BrienHoldenVisionInstitute

ĐO BỨC XẠ, ĐO QUANG, HÀM LAMBDA

TÁC GIẢ

Thomas Salmon: Đại học bang Northeastern, Hoa kì

THẨM ĐỊNH

Scott Steinman: Đại học khúc xạ nhãn khoa Nam California, Hoa kì

CHƯƠNG NÀY BAO GỒM CÁC NỘI DUNG:

- Đo bức xạ
- Đo quang
- Các hàm độ chói CIE
- Các đại lượng cơ bản trong đo quang

ĐO BỨC XẠ (RADIOMETRY)

Câu hỏi: Đo bức xạ là gì? Sự khác nhau giữa đo bức xạ và đo quang là gì?

Trả lời: Đo bức xạ mô tả các đặc tính vật lí của ánh sáng, nhưng đo quang mô tả ánh sáng từ một hệ qui chiếu thị giác. Đo bức xạ đo năng lượng, bất kể năng lượng đó có được phát hiện bởi hệ thống thị giác hay không, đo quang định lượng ánh sáng như là nó được nhận thấy bởi một người quan sát tiêu chuẩn.

NĂNG LƯỢNG VÀ CÔNG SUẤT

Đơn vị cơ bản của **năng lượng** là *Jun*. Công suất là *năng lượng trong một đơn vị thời gian*. Đơn vị cơ bản của *công suất là watt*.

1 watt = 1 Jun /1 giây

Một bóng đèn được xếp loại *năng lượng bức xạ (radiant power)* 60 watt sinh ra 60 Jun năng lượng mỗi giây. Nếu đèn được bật trong 10 giây thì nó sinh ra 600 Jun năng lượng. Số này mô tả tổng công suất năng lượng của nguồn sáng ở mọi hướng.

ĐO BỨC XẠ (TIẾP THEO)

CƯỜNG ĐỘ BỨC XẠ (RADIANT INTENSITY)

Một *nguồn điểm* phát năng lượng bức xạ ở tất cả các hướng. Nếu nguồn nằm ở tâm của một hình cầu thì năng lượng của nó sẽ được phân bố ở khắp mặt trong của hình cầu. Trong một số trường hợp, bạn cần biết năng lượng tập trung thế nào ở một hướng cụ thể, tức là bao nhiêu năng lượng chứa trong một thể tích xác định. Lượng năng lượng chứa trong một thể tích hình nón xác định được gọi là *cường độ bức xạ*. Năng lượng trong hình nón càng nhiều thì cường độ bức xạ của nó càng lớn. Đơn vị của góc khối (kích thước hình nón) là steradian (Hình Schwartz 4-5).

Steradian = Diện tích ở miệng nón/(độ dài nón)^2

Để cảm nhận được độ lớn của một steradian, hãy hình dung một nón kem ốc quế có khẩu độ đường kính 17.15 cm và có chiều dài 15,24 cm. Một hình nón như vậy có thể tích góc khoảng 1 steradian. Cường độ bức xạ định lượng sự tập trung ánh sáng đến từ chỉ một nguồn điểm và được biểu diễn bằng watt/steradian.

ĐỘ TRƯNG (RADIANCE)

Một nguồn rộng như một đèn huỳnh quang dài có thể được coi như là một tập hợp các điểm. Lượng năng lượng bức xạ phát ra từ một nguồn rộng được gọi là **độ trưng**. Độ trưng được biểu diễn bằng đơn vị watt/steradian/m^2.

ĐỘ RỌI BỨC XẠ (IRRADIANCE)

Lượng năng lượng bức xạ rơi vào một bề mặt là **độ rọi bức xạ**. Độ rọi bức xạ được biểu diễn bằng watt/m^2. Cần chú ý không nhầm lẫn giữa độ trưng và độ rọi bức xạ. Độ trưng là năng lượng phát ra từ một bề mặt (năng lượng thoát ra). Độ rọi bức xạ là năng lượng rơi vào một bề mặt (năng lượng đi tới).

