

# XỬ LÝ ẢNH

---

Nguyễn Linh Giang

Bộ môn Truyền thông và Mạng máy tính

# Nội dung

---

- ☐ Nhập môn
  - ☐ Hệ thống xử lý tín hiệu hai chiều
  - ☐ Cảm nhận ảnh
  - ☐ Số hóa ảnh
  - ☐ Các phép biến đổi ảnh
  - ☐ Cải thiện chất lượng ảnh
  - ☐ Phục hồi ảnh
  - ☐ Phân tích ảnh
  - ☐ Nén ảnh
-

---

# Chương III

## Cảm nhận ảnh

---

# III. Cảm nhận ảnh

---

- ❑ 3.1. Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh
  - ❑ 3.2. Hệ thống thị giác
  - ❑ 3.3. Một số hiệu ứng thị giác
  - ❑ 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc
-

# 3.1 Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh

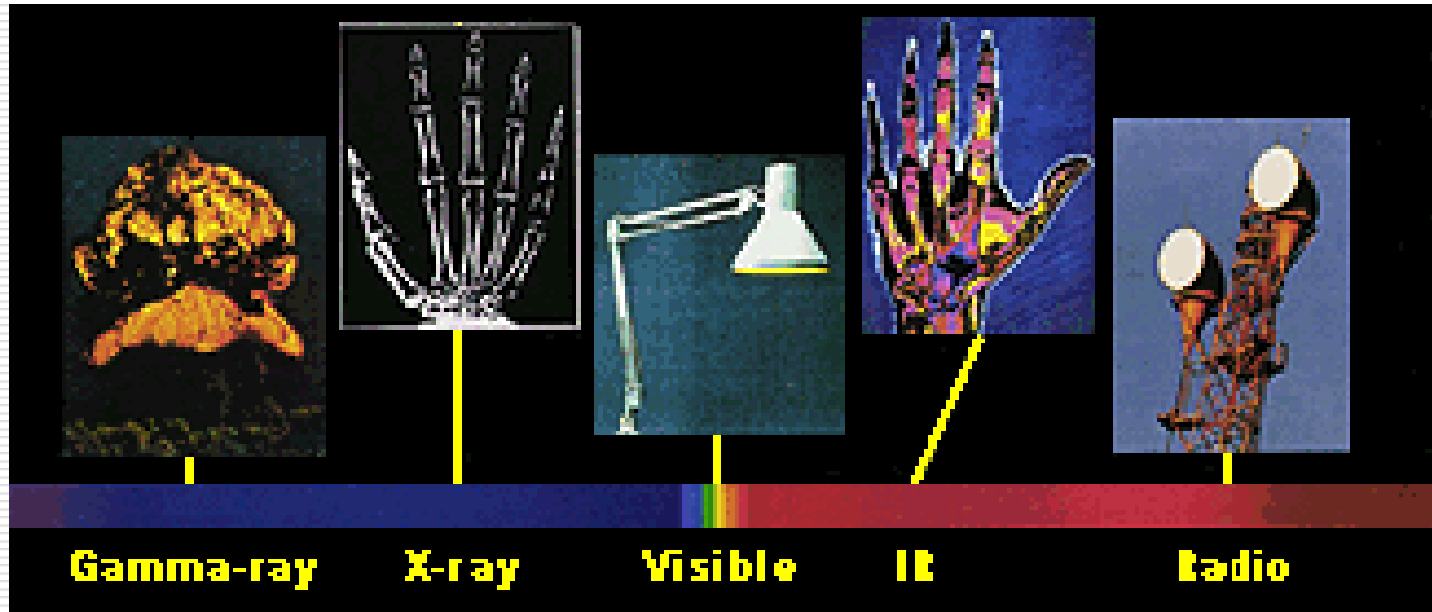
---

- Các dạng ảnh
    - Ảnh hồng ngoại
    - Ảnh cực tím
    - Ảnh sóng vô tuyến
    - Ánh sáng nhìn thấy
    - Sóng rada
    - Ảnh Rơn-ghen
    - Ảnh sóng âm
    - Ảnh điện tử
    - Ảnh quét positron
    - Ảnh cộng hưởng từ
    - .....
-

