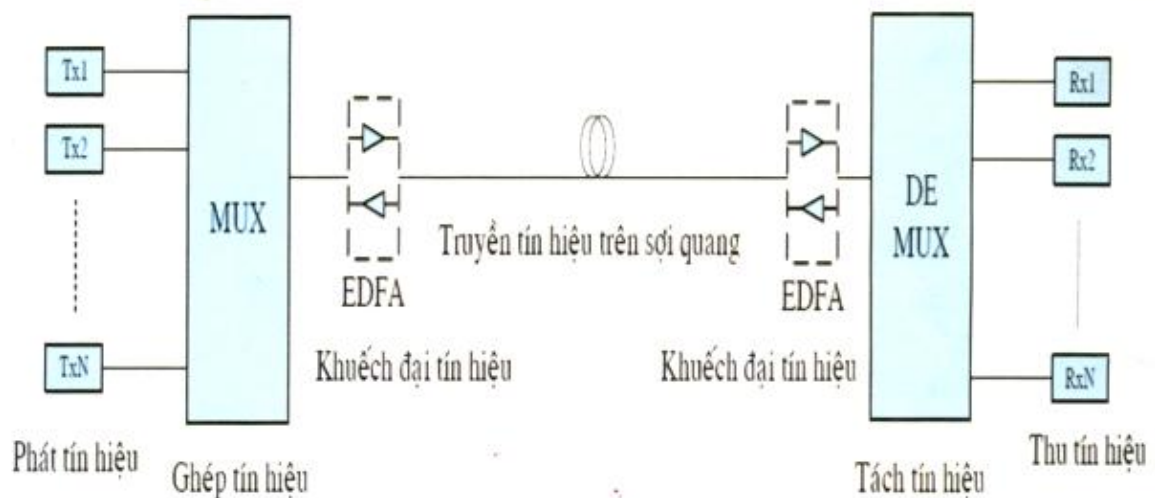


QUANG ĐIỆN TỬ



Biên soạn: ThS. PHẠM NGỌC DŨNG

ThS. BÙI THƯ CAO

ThS. PHẠM HỮU LỘC

KS. HÀ VĂN KHA LY

(Sử dụng cho bậc Đại học - Cao Đẳng)

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HỒ CHÍ MINH
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN TỬ**

QUANG ĐIỆN TỬ

(Sử dụng cho bậc Cao đẳng - Đại học)

**Biên soạn: ThS. PHẠM NGỌC DŨNG
ThS. BÙI THÚ CAO
ThS. PHẠM HỮU LỘC
KS. HÀ VĂN KHA LY**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH - 2009

LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại ngày nay, với tốc độ phát triển nhanh chóng của các ngành công nghiệp hiện đại như: ô tô, cơ khí, động lực,.... thì ngành điện tử cũng đóng một vai trò rất quan trọng. Ngành điện tử đã xâm nhập vào cuộc sống con người khá sớm, từ những thiết bị đơn giản như: đèn chiếu sáng, quang báo, hệ thống tự động, radio,.... đến những máy móc phức tạp và ứng dụng công nghệ cao như: hệ thống truyền dẫn quang, hệ thống rada, hệ thống camera, robot,.... Tất cả đều được ứng dụng rộng rãi trong cuộc sống. Trong các thiết bị điện tử nói trên thường không thể thiếu các linh kiện quang điện tử như LED, LCD, quang trở, linh kiện thu phát quang, hồng ngoại và laser.

Khoa Công Nghệ Điện Tử trường Đại Học Công Nghiệp TP. Hồ Chí Minh đã đưa vào giảng dạy môn học “Quang Điện Tử” cho các hệ từ Cao Đẳng đến Đại Học chuyên ngành viễn thông, điện công nghiệp và tự động từ năm 2005 đến nay.

Giáo trình “Quang Điện Tử” được trình bày trong 8 chương, cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ bản về khái niệm, bản chất ánh sáng, linh kiện bán dẫn, linh kiện thu phát quang điện tử, trong đó đặc biệt là sách trình bày khá chi tiết về các hệ thống ghép kênh quang, khuếch đại quang và cuối cùng là laser.

Các tác giả xin tỏ lòng cảm ơn tới: ThS. Bùi Thư Cao, Phạm Ngọc Dũng, Hà Văn Kha Ly đã giúp đỡ hoàn thành bản thảo.

Tuy rất cố gắng, song không tránh khỏi những thiếu sót, tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Nhóm Tác Giả

Chương 1

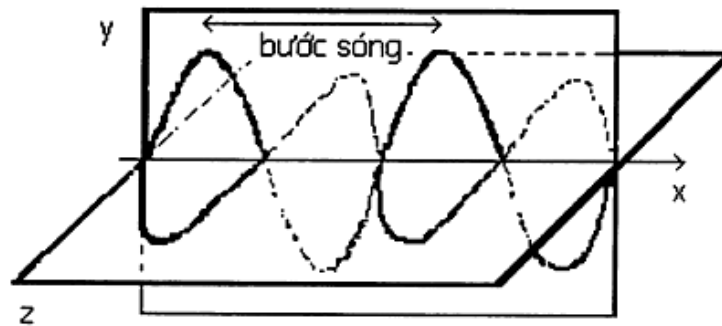
CÁC KIẾN THỨC CƠ BẢN

1.1. Ánh sáng

1.1.1. Tính chất vật lý của ánh sáng

Bằng phương pháp toán học, Macxoen đã chứng minh rằng điện từ trường do một điện tích điểm dao động theo phương thẳng đứng tại một điểm sinh ra sẽ lan truyền trong không gian dưới dạng sóng. Sóng đó được gọi là sóng điện từ.

Người ta nói rằng điện tích dao động đã bức xạ ra sóng điện từ. Nếu xét theo một phương truyền Ox , sóng điện từ là sóng ngang có thành phần điện dao động theo phương thẳng đứng và thành phần từ dao động theo phương nằm ngang.



Hình 1.1. Sóng điện từ lan truyền trong không gian

Tần số sóng điện từ bằng tần số f của điện tích dao động và vận tốc của nó trong chân không bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.

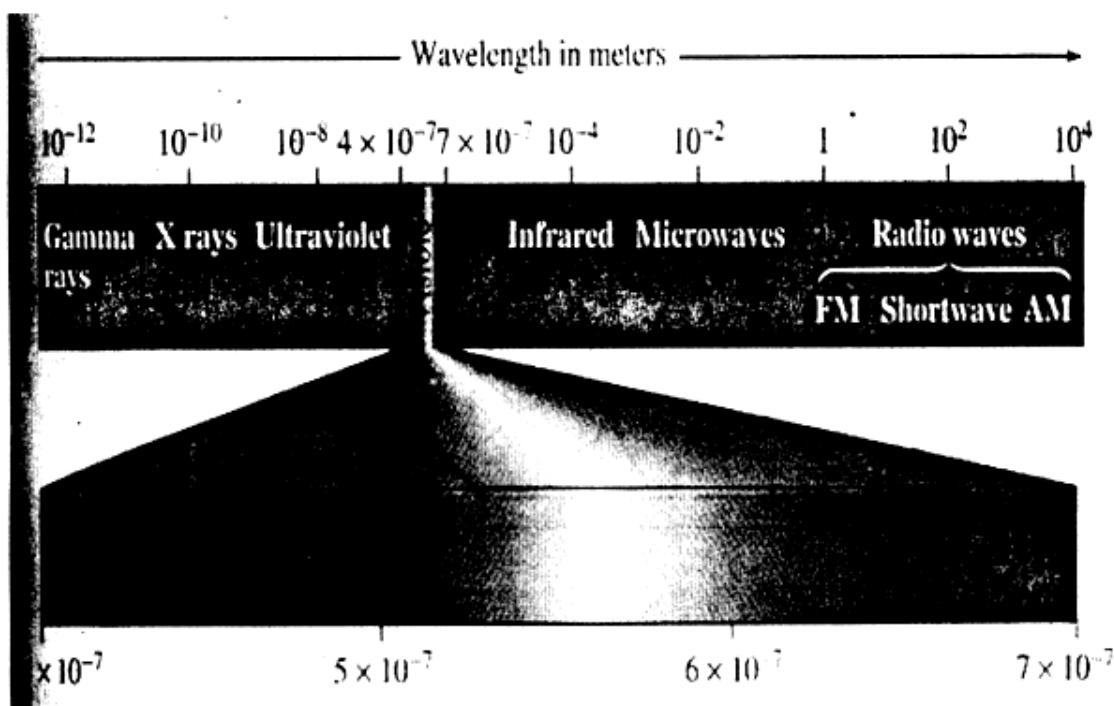
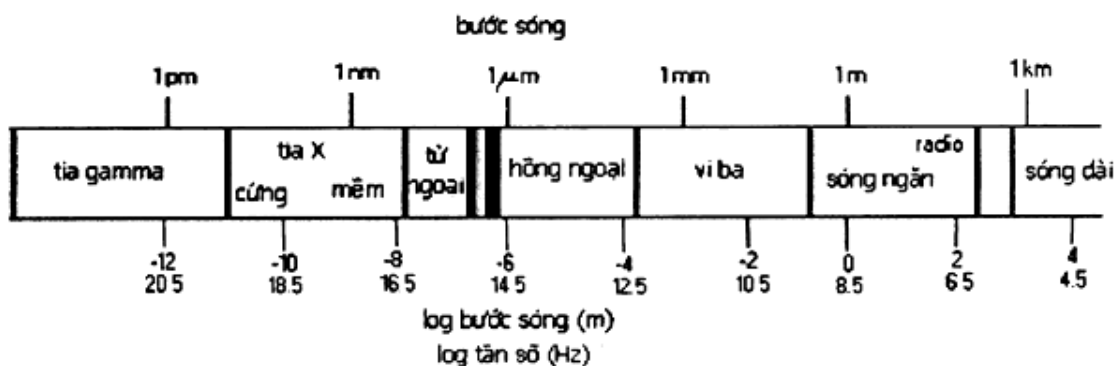
Năng lượng của sóng điện từ tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số.

Ngày nay, người ta đã biết rằng sóng điện từ có đầy đủ các tính chất như sóng cơ học, nhưng sóng cơ học, truyền đi trong những môi trường đàn hồi, còn sóng điện từ thì tự nó truyền đi mà không cần nhờ đến sự biến dạng của một môi trường đàn hồi nào cả, vì vậy nó truyền được cả trong chân không.

Ánh sáng khả kiến dùng để chỉ các bức xạ điện từ có bước sóng nằm trong vùng quang phổ nhìn thấy được bằng mắt thường (tức là từ khoảng 400 nm đến 700 nm).

"Ánh sáng lạnh" là ánh sáng có bước sóng tập trung gần vùng quang phổ tím.
"Ánh sáng nóng" là ánh sáng có bước sóng nằm gần vùng đỏ.

Ánh sáng có quang phổ trải đều từ đỏ đến tím là ánh sáng trắng, ánh sáng có bước sóng tập trung tại vùng quang phổ rất hẹp gọi là "ánh sáng đơn sắc".



Hình 1.2. Phân loại Sóng điện từ

Ánh sáng tự nhiên hoặc ánh sáng nhìn thấy được chiếm một phần rất nhỏ trong phổ sóng điện từ.

1.1.2. Bước sóng và màu sắc ánh sáng

Đo bước sóng của những ánh sáng đơn sắc khác nhau bằng phương pháp giao thoa, người ta thấy mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng hoàn toàn xác định. Chẳng hạn:

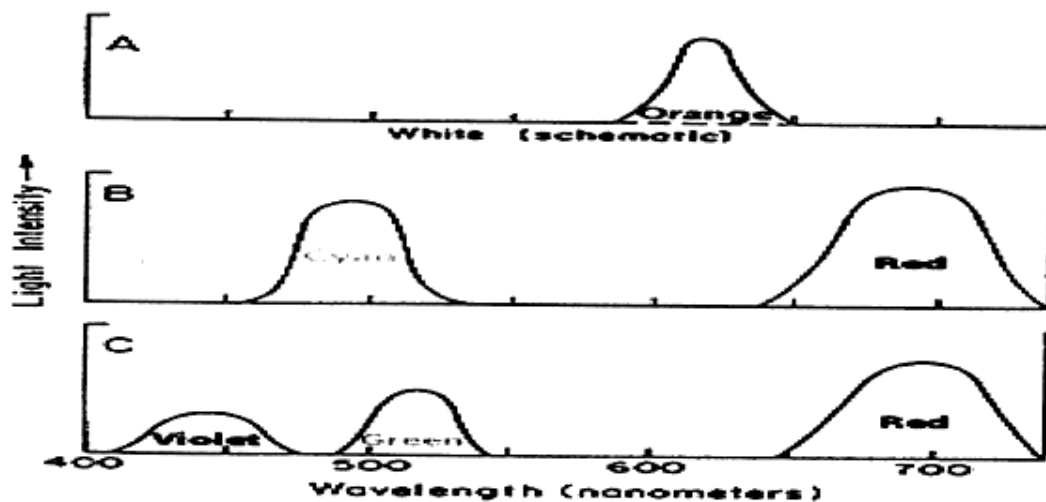
- Ánh sáng màu đỏ ở đầu của dải màu liên tục có bước sóng: 0.760 μm.
- Ánh sáng màu tím ở cuối của dải màu liên tục có bước sóng: 0.400 μm
- Ánh sáng vàng do đèn hơi natri phát ra có bước sóng: 0.589 μm.

Như vậy, ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một bước sóng xác định. Màu ứng với ánh sáng đó gọi là màu đơn sắc hay màu quang phổ.

Thực ra, những ánh sáng đơn sắc có bước sóng lân cận nhau thì gần như có cùng một màu. Vì vậy, người ta đã phân định ra trong quang phổ liên tục những vùng màu khác nhau:

- Vùng đỏ có bước sóng từ: $0,64 \mu\text{m} \rightarrow 0,76 \mu\text{m}$
- Vùng da cam và vàng có bước sóng từ: $0,580 \mu\text{m} \rightarrow 0,640 \mu\text{m}$ (Vùng da cam và Vùng vàng)
- Vùng lục có bước sóng từ: $0,495 \mu\text{m} \rightarrow 0,580 \mu\text{m}$
- Vùng lam - chàm có bước sóng từ: $0,440 \mu\text{m} \rightarrow 0,495 \mu\text{m}$ (Vùng lam - chàm)
- Vùng tím có bước sóng từ: $0,400 \mu\text{m} \rightarrow 0,440 \mu\text{m}$

Ngoài các màu đơn sắc, còn có các màu không đơn sắc, là hỗn hợp của nhiều màu đơn sắc với những tỉ lệ khác nhau.



Hình 1.3. màu sắc và bước sóng của ánh sáng

1. Tia hồng ngoại

Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ: $0,75 \mu\text{m}$. Tia hồng ngoại có bản chất là sóng điện từ. Tia hồng ngoại do các vật bị nung nóng phát ra.

Vật có nhiệt độ thấp chỉ phát ra được các tia hồng ngoại. Chẳng hạn như thân thể người ở nhiệt độ 37°C chỉ phát ra các tia hồng ngoại trong đó mạnh nhất là các tia có bước sóng ở vùng: $9 \mu\text{m}$.

Chương 1: Các kiến thức cơ bản

Vật có nhiệt độ 500°C bắt đầu phát ra ánh sáng màu đỏ tối nhưng mạnh nhất vẫn là các tia hồng ngoại ở vùng bước sóng $3.7\text{ }\mu\text{m}$

Trong ánh sáng mặt trời, khoảng 50% năng lượng của chùm sáng thuộc về các tia hồng ngoại. Nguồn phát tia hồng ngoại thường dùng là các bóng đèn có dây tóc bằng vonfram nóng sáng công suất từ 250W đến 1000W. Nhiệt độ dây tóc bóng đèn đó vào khoảng 2000°C .

Tác dụng nổi bật nhất của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt. Ngoài ra, tia hồng ngoại cũng có tác dụng lên một loại kính ảnh đặc biệt gọi là kính ảnh hồng ngoại. Nếu chụp ảnh các đám mây bằng kính ảnh hồng ngoại thì ảnh các đám mây sẽ nổi lên rất rõ rệt. Đó là các đám mây chứa hơi nước ít hay nhiều sẽ hấp thụ các tia hồng ngoại yếu hay mạnh rất khác nhau.

Ứng dụng quan trọng nhất của các tia hồng ngoại là dùng để sấy hoặc sưởi. Trong công nghiệp, người ta dùng tia hồng ngoại để sấy khô các sản phẩm sơn (như vỏ ô tô, vỏ tủ lạnh v.v...) hoặc các hoa quả như chuối, nho v.v... Trong y học, người ta dùng đèn hồng ngoại để sưởi ấm ngoài da cho máu lưu thông được tốt.

2. Tia tử ngoại

Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím $0.40\text{ }\mu\text{m}$.

Tia tử ngoại có bản chất là sóng điện từ.

Mặt Trời là một nguồn phát tia tử ngoại rất mạnh. Khoảng 9% công suất của chùm ánh sáng mặt trời thuộc về các tia tử ngoại. Các hồ quang điện cũng là những nguồn phát tia tử ngoại mạnh. Trong các bệnh viện và phòng thí nghiệm, người ta dùng các đèn thủy ngân làm nguồn phát các tia tử ngoại. Ngoài ra, những vật nung nóng trên 3000°C cũng phát ra tia tử ngoại rất mạnh.

Tia tử ngoại bị thủy tinh, nước v.v... hấp thụ rất mạnh. Thạch anh gần như trong suốt đối với các tia tử ngoại có bước sóng nằm trong vùng từ $0,18\text{ }\mu\text{m} \rightarrow 0,4\text{ }\mu\text{m}$ (gọi là vùng tử ngoại gần).

Tia tử ngoại có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh. Nó có thể làm cho một số chất phát quang. Nó có tác dụng ion hoá không khí. Ngoài ra, nó còn có tác dụng gây ra một số phản ứng quang hoá, phản ứng quang hợp v.v...

Tia tử ngoại có một số tác dụng sinh học.

Trong công nghiệp, người ta sử dụng tia tử ngoại để phát hiện các vết nứt nhỏ, vết xước trên bề mặt các sản phẩm tiện. Muốn vậy, người ta xoa trên bề mặt sản phẩm một lớp bột phát quang rất mịn. Bột sẽ chui vào các khe nứt, vết xước. Khi đưa sản phẩm vào chùm tử ngoại, các vết đó sẽ sáng lên.

Trong y học, người ta dùng tia tử ngoại để chữa bệnh còi xương.

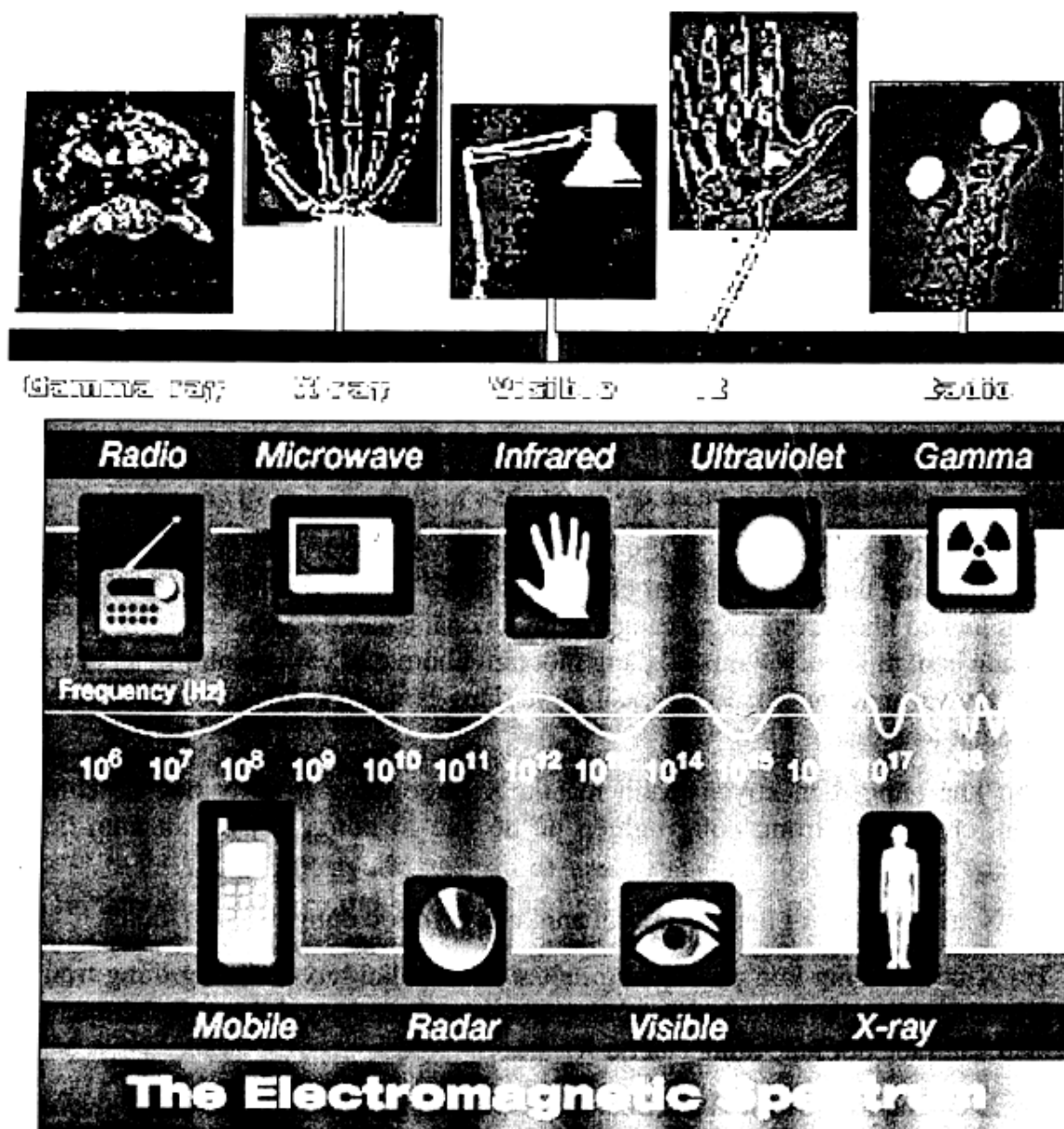
3. Tia X

Năm 1895, nhà bác học Rơn-ghen (Roentgen), người Đức, nhận thấy rằng khi cho dòng tia catốt trong ống tia catốt đập vào một miếng kim loại có nguyên tử lượng lớn như bạch kim hoặc vonfram thì từ đó sẽ phát ra một bức xạ không nhìn thấy được. Bức xạ này đi xuyên qua thành thủy tinh ra ngoài và có thể làm phát quang một số chất hoặc làm đen phim ảnh. Người ta gọi bức xạ này là tia X.

Khi mới được phát hiện, người ta tưởng lầm tia X là một dòng hạt nào đó. Tuy nhiên, khi cho tia X đi qua điện trường và từ trường mạnh thì nó không bị lệch đường. Như vậy, tia X không mang điện. Tia X là một loại sóng điện từ có bước sóng ngắn hơn bước sóng của tia tử ngoại. Bước sóng của tia X nằm trong khoảng từ $10^{-12} \rightarrow 10^{-8}\text{m}$ (tia X mềm).

Tia X có những tính chất và công dụng sau:

- Tính chất nổi bật của tia X là khả năng đâm xuyên. Nó truyền qua được những vật chắn sáng thông thường như giấy, bìa, gỗ. Nó đi qua kim loại khó khăn hơn. Kim loại có khối lượng riêng càng lớn thì khả năng cản tia X của nó càng mạnh. Chẳng hạn, tia X xuyên qua dễ dàng một tấm nhôm dày vài cm, nhưng lại bị lớp chì dày vài mm cản lại. Vì vậy, chì được dùng làm các màn chắn bảo vệ trong kỹ thuật Ronghen.
- Nhờ khả năng đâm xuyên mạnh mà tia X được dùng trong y học để chiếu điện, chụp điện, trong công nghiệp để dò các lỗ hổng, khuyết tật nằm bên trong các sản phẩm đúc.
- Tia X có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh, nên nó được dùng để chụp điện.
- Tia X có tác dụng làm phát quang một số chất. Màn huỳnh quang dùng trong việc chiếu điện là màn có phủ một lớp platinocyanua bary. Lớp này phát quang màu xanh lục dưới tác dụng của tia X.
- Tia X có khả năng ion hoá các chất khí. Người ta lợi dụng đặc điểm này để làm các máy đo liều lượng tia X.
- Tia X có tác dụng sinh lý. Nó có thể huỷ hoại tế bào, giết vi khuẩn. Vì thế tia X dùng để chữa những ung thư nông, gần ngoài da.



Hình 1.4. Ứng dụng sóng điện từ.

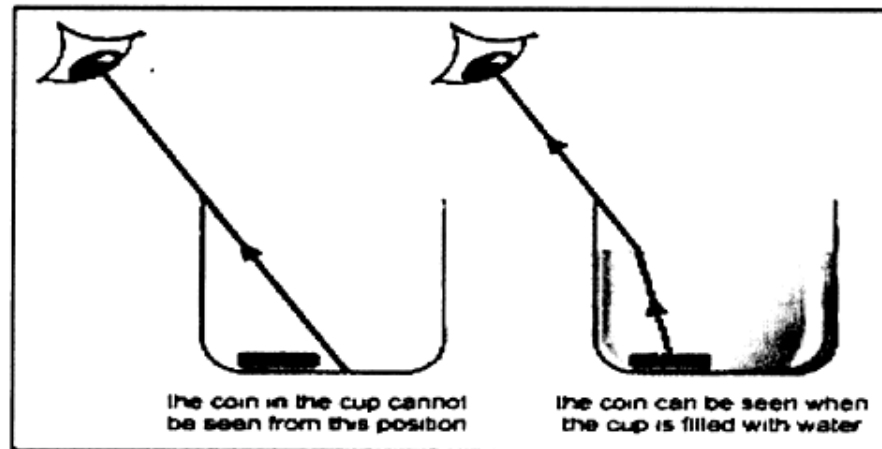
1.1.3. Các hiện tượng quang hình học

Ánh sáng nói riêng, các bức xạ điện từ nói chung dù ở bất kỳ tần số nào đều có tốc độ truyền như nhau trong môi trường chân không: $299\,792,5\text{ km/s} \approx 300\,000\text{ km/s}$.

Tuy nhiên, ở trong môi trường khác tốc độ truyền ánh sáng sẽ thay đổi.

- Môi trường chân không và không khí: $300\,000\text{ km/s}$
- Môi trường nước: $225\,000\text{ km/s}$
- Thủy tinh: $200\,000\text{ km/s}$

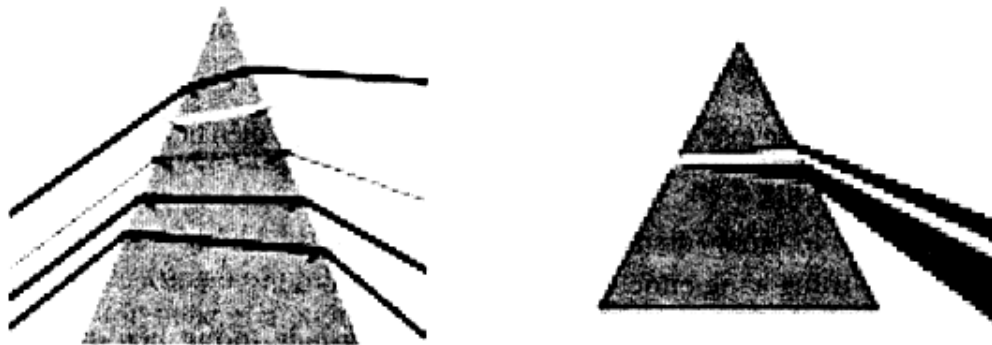
1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng



Hình 1.5. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

Khúc xạ thường dùng để chỉ hiện tượng ánh sáng đổi hướng khi đi qua mặt phân cách giữa hai môi trường có chiết suất khác nhau. Mở rộng ra, đây là hiện tượng đổi hướng đường đi của bức xạ điện từ, khi lan truyền trong môi trường không đồng nhất.

2. Hiện tượng tán sắc



Hình 1.6. Hiện tượng tán sắc

Ánh sáng trắng là tổng hợp của rất nhiều tia sáng, mỗi tia sáng tương ứng với các độ dài sóng điện từ khác nhau và có màu sắc khác nhau. Tia sáng có sóng điện từ ngắn càng dễ bị khúc xạ. Như vậy có nghĩa là ánh sáng xanh dễ bị khúc xạ hơn so với ánh sáng đỏ.

Lăng kính là một dụng cụ quang học, sử dụng để khúc xạ, phản xạ và tán xạ ánh sáng sang các màu quang phổ (như màu sắc của cầu vồng). Lăng kính thường được làm theo dạng kim tự tháp đứng, có đáy là hình tam giác.

Tia sáng đi từ một môi trường (như môi trường không khí) sang một môi trường khác (như thủy tinh trong lăng kính), nó sẽ bị chậm lại, và giống như kết quả, nó sẽ hoặc bị cong (khúc xạ) hoặc bị phản xạ hoặc đồng thời xảy ra cả hai hiện tượng trên. Góc mà tia sáng hợp với trục thẳng góc tại điểm mà tia sáng đi vào trong lăng kính được gọi là góc tới, và góc tạo ra ở đầu bên kia, qua quá trình khúc xạ được gọi là góc ló. Tương tự, tia sáng đi vào trong lăng kính được gọi là tia tới và tia sáng đi ra ngoài lăng kính được gọi là tia ló.

Các lăng kính phản xạ được sử dụng để phản xạ ánh sáng, ví dụ như các ống nhòm, nhờ hiện tượng phản xạ toàn phần, chúng dễ dàng được sử dụng hơn các gương. Các lăng kính tán sắc được sử dụng để chia ánh sáng thành các thành phần quang phổ màu, bởi vì độ khúc xạ của chúng phụ thuộc vào bước sóng của tia sáng (hiện tượng tán sắc); khi một tia sáng trắng đi vào trong lăng kính, nó có một góc tới xác định, trải qua quá trình khúc xạ, và phản xạ bên trong lăng kính, dẫn đến việc tia sáng bị bẻ cong, hay gấp khúc, và vì vậy, màu sắc của tia sáng ló sẽ khác nhau. Ánh sáng màu xanh có bước sóng nhỏ hơn ánh sáng màu đỏ và vì vậy nó cong hơn so với ánh sáng màu đỏ. Cũng có loại lăng kính phân cực, nó có thể chia ánh sáng thành các thành phần phân cực khác nhau.

1.1.4. Lương tính sóng hạt của ánh sáng

Nguyên tử gồm:

Hạt nhân (điện tích + Z) gồm:

- Proton (p), $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ kg, tích điện dương $+ 1,602 \cdot 10^{-19}$ C.
- Neutron (n), $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg, không mang điện.

Hạt nhân của các nguyên tố đều bền (trừ các nguyên tố phóng xạ).

Electron (e), $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, tích điện âm $- 1,602 \cdot 10^{-19}$ C.

Trong bảng hệ thống tuần hoàn (HTTH), số TT nguyên tố = điện tích hạt nhân = số e.

1. Hiện tượng quang điện

Ánh sáng là một sóng điện từ lan truyền trong chân không với vận tốc $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, được đặc trưng bằng bước sóng λ hay tần số dao động $\nu = c/\lambda$

Thuyết sóng của ánh sáng giải thích được những hiện tượng liên quan với sự truyền sóng như giao thoa và nhiễu xạ nhưng không giải thích được những dữ kiện thực nghiệm về sự hấp thụ và sự phát ra ánh sáng khi đi qua môi trường vật chất.

Năm 1900, M. Planck đưa ra giả thuyết: “ Năng lượng của ánh sáng không có tính chất liên tục mà bao gồm từng lượng riêng biệt nhỏ nhất gọi là lượng tử. Một lượng tử của ánh sáng (photon) có năng lượng là $E = h\nu$

Trong đó

- E là năng lượng của photon
- ν : tần số bức xạ
- $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s - hằng số Planck.

Năm 1905, Einstein đã dựa vào thuyết lượng tử đã giải thích thỏa đáng hiện tượng quang điện. Bản chất của hiện tượng quang điện là các kim loại kiềm trong chân không khi bị chiếu sáng sẽ phát ra các electron; năng lượng của các electron đó không phụ thuộc vào cường độ của ánh sáng chiếu vào mà phụ thuộc vào tần số ánh sáng.

Einstein cho rằng khi được chiếu tới bề mặt kim loại, mỗi photon với năng lượng $h\nu$ sẽ truyền năng lượng cho kim loại. Một phần năng lượng E_0 được dùng để làm bật electron ra khỏi nguyên tử kim loại và phần còn lại sẽ trở thành động năng của electron.

$$h\nu = E_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Những bức xạ có tần số bé hơn tần số giới hạn sẽ không gây ra hiện tượng quang điện.

Sử dụng công thức trên ta có thể tính được vận tốc của electron bật ra trong hiện tượng quang điện.

2. Mô hình nguyên tử Bohr

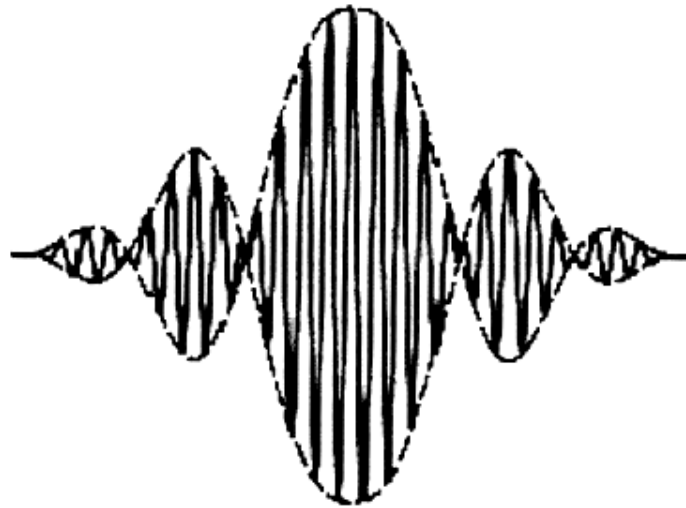
Trong nguyên tử, mỗi electron quay xung quanh nhân chỉ theo những quỹ đạo tròn đồng tâm có bán kính xác định.

Mỗi quỹ đạo ứng với một mức năng lượng xác định của electron. Quỹ đạo gần nhân nhất ứng với mức năng lượng thấp nhất, quỹ đạo càng xa nhân ứng với mức năng lượng càng cao.

Khi electron chuyển từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác thì xảy ra sự hấp thụ hoặc giải phóng năng lượng. Khi electron chuyển từ quỹ đạo có mức năng lượng thấp sang mức năng lượng cao hơn thì nó hấp thụ năng lượng. Khi electron chuyển từ một mức năng lượng cao sang mức năng lượng thấp hơn sẽ xảy ra sự phát xạ năng lượng. Năng lượng của bức xạ hấp thụ hoặc giải phóng là

$$\Delta E = E_n - E_m = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Electron tồn tại ở các mức năng lượng riêng biệt trong một nguyên tử. Các mức năng lượng có thể hiểu là tương ứng với các quỹ đạo riêng biệt của electron xung quanh hạt nhân. Electron ở bên ngoài sẽ có mức năng lượng cao hơn những electron ở phía trong. Khi có sự tác động vật lý hay hóa học từ bên ngoài, các hạt electron này cũng có thể nhảy từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao hay ngược lại. Các quá trình này có thể tạo ra hay hấp thụ các photon. Tập hợp các photon này tạo ra ánh sáng.



1.7. Minh họa tượng trưng 1 photon

Bước sóng (màu sắc) của tia sáng phụ thuộc vào sự chênh lệch năng lượng giữa các mức.

3. Lượng tính sóng hạt của các hạt vi mô

Mô hình trên đều không giải thích được 1 số vấn đề thực nghiệm đặt ra. Nguyên nhân là do:

- Không đề cập đến tính chất sóng của electron
- Do đó coi quỹ đạo chuyển động của electron trong nguyên tử là quỹ đạo tròn có bán kính xác định.

Năm 1924, nhà vật lý học người Pháp Louis De Broglie đã đưa ra giả thuyết: Mọi hạt vật chất chuyển động đều có thể coi là quá trình sóng được đặc trưng bằng bước sóng λ và tuân theo hệ thức

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Trong đó

- m - Khối lượng của hạt, kg
- v - Vận tốc chuyển động của hạt, m/s
- h - Hằng số Planck, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s

Đối với hạt vĩ mô: m khá lớn ($h = \text{const}$) $\rightarrow \lambda$ khá nhỏ $\rightarrow$ tính chất sóng có thể bỏ qua.

Đối với hạt vi mô: m nhỏ ($h = \text{const}$) $\rightarrow \lambda$ khá lớn $\rightarrow$ không thể bỏ qua tính chất sóng.

Ví dụ: Một hạt có khối lượng $m = 0,3 \text{ kg}$, vận tốc chuyển động $V = 30 \text{ m/s}$ thì λ của hạt là?

Giải:

Áp dụng hệ thức Louis De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{0,3 \cdot 30} = 0,736 \cdot 10^{-34} \text{ m}$$

λ của hạt vô cùng nhỏ nên bỏ qua tính chất sóng của hạt.

4. Nguyên lý bất định Heisenberg

Không thể xác định đồng thời chính xác cả toạ độ và vận tốc của hạt, do đó không thể vẽ được chính xác quỹ đạo chuyển động của hạt.

$$\Delta x \cdot \Delta v_x \geq \frac{h}{m}$$

Đây là hệ thức bất định Heisenberg

Trong đó:

- Δx Độ bất định (sai số) về toạ độ theo phương x
- Δv_x Độ bất định (sai số) về vận tốc theo phương x

Nếu Δx càng nhỏ thì Δv_x càng lớn, nghĩa độ bất định về toạ độ càng nhỏ thì độ bất định về vận tốc càng lớn. Từ đây rút ra một kết luận quan trọng là không thể dùng cơ học cổ điển để mô tả một cách chính xác quỹ đạo chuyển động của hạt vì mô như thuyết của Bohr mà phải sử dụng một môn khoa học mới là cơ học lượng tử.

1.1.5. Ánh sáng laser

Laser là tên viết tắt của cụm từ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation có nghĩa là "khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích" hoặc "khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ cưỡng bức".

1. Tính chất

Trong thực tế, laser là sự tạo ra một chùm hạt photon được phát xạ thỏa mãn các điều kiện sau đây:

- Tất cả các photon phát ra đều có cùng bước sóng giống nhau (ta gọi đây là sự đơn sắc).
- Tất cả các photon đều có cùng pha dao động. Nói cách khác là các photon phải được tạo ra vào cùng một thời điểm như nhau.
- Tất cả các photon đều cùng phân cực theo một phương.

2. Sự khác nhau giữa ánh sáng thường và ánh sáng laser

Ánh sáng laser gồm nhiều photon cùng một tần số, đồng pha và bay gần như song song với nhau, nên có cường độ rất cao và chiều dài đồng pha của chùm sáng lớn. Tia laser thông dụng có thể có chiều dài đồng pha cỡ vài chục cm. Các tính chất này rất quý cho nhiều ứng dụng thực nghiệm.

1.2. Bản chất của sự nhìn thấy

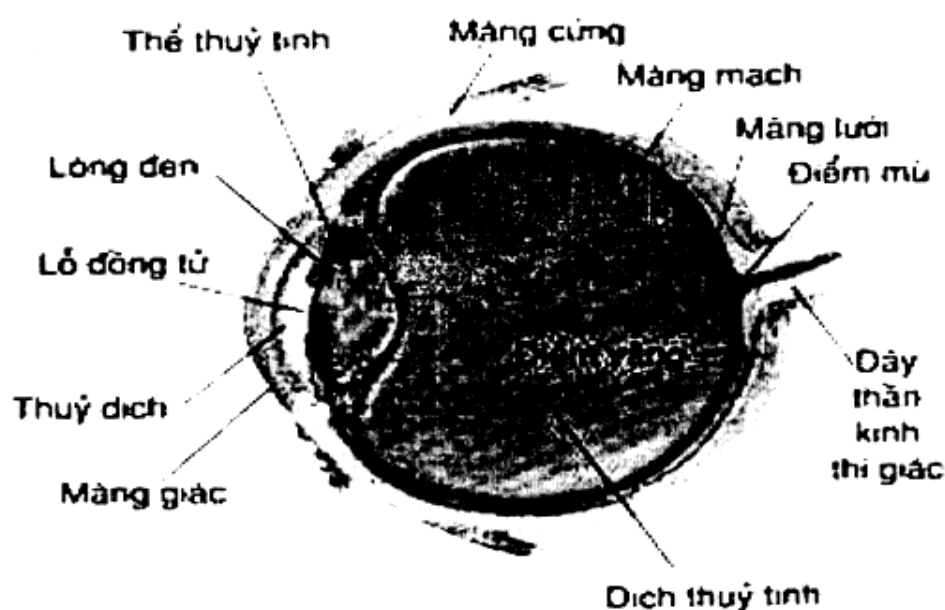
Chúng ta nhìn thấy được mọi vật xung quanh là do nguồn sáng chiếu vào vật đó rồi phản xạ vào mắt ta, nên ta thấy được vật đó.

Các dao động của điện trường trong ánh sáng tác động mạnh đến các tế bào cảm thụ ánh sáng trong mắt người.

1.2.1. Cấu tạo của mắt

Mắt giống như một máy ảnh. Nó có chức năng tạo ra một ảnh thật, nhỏ hơn vật, trên một lớp tế bào nhạy với ánh sáng, để từ đó tạo ra những tín hiệu thần kinh, đưa lên não. Tuy nhiên hệ thống quang học của mắt phức tạp hơn hệ thống quang học của máy ảnh rất nhiều.

Bộ phận chính của mắt là một thấu kính hội tụ, trong suốt, mềm, gọi là thủy tinh thể. Độ cong của hai mặt thủy tinh thể có thể thay đổi được nhờ sự co giãn của cơ dãn nó.



mắt

Hình 1.8. Sơ đồ cấu tạo của mắt

Đằng trước thủy tinh thể là một chất lỏng trong suốt, có chiết suất $n = 1,333$ gọi là thủy dịch.

Đằng sau thủy tinh thể cũng là một chất lỏng trong suốt khác, có chiết suất $n = 1,333$, gọi là dịch thủy tinh.

Mặt ngoài cùng của mắt là một màng mỏng trong suốt, cứng như sừng, gọi là giác mạc.

Thành trong của mắt, phần đối diện với thủy tinh thể, gọi là võng mạc. Nó đóng vai trò như một màn ảnh, tại đó có các tế bào nhạy sáng, nằm ở đầu các dây thần kinh thị giác.

Trên võng mạc, có một vùng nhỏ màu vàng, rất nhạy với ánh sáng, nằm gần giao điểm V của trục chính của mắt với võng mạc. Vùng này gọi là điểm vàng.

Dưới điểm vàng một chút có điểm mù M là điểm hoàn toàn không nhạy sáng, vì tại đó các dây thần kinh phân nhánh và không có đầu dây thần kinh thị giác.

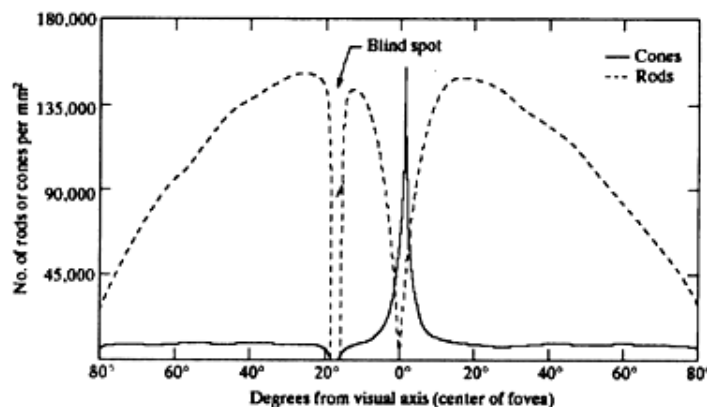
Sát mặt trước của thủy tinh thể có một màng không trong suốt, màu đen (hoặc xanh hay nâu) gọi là màng mỏng mắt (hay lòng đen).

Giữa màng mỏng mắt có một lỗ tròn nhỏ gọi là con ngươi. Tùy theo cường độ của chùm ánh sáng tới mà đường kính của con ngươi sẽ tự động thay đổi, để điều chỉnh chùm sáng chiếu vào võng mạc. Ở ngoài nắng, con ngươi thu nhỏ lại; trong phòng tối, nó mở rộng ra.

Một đặc điểm rất quan trọng về mặt cấu tạo của mắt là độ cong (do đó, tiêu cự của thủy tinh thể có thể thay đổi được). Trong khi đó, khoảng cách từ quang tâm của thủy tinh thể đến võng mạc ($d' = OV$) lại luôn luôn không đổi ($d' = 2,2\text{cm}$).

Võng mạc người được chia làm 2 lớp (xét về mặt chức năng) gồm lớp tế bào cảm nhận ánh sáng và lớp tế bào dẫn truyền xung thần kinh.

Về tế bào học, võng mạc người chỉ có 2 loại tế bào: tế bào gậy và tế bào nón.

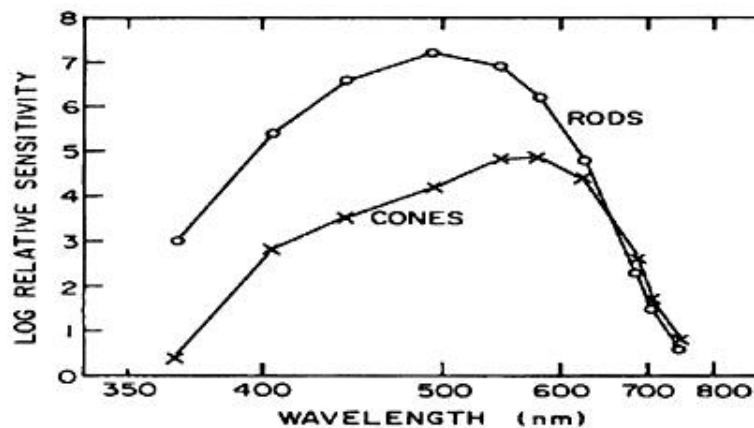


Hình 1.9. Phân bố các tế bào gậy và tế bào nón trong võng mạc

Chương 1: Các kiến thức cơ bản

Tế bào gậy có chức năng xác định về cấu trúc, hình thể vật, những hình ảnh trong tối.

- Có từ 75-150 triệu
- Rất nhạy cảm với ánh sáng
- Cảm nhận trên dải rộng
- Ánh sáng ban ngày và đêm
- Cung cấp khả năng nhìn đêm
- Cảm nhận độ chói (cường độ sáng)
- Độ phân giải cao



Hình 1.10. Độ nhạy sáng của tế bào que và tế bào nón

Tế bào nón có chức năng xác định rõ về màu sắc, độ sắc nét. Trong đó, tế bào nón lại được phân thành 3 loại, nhận cảm màu sắc ánh sáng tương ứng với 3 vùng quang phổ khác nhau

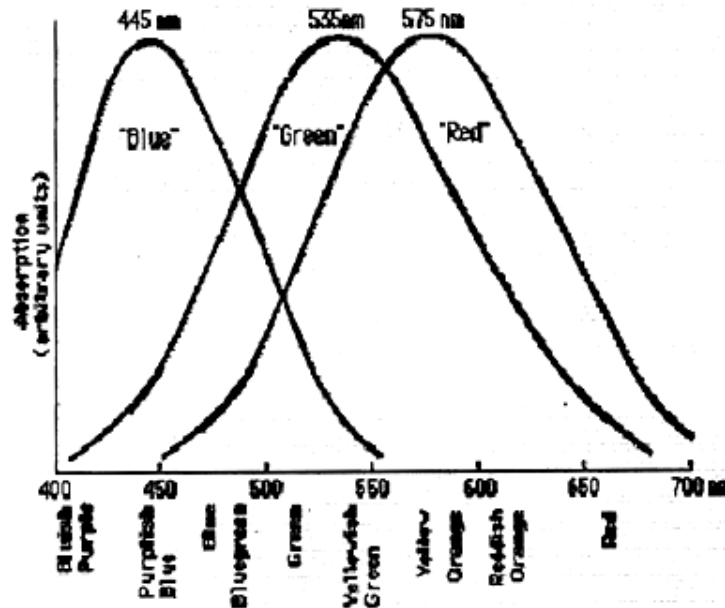
- Có từ 6 - 7 triệu
- Tập trung chủ yếu tại điểm vàng tại trung tâm võng mạc
- Cảm nhận trên dải hẹp
- Độ phân giải thấp
- Có 3 loại tế bào nón cảm nhận các tần số cảm nhận màu sắc 460 nm (xanh lam), 575 nm (xanh lục), 625 nm (đỏ)
- Chỉ có khả năng nhìn ban ngày

Có 3 loại tế bào nón cảm nhận 3 vùng quang phổ khác nhau (tức ba màu sắc khác nhau). Sự kết hợp cùng lúc 3 tín hiệu từ 3 loại tế bào này tạo nên những cảm giác màu sắc.

Tế bào cảm giác màu đỏ và màu lục có phổ hấp thụ rất gần nhau, do vậy mắt người phân biệt được rất nhiều màu nằm giữa màu đỏ và lục (màu vàng, màu da cam, xanh nõn chuối, ...).

Tế bào cảm giác màu lục và màu lam có phổ hấp thụ nằm xa nhau, nên mắt người phân biệt về các màu xanh không tốt.

Để tạo ra hình ảnh màu trên màn hình, người ta cũng sử dụng 3 loại đèn phát sáng ở 3 vùng quang phổ nhạy cảm của người.



Hình 1.11. Các tế bào nón hấp thụ các phổ $S_i(\lambda)$ có đỉnh tại các bước sóng

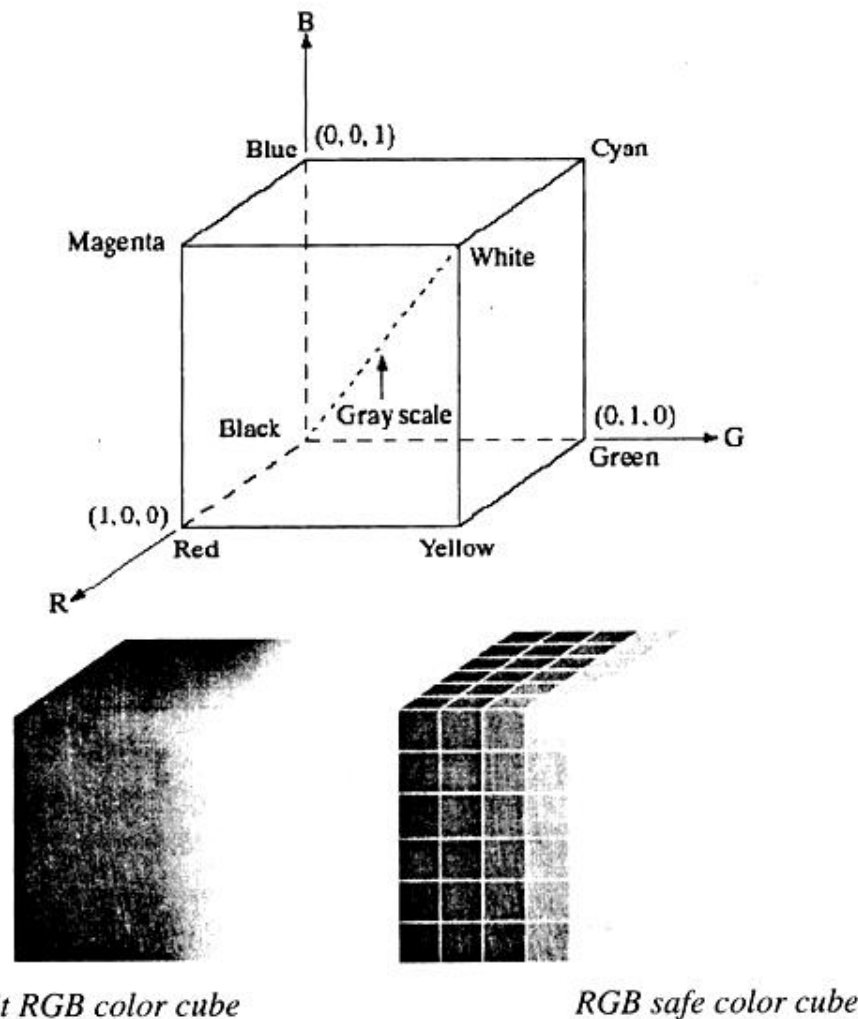
1.2.2. Các thuộc tính mô tả màu sắc

Các màu được phân biệt dựa theo các thuộc tính: độ sáng, sắc độ, và độ bão hòa màu

- Độ sáng: đặc trưng cho độ rọi cảm nhận
- Đặc trưng màu (Chrominance)
 - Sắc độ (Hue)
 - Là thuộc tính liên quan tới bước sóng chủ yếu trong hỗn hợp các bước sóng ánh sáng.
 - Đặc trưng cho màu sắc chủ đạo được người quan sát cảm nhận.

Chương 1: Các kiến thức cơ bản

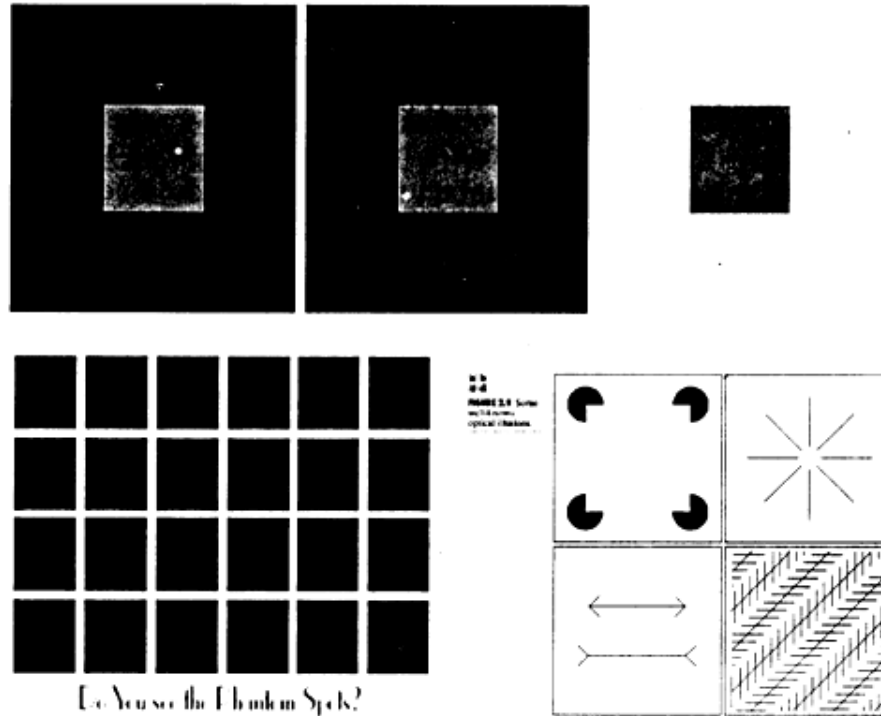
- Độ bão hòa (Saturation)
 - Đặc trưng cho độ thuần khiết tương đối
 - Phụ thuộc vào độ rộng của phổ ánh sáng
 - Thể hiện lượng màu trắng được trộn với sắc độ
- Hue và độ bão hòa gọi là đặc trưng màu (chromaticity)



Hình 1.12. Sự biểu diễn màu sắc

Hầu hết mắt của các sinh vật nhạy cảm với bức xạ điện từ có bước sóng nằm trong khoảng từ 300 nm đến 1200 nm. Khoảng bước sóng này trùng khớp với vùng phát xạ có cường độ mạnh nhất của Mặt Trời.

Các loài vật trên Trái Đất tiến hoá để thu nhận vùng bức xạ tự nhiên mạnh nhất đem lại lợi thế sinh tồn cho chúng.



Hình 1.13. Sự cảm nhận sai độ tương phản và hình dáng kích thước của mắt

1.3. Góc khối

1.3.1. Khái niệm góc khối



Hình 1.14. Góc khối

Đơn vị đo góc khối là góc khối tương đương tại tâm của một hình cầu có bán kính r theo một phần trên bề mặt của hình cầu có diện tích r^2 . Như vậy ta có 4π Steradian trong hình cầu.

1.3.2. Góc trông vật và năng suất phân li của mắt

Góc trông vật AB có dạng một đoạn thẳng đặt vuông góc với trục chính của mắt, là góc tạo bởi hai tia sáng đi từ hai đầu A và B của vật qua quang tâm O của mắt.

Muốn phân biệt được hai điểm A và B thì không những hai điểm đó phải nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt, mà góc trông đoạn AB phải đủ lớn. Thực vậy, khi đoạn