ĐO QUANG (PHOTOMETRY)

Với kiến thức cơ bản này về đo bức xạ, tiếp theo chúng ta sẽ nghiên cứu chủ đề đo quang. Đo bức xạ mô tả các đặc tính vật lí của ánh sáng, nhưng đo quang mô tả ánh sáng từ một hệ qui chiếu thị giác. Đo bức xạ đo năng lượng, bất kể năng lượng đó có được phát hiện bởi hệ thống thị giác hay không, đo quang định lượng ánh sáng như là nó được nhận thấy bởi một **người quan sát tiêu chuẩn**.

Trong khúc xạ nhãn khoa, chúng ta thường quan tâm đến đo quang nhiều hơn là đo bức xạ, nhưng có một số trường hợp trong đó đo bức xạ lại cần thiết hơn. Thí dụ, khi nghiên cứu tác dụng của laser đối với các mô của mắt, chúng ta không quan tâm đến việc trông nó sáng thế nào mà đúng hơn là năng lượng được truyền đến các mô nhiều hay ít để điều trị các bệnh mắt hoặc để gây tổn hại các mô này. Trong trường hợp đó, bạn sẽ quan tâm đến dữ liệu đo bức xạ nhiều hơn là đo quang.

Đo quang liên quan chặt chẽ với đo bức xạ, nhưng cần tránh nhầm lẫn 2 khái niệm này. Đối với ánh sáng nhìn thấy, rõ ràng là năng lượng nhiều hơn hoặc cường độ mạnh hơn sẽ làm cho nó sáng hơn. Đó là lí do tại sao một bóng đèn 100 watt lại sáng hơn bóng đèn 60 watt. Đối với ánh sáng cực tím hoặc ánh sáng hồng ngoại, ngay cả khi tăng thêm năng lượng, chúng ta vẫn không nhìn thấy ánh sáng.

Khi so sánh độ sáng biểu kiến của các nguồn sáng có bước sóng khác nhau, cần phải tính đến độ nhạy của mắt cho các bước sóng khác nhau. Thí dụ một laser màu lục 5 mW sẽ sáng hơn laser màu đỏ 5 mW, vì mắt nhạy với ánh sáng màu lục hơn là màu đỏ.

CÁC HÀM ĐỘ CHÓI CIE (LUMINOSITY FUNCTIONS)

Để đơn giản, chúng ta hãy xét một nguồn sáng đơn sắc (bước sóng đơn) mà mắt người thấy được. Để tính độ sáng của nó cho một người quan sát chuẩn (tức là **cường độ ánh sáng**) bạn cần phải biết các thông số của nó:

- Công suất bức xạ (tính bằng watt)
- Bước sóng
- Độ nhạy của mắt ở bước sóng đó

Độ nhạy của mắt với các bước sóng khác nhau, cho một người quan sát chuẩn, được đưa ra bởi CIE (Commission Internationale de l"Eclairage = Ủy ban chiếu sáng quốc tế) năm 1924. Bộ dữ liệu tiêu chuẩn hóa này là cơ sở của lĩnh vực đo quang và được gọi là:

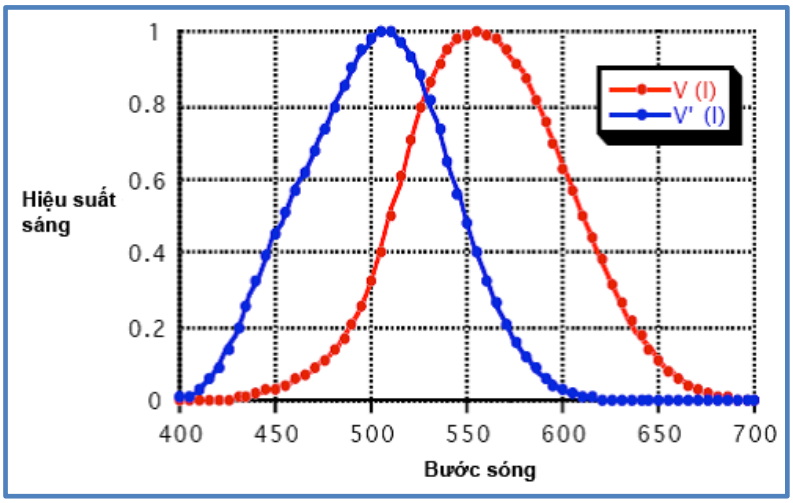
- Hàm hiệu suất sáng (luminous efficiency function) của mắt người
- Hàm độ chói phổ (spectral luminosity function)
- **Hàm độ chói thích ứng sáng** (photopic luminosity function)
- Hàm CIE 1924 V(λ) hoặc đường cong V(λ) của thị lực tế bào nón (thích ứng sáng)