# 3.1 Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh

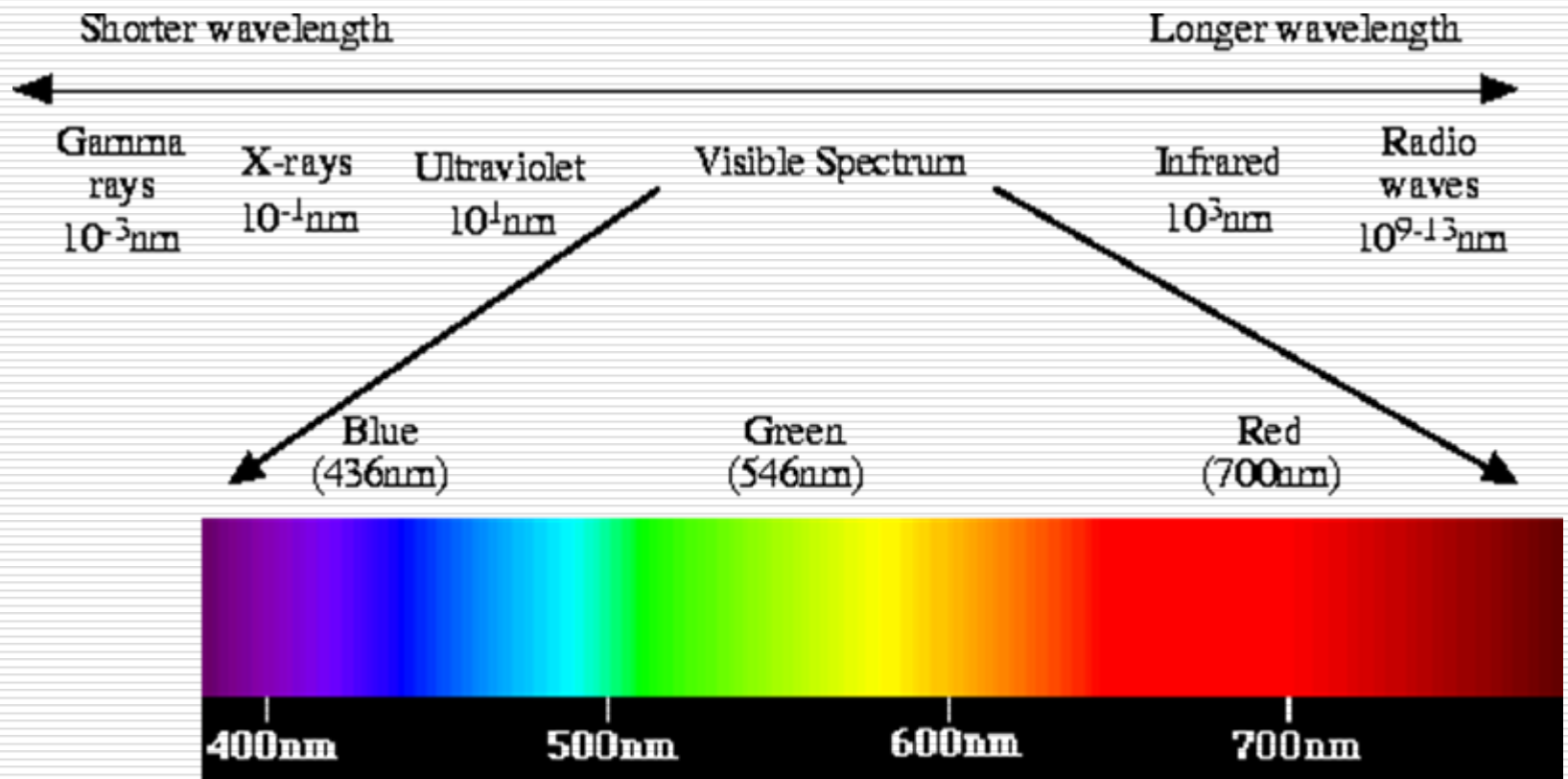
---

## □ Dải phổ sóng điện từ



# 3.1 Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh

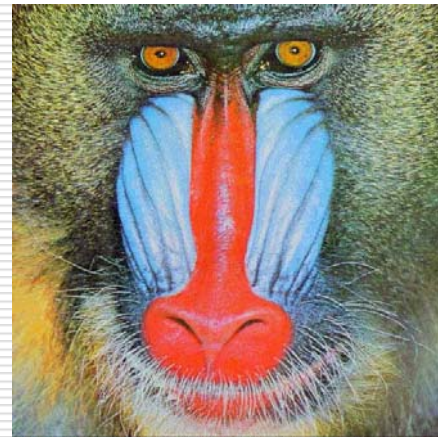
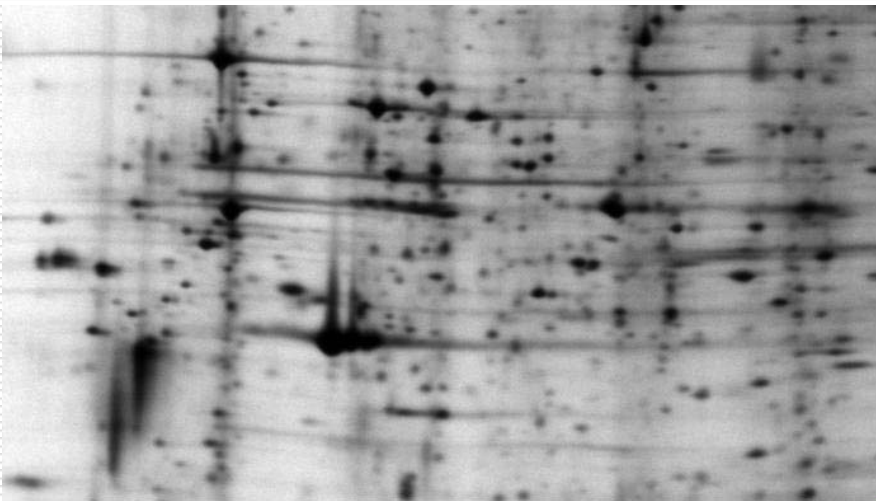
---



# 3.1 Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh

---

- Ví dụ về các loại ảnh
  - Ảnh theo độ chói ( cường độ sáng )
  - Ảnh màu
  - Ảnh thiên văn





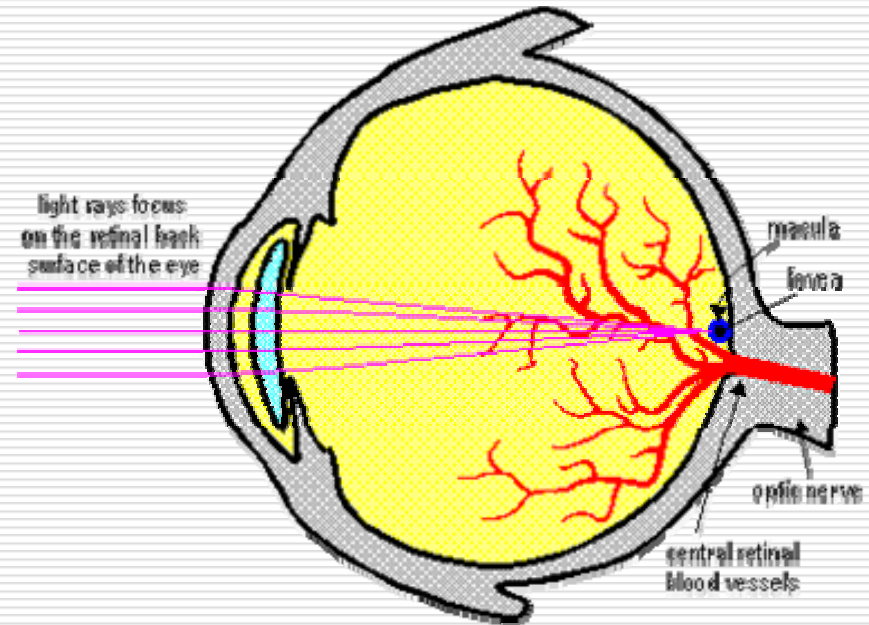
## 3.1 Sóng điện từ, ánh sáng và các dạng ảnh

---

- Biểu diễn ánh sáng qua phổ phân bố năng lượng theo bước sóng  $I(\lambda)$
-

## 3.2. Hệ thống thị giác

- Tầm quan trọng nghiên cứu về hệ thống thị giác
  - Trong mã hóa ảnh: những thông tin không cảm nhận được sẽ không cần thiết lưu trữ
- Cấu tạo sơ lược
  - Cầu mắt
  - Giác mạc
  - Thủy tinh thể
  - Dịch kính
  - Võng mạc
    - Tế bào que
    - Tế bào nón
    - Điểm vàng
    - Điểm mù
  - Cơ chế điều chỉnh thị giác



## 3.2. Hệ thống thị giác

---

### □ Tế bào que

- 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
-

## 3.2. Hệ thống thị giác

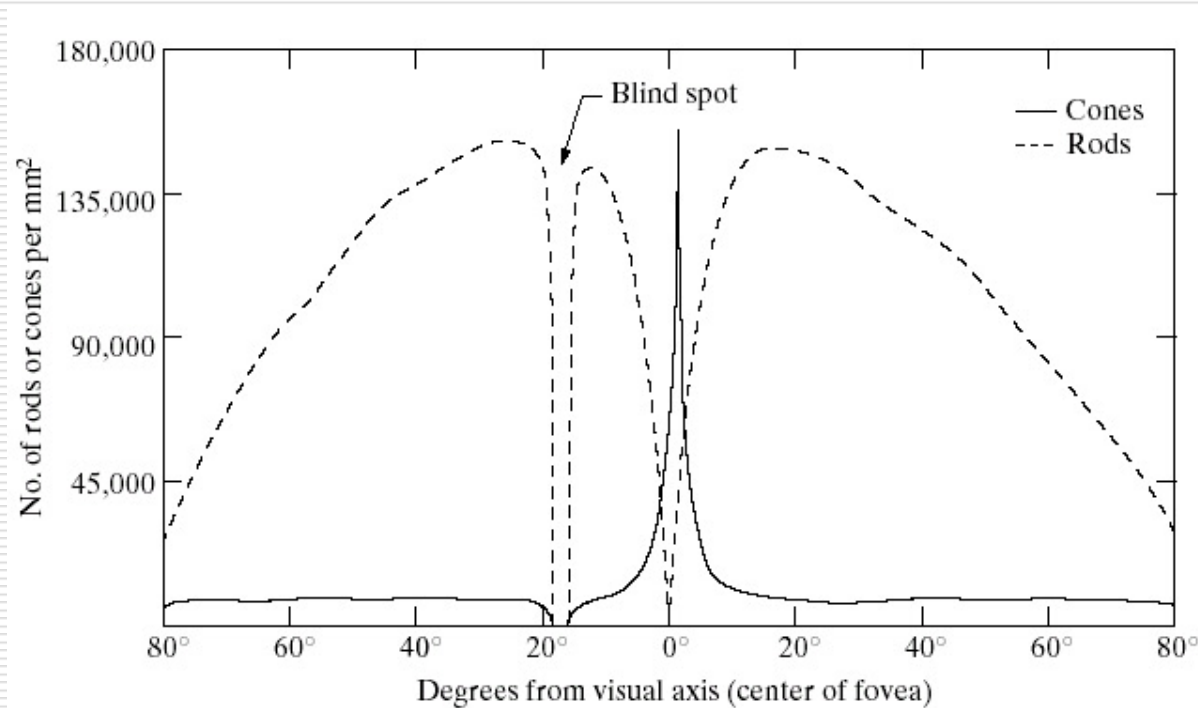
---

### ☐ Tế bào nón

- 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 )
  - Khả năng nhìn ban ngày
-

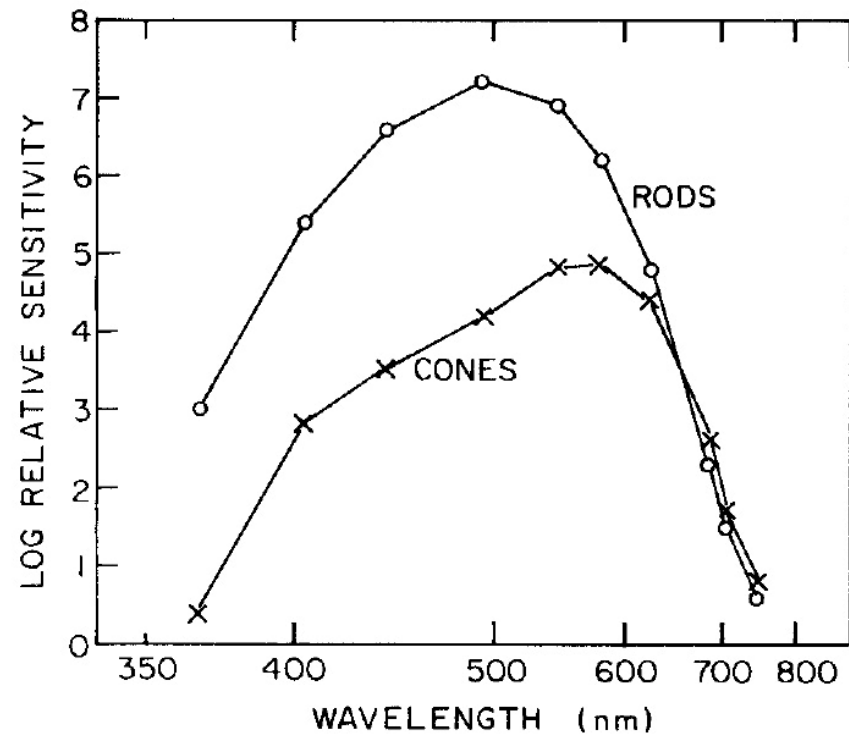
## 3.2. Hệ thống thị giác

- Phân bố các tế bào que và tế bào nón trong võng mạc



## 3.2. Hệ thống thị giác

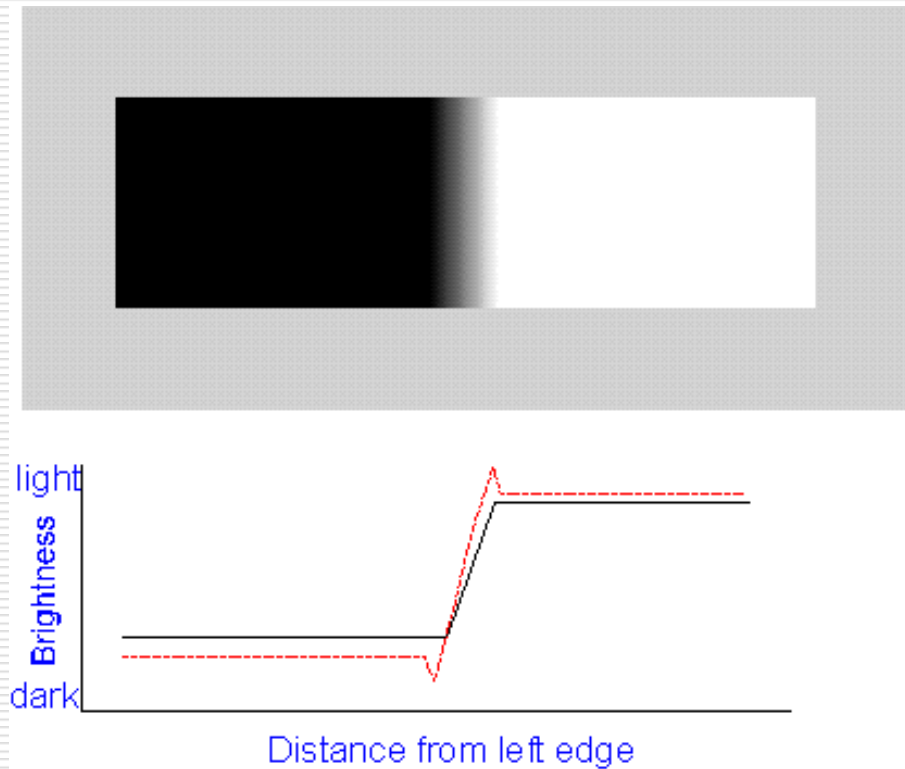
- Độ nhạy sáng của tế bào que và tế bào nón
- Hệ thống thị giác cho phép cảm nhận 10 bậc chênh lệch về cường độ trong dải chiếu sáng



## 3.3 Một số hiệu ứng thị giác

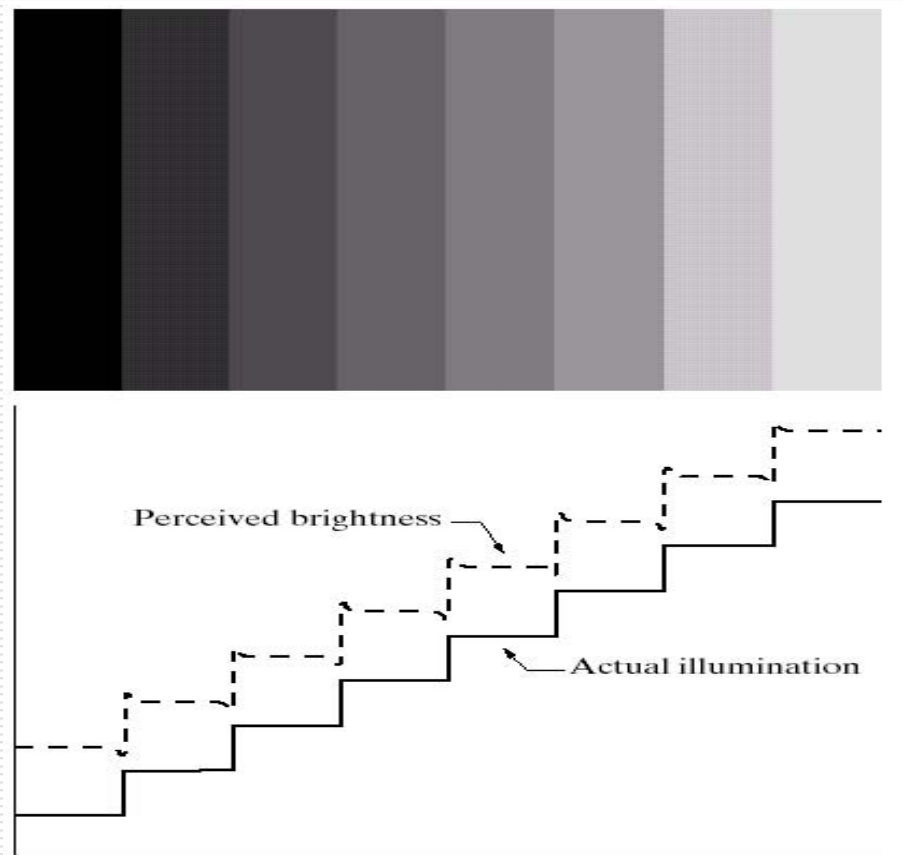
---

### □ Các vạch Mach – cảm nhận độ sáng



## 3.3 Một số hiệu ứng thị giác

---

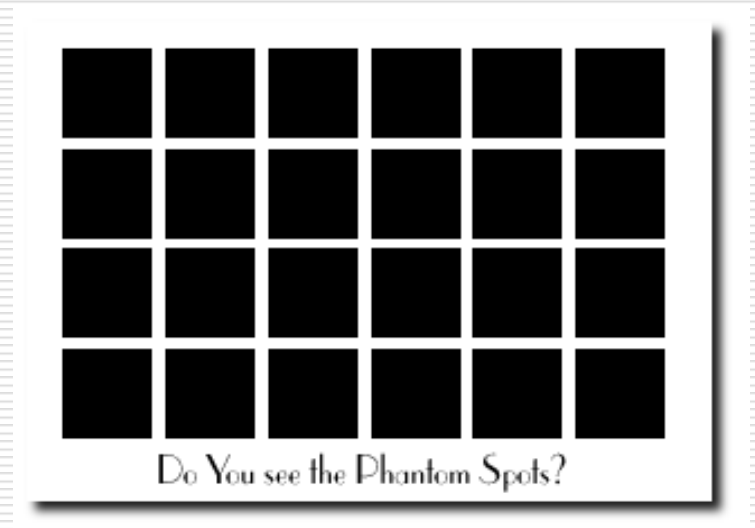
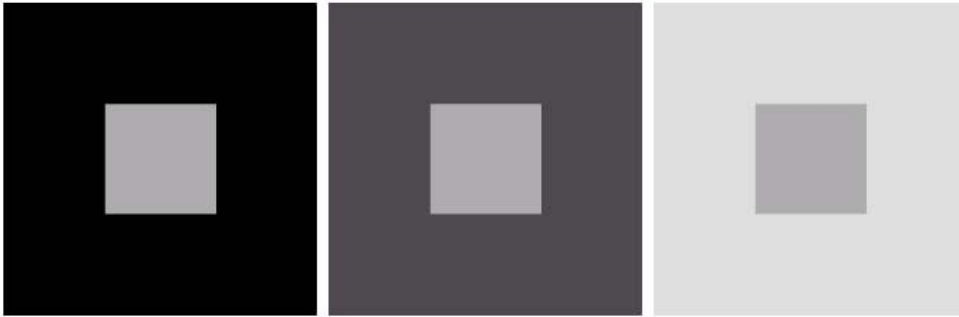




## 3.3 Một số hiệu ứng thị giác

---

- ❑ Các điểm kì dị - cảm nhận độ tương phản

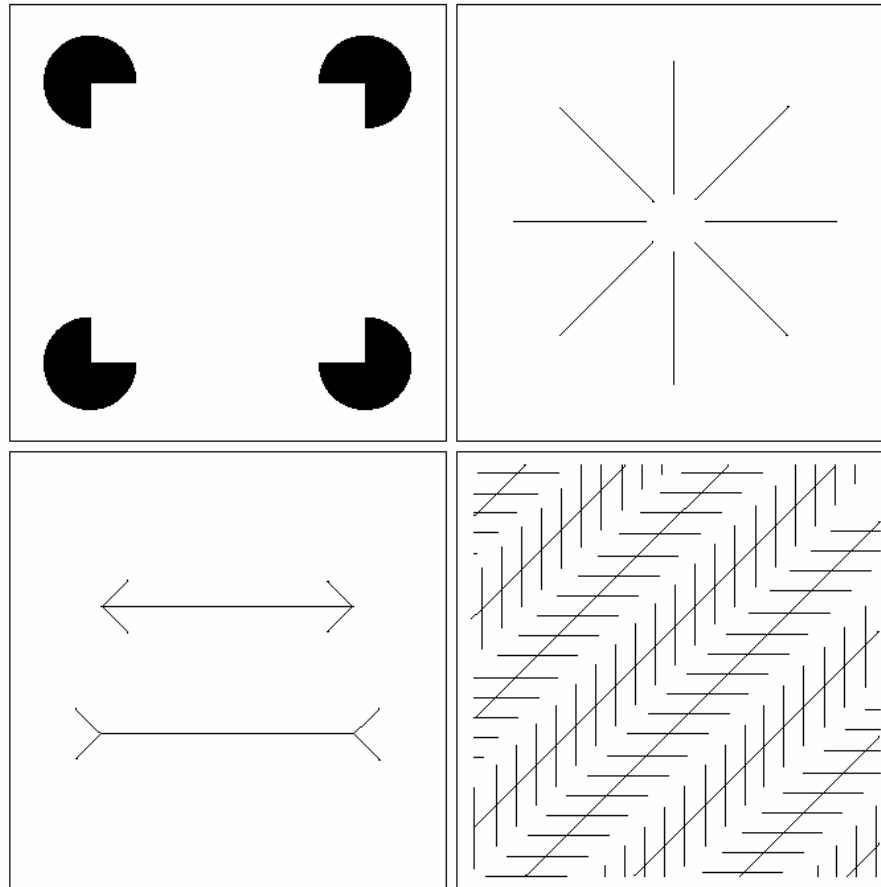


## 3.3 Một số hiệu ứng thị giác

---

a b  
c d

**FIGURE 2.9** Some well-known optical illusions.



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

### □ Các thuộc tính ánh sáng

#### ■ Độ chói( Radiance – watt )

- Tổng năng lượng của chùm tia từ nguồn

#### ■ Độ rọi ( Luminance - lumens, lm)

- Độ đo năng lượng ánh sáng thu nhận được từ nguồn sáng.
- Biến thiên theo khoảng cách từ nguồn sáng, bước sóng, ...
- Không phụ thuộc vào môi trường;

$$L(x, y) = \int_0^{\infty} I(x, y, \lambda) V(\lambda) d\lambda$$

- $I(x, y, \lambda)$  – phân bố ánh sáng trong không gian
  - $V(\lambda)$  – hàm hiệu suất cảm độ rọi tương đối của hệ thống thị giác ( hàm dạng chuông )
-

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Độ sáng ( Brightness )
  - Là thuộc tính chủ quan, đặc trưng cho khả năng cảm nhận độ rọi
  - Phụ thuộc vào độ rọi của môi trường xung quanh
- Độ tương phản tức thời
  - Cảm nhận của hệ thống thị giác nhạy cảm hơn với độ tương phản độ rọi hơn là độ rọi tuyệt đối;
    - $|L_s - L_0|/L_0 = \text{const}$
  - Đối với độ rọi tương đối nhận biết được  $\Delta L$ 
    - $\Delta L / L \sim d(\log L) \sim 0.02 \text{ (const)}$
  - Các mô hình độ rọi – độ tương phản
    - Giả thiết:  $L \in [1..100], c \in [1..100]$
    - $C = 50 \log_{10} L$
    - $C = 21.9 L^{1/3}$

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Mô hình cảm nhận đơn sắc
    - Hàm truyền đạt điều biến ( