Các màu gần nhau về tông màu và các màu bổ trợ của nó khi phối hợp sẽ tạo nên sự hài hòa thú vị. Có một sự giải thích hợp lý. Nếu đặt hai màu không hài hòa lại với nhau, thì các tông màu có vẻ thay đổi khi mắt được di chuyển từ màu này sang màu khác. Dư ảnh của màu này sẽ nhất thời sẽ ảnh hưởng đến sự cảm nhận màu kia. Vì các dư ảnh được bổ sung vào màu sắc nên các màu hài hòa sẽ không tạo ra bất kỳ sự chuyển đổi tông màu nào. Các dư ảnh của những màu bổ sung sẽ xuất hiện để cộng hưởng lẫn nhau, trong khi đó các màu lân cận nhau sẽ không tạo ra các dư ảnh đủ mạnh để gây nên một sự thay đổi tông màu đáng kể. Điều vừa đề cập trên đây chỉ áp dụng cho các vùng màu đồng nhất, độ bão hòa cao và độ sáng trung bình. Thông thường, tông màu, độ sáng, độ bão hòa và đặc điểm của vùng màu là các yếu tố được xem như những giải thích cho sự hài hòa hoặc không hài hòa màu sắc.

Nhân tố cuối cùng liên quan đến màu sắc là tính sáng tạo có liên quan đến công dụng của màu sắc. Để có hiệu quả, người sử dụng đầu tiên phải hiểu các nguyên tắc quan trọng về màu sắc, kế đến phải biết mục đích của công việc và cuối cùng phải sử dụng trí tưởng tượng. Trong in ấn và các ngành có liên quan chúng ta thường cho rằng các nhà thiết kế, nhiếp ảnh và có khi là các thợ in là những

người có liên quan đến các khía cạnh sáng tạo của màu sắc. Đương nhiên màu sắc cũng được những người khác sử dụng, chẳng hạn như những nhà thiết kế trang trí nội thất, các nhà thiết kế thời trang, họa sĩ, kiến trúc sư, các nhà thiết kế công nghiệp•. Kiến thức mục đích, tính sáng tạo là những yếu tố mang tính quyết định cho việc sử dụng màu sắc thành công trong tất cả các lĩnh vực này.

TÓM TẮT

Nguồn sáng, vật thể, người quan sát là ba yếu tố chính của sự cảm nhận màu sắc. Trong ba yếu tố này, người quan sát tạo ra sự biến đổi lớn nhất trong việc cảm nhận màu sắc. Không chỉ có một phần nào đó trong dân số mắc chứng cảm nhận màu khiếm khuyết mà những người bình thường cũng phải chịu đựng những thay đổi trong việc cảm nhận màu sắc do tuổi tác và sự mệt mỏi. Thậm chí sau khi chuẩn hóa các yếu tố này, chúng ta vẫn thấy có sự cảm nhận màu sắc khác nhau giữa người này và người khác. Điều này cũng không quá ngạc nhiên, vì mỗi người đều khác nhau về các giác quan như thính giác, và về các đặc điểm thể chất chẳng hạn như chiều cao, màu da, cân nặng, giới tính v.v... Các yếu tố phi tâm lý cũng góp phần tạo nên nhiều biến đổi hơn. Chẳng hạn như những tình cảm nghệ thuật, nền tảng văn hóa, và thậm chí sự ưa chuộng màu sắc bẩm sinh. Đây có lẽ là những yếu tố khó dự đoán và điều chỉnh nhất.

Biến đổi lớn thứ hai trong việc cảm nhận màu sắc là nguồn ánh sáng. Màu sắc có thể thay đổi đáng kể khi thay đổi nguồn chiếu sáng. Người ta đã lập ra một tiêu chuẩn để quan sát ẩn phẩm, tiêu chuẩn này giúp loại trừ

sự lẫn lộn và các vấn đề trong việc nhận xét và giao tiếp màu sắc.

Vật thể, như một hàng số, có thể thay đổi về hình dáng tùy thuộc vào độ bóng hiện có. Việc xác định một góc quan sát cố định giúp làm giảm vấn đề này. Những vấn đề do các yếu tố trên mang lại được xếp từ có thể dự đoán cho đến không thể dự đoán được. Chẳng hạn như với hiện tượng Meta là một vấn đề đã được hiểu rõ. Đó là sự hấp thụ quang phổ khác nhau của hai màu (đang xem xét) làm cho hai màu này giống nhau dưới nguồn ánh sáng này nhưng khác nhau dưới một nguồn ánh sáng khác.

Tuy nhiên, những vấn đề về màu sắc có liên quan đến những khác biệt cá nhân giữa hai người lại càng khó giải quyết hơn. Có thể là một hoặc cả hai người đều có chứng cảm nhận màu sắc khiếm khuyết mà họ không biết trừ khi họ được kiểm tra. Cũng có khả năng là, cuộc tranh luận chỉ xoay quanh công dụng của một màu hoặc thành tựu thật sự của một màu trong kết quả cuối cùng. Hy vọng rằng sự hiểu biết về lý thuyết màu sắc sẽ giúp giảm những khác biệt này trong việc phục chế màu, nhưng đối với việc chọn lọc màu sắc có lẽ không tránh khỏi. Mọi người mong muốn rằng những khác biệt vẫn tồn tại nhất là về mặt tâm lý để cuộc sống phong phú hơn.