Hàm này mô tả độ nhạy bình thường của mắt đối với các bước sóng khác nhau trong điều kiện thích ứng sáng. Tức là điều kiện nhìn ban ngày chứ không phải nhìn ban đêm. Trong trường hợp này, các tế bào nón hoạt động.

Khi được thích ứng tối, độ nhạy tối đa của mắt di chuyển về phía các bước sóng ngắn hơn, lúc này các tế bào que hoạt động. Hàm độ nhạy tương ứng trong điều kiện thích ứng tối là hàm độ chói **thích ứng tối** (scotopic luminosity function) hoặc hàm 1951 CIE V"(λ) (hàm V"(λ)). Chúng ta thường nói đến hàm V(λ) thích ứng tối, nhưng bạn cần biết rằng có một hàm độ trưng phổ khác cho thị giác thích ứng tối.

Hình 5-1 cho thấy hàm V(λ) và hàm V"(λ) trên cùng một biểu đồ. Chú ý rằng cả 2 đường cong đều có hình chuông. Đường cong V(λ) lên tới đỉnh ở khoảng 555 nm (độ nhạy cực đại của tế bào nón), do đó hiệu suất sáng tương đối của mắt người ở bước sóng này được cho một giá trị 1.0 V(λ555) = 1.0.

Đường cong V"(λ) (thích ứng tối) bị di chuyển về phía các bước sóng ngắn hơn và lên tới đỉnh ở khoảng 507 nm (độ nhạy cực đại của tế bào que). Hiệu suất sáng tương đối trong điều kiện thích ứng tối, ở bước sóng này, được cho một giá trị 1.0. V"(λ507) = 1.0. (Hình Schwartz 4-8)

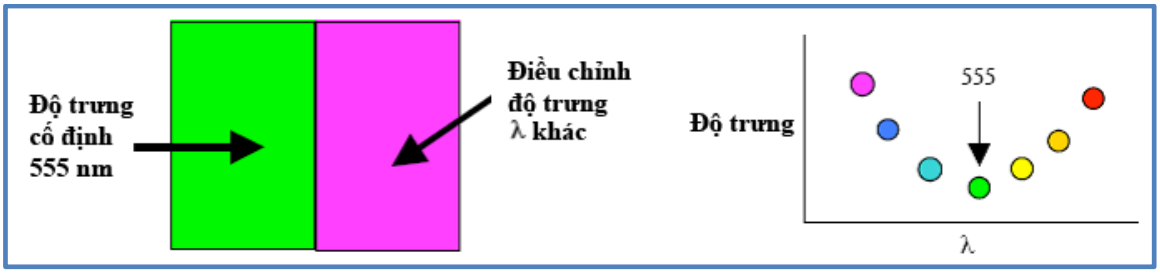


Hình 5.1: *Đường cong CIE V(λ) (bên phải, màu đỏ) và đường cong V"(λ) (bên trái, màu lam)*

CÁC HÀM ĐỘ CHÓI CIE (TIẾP THEO)

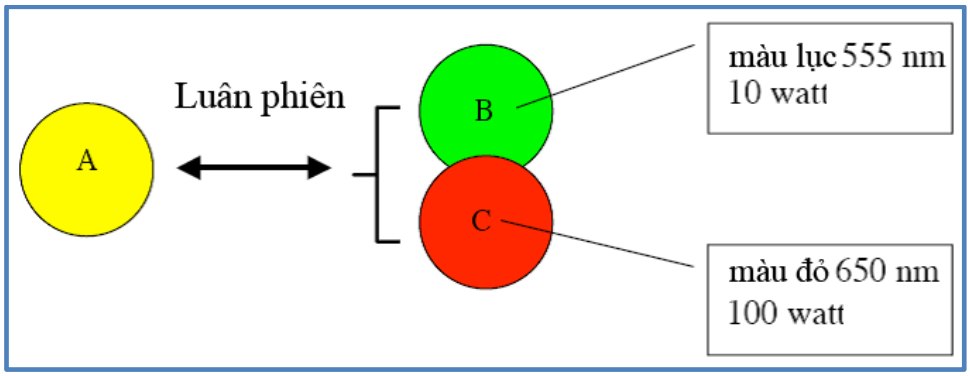
NGUỒN GỐC CỦA HÀM ĐỘ CHÓI THÍCH ỨNG SÁNG

Làm thế nào bạn có thể xác định trên thực nghiệm hàm độ chói thích ứng sáng? Tức là các bước sóng khác nhau được thấy sáng thế nào đối với mắt người? Một cách (Hình Schwartz 4-9) là so sánh một ánh sáng chuẩn có bước sóng và độ trưng cố định với một ánh sáng khác có bước sóng khác. Bệnh nhân sẽ điều chỉnh độ trưng của ánh sáng kiểm tra đến khi độ sáng của nó giống như ánh sáng chuẩn (Hình 5-2). Đáng tiếc là phương pháp này cho những kết quả khác nhau, bởi vì rất khó so khớp độ sáng của các kích thích có bước sóng khác nhau.



Hình 5.2: *Thí nghiệm để so sánh hiệu suất sáng tương đối của các bước sóng khác nhau*

Một phương pháp thông minh khác, gọi là **đo quang nhấp nháy tạp sắc** (heterochromatic flicker photometry = HFP), đã được đề ra để khắc phục vấn đề này. Một kích thích sáng đơn được thiết kế để có thể nhấp nháy luân phiên giữa 2 bước sóng (Hình 5-3 A, và Hình Schwartz 4-10) với tốc độ khoảng 15 chu kì/giây (hoặc 15 Hz). Thí dụ, một bước sóng có thể là 555 nm với độ trưng cố định (Hình 5-3, B), trong khi bước sóng khác thay đổi, và độ trưng của nó có thể điều chỉnh (Hình 5-3, C). Các màu luân phiên sẽ dường như hòa nhập với nhau thành một màu trung gian, nhưng nếu độ sáng nhận thấy của chúng không bằng nhau thì ánh sáng sẽ biểu hiện nhấp nháy. Độ trưng của bước sóng được điều chỉnh đến khi nhấp nháy mất đi hoặc giảm thiểu. Ở điểm đó, độ chói (độ sáng nhận thấy của một người quan sát tiêu chuẩn) bằng nhau. Qui trình được lặp lại cho nhiều bước sóng thử. Dữ liệu CIE 1924 dựa vào các thí nghiệm sử dụng phương pháp này.



Hình 5.3: *Đo quang nhấp nháy tạp sắc. Vết sáng màu vàng có màu được thấy là hợp nhất của 2 màu luân phiên, biểu hiện nhấp nháy đến khi độ sáng của 2 màu trở thành bằng nhau (độ sáng nhận thấy bằng nhau). Trong thí dụ này, màu đỏ phải được chỉnh đến 10 lần năng lượng bức xạ của ánh sáng chuẩn màu lục, mắt cần nhạy bằng 1/10 ở bước sóng 650 nm, do đó giá trị V(λ) ở 650 nm là 0.1*

Trong **phương pháp bờ khác biệt tối thiểu** (minimally distinct border) được thấy ở Hình Schwartz 4-11, bước sóng chuẩn và các kích thích bước sóng thử chiếm 2 nửa của một mảng hình vuông (tương tự kích thích ở Hình 5-2) và có một bờ chung. Có thể điều chỉnh các độ trưng đến khi bờ trở thành khác biệt tối thiểu (tức là nó "mờ nhạt" thay vì rõ nét). Ở độ trưng đó, độ sáng dường như bằng nhau, do đó độ sáng bằng nhau. Những kết quả phù hợp với kết quả đo quang nhấp nháy tạp sắc.

CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN TRONG ĐO QUANG

CÔNG SUẤT SÁNG (LUMINOUS POWER)

Trong khi năng lượng bức xạ đơn giản cho biết có bao nhiêu năng lượng thì *công suất sáng* cho biết độ sáng nhận thấy (đối với một người quan sát tiêu chuẩn). 10 watt ở bước sóng 555 nm sáng hơn nhiều so với 10 watt ở 400 nm. Mặc dù năng lượng bức xạ bằng nhau, *công suất sáng* ở 400 nm thấp hơn. Công suất sáng ở một bước sóng cụ thể được biểu diễn bằng lumen, trong đó 1 lumen được định nghĩa là:

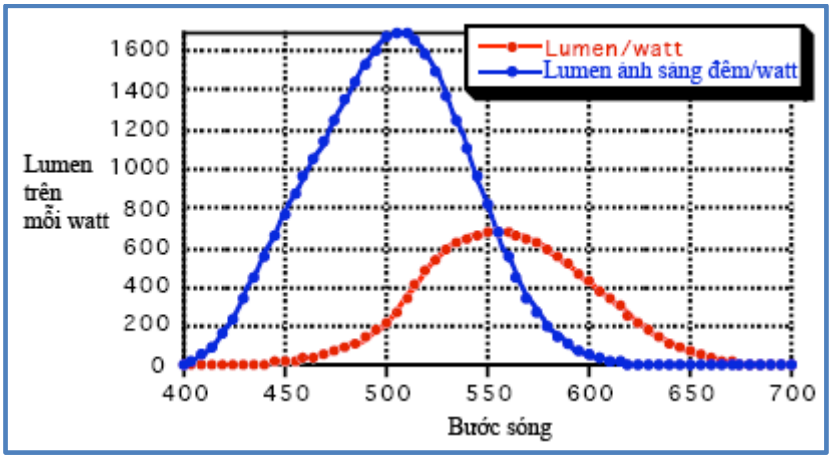
lumen = (năng lượng bức xạ bằng watt)Vλ(680)

Phương trình này có ở Schwartz và sử dụng một hằng số đã được làm tròn thành 680. Các tài liệu tham khảo khác có thể dùng 683 hoặc 685. Chú ý rằng công thức này là cho lumen ánh sáng ban ngày. Xem các thí dụ trong Hình Schwartz 4-2.

Đường cong V(λ) là hàm độ chói thích ứng sáng. Do tế bào que nhạy hơn với ánh sáng (tức là chúng có thể nhìn ánh sáng mờ tốt hơn so với tế bào nón) nên độ sáng nhận thấy của một nguồn sáng trong hệ thống nhìn ban đêm sẽ khác, và có một công thức khác cho *lumen ánh sáng ban đêm.*

lumen ánh sáng ban đêm = (năng lượng bức xạ bằng watt)V”λ(1700)

Thực tế là ở 555 nm, hiệu suất sáng nhìn ban ngày là 0.4, do đó với một nguồn sáng 1 watt ở bước sóng đó, có 680 lumen ánh sáng ban đêm. Chúng ta không sử dụng nhiều lumen ánh sáng ban đêm trong quá trình này. Ở hệ thống nhìn ban ngày, hiệu suất sáng ở 555 nm là 1.0, do đó đối với một nguồn 1 watt ở bước sóng đó thì có 680 lumen ánh sáng ban ngày.



Hình 5-4: *So sánh lumen ánh sáng ban ngày & lumen ánh sáng ban đêm*

Hình 5-4: cho thấy số lumen ánh sáng ban ngày và lumen ánh sáng ban đêm ở mỗi bước sóng, giả sử một năng lượng bức xạ 1 watt. Schwartz nêu rằng ở 555 nm, cả số lumen ánh sáng ban ngày và lumen ánh sáng ban đêm bằng 680. Ở 507 nm có 1699 lumen ánh sáng ban đêm cho mỗi watt. Schwartz làm tròn nó thành 1700.

Nếu nguồn sáng đa sắc (nhiều bước sóng) thì tổng công suất sáng bằng tổng số của công suất sáng được tính riêng cho mỗi bước sóng. Đặc tính cộng của công suất sáng ở mỗi bước sóng được gọi là **định luật cộng tính Abney**. (Hình Schwartz 4-3)

CƯỜNG ĐỘ SÁNG (LUMINOUS INTENSITY)

Thuật ngữ đo quang này tương tự cường độ bức xạ (radiant intensity) (watt/steradian). Nó chỉ được dùng cho một nguồn điểm và đơn vị đo cường độ sáng là candela.

1 candela = 1 lumen / 1 steradian

CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN TRONG ĐO QUANG (TIẾP THEO)

ĐỘ CHÓI (LUMINANCE)

Độ sáng thấy được của một nguồn rộng (đối với người quan sát tiêu chuẩn) được gọi là độ **chói**, nó giống độ trưng (radiance) ở chỗ cho biết lượng ánh sáng phát ra bởi một diện tích bề mặt rộng. Đơn vị mét cơ bản của độ chói là **nit**.

1 nit = 1 candela / 1 m^2

Một đơn mét khác của độ chói là **apostilb** và đơn vị Anh tương tự là **footlambert**. Các đơn vị này được dùng riêng với *các mặt Lambert*, sẽ được nói đến ở phần sau. Chúng được định nghĩa như sau:

1 apostilb = ((candela / m^2) / π) = (1/π) nit
1 footlambert = (candela / ft2) / π

ĐỘ RỌI (ILLUMINANCE)

Thuật ngữ này tương tự độ rọi bức xạ (irradiance) ở chỗ nó cho biết lượng ánh sáng rơi vào một bề mặt. Đơn vị mét của độ rọi là **lux**. Đơn vị Anh của độ rọi là **foot-candle**.

1 lux = 1 lumen / m^2
1 foot-candle = 1 lumen / ft^2

Bảng 4-1 của Schwartz liệt kê các giá trị độ rọi đề xuất cho các vị trí hoặc các hoạt động khác nhau, và có thể làm một tham khảo hữu ích cho bạn. Các giá trị khác của độ chói và độ rọi được cho ở Bảng 4-2 của Schwartz.

Chú ý không nhầm lẫn *độ chói (luminance)* và *độ rọi (illuminance)*. Độ chói là độ sáng của ánh sáng bật trở lại từ một bề mặt. Độ rọi là độ sáng của ánh sáng vào một bề mặt.

Bảng 5-1 cho thấy có sự tương đương giữa đơn vị đo bức xạ và đơn vị đo quang. Đo quang là đo độ sáng của một nguồn sáng, nó phụ thuộc vào cả năng lượng bức xạ và giá trị V(λ) đối với mỗi bước sóng cụ thể được xem xét.

Bảng 5-1: *So sánh các đơn vị đo bức xạ và đo quang*

MÔ TẢ	ĐO BỨC XẠ	ĐƠN VỊ	ĐO QUANG	ĐƠN VỊ
Năng lượng	Năng lượng	Jun		
Năng lượng/thời gian (cường độ)	Năng lượng bức xạ	Jun/giây (watt)	Công suất sáng	Lumen
Cường độ sáng từ một nguồn điểm	Cường độ bức xạ	watt/steradian	Cường độ sáng	Lumen/steradian (candela)
Năng lượng phát ra từ một nguồn rộng	Độ trưng	watt/str/m^2	Độ chói	Lum/str/m^2 (candela/m^2) (nit)
Năng lượng rơi vào một bề mặt	Độ rọi bức xạ	watt/m^2	Độ rọi	Lumen/m^2 (lux)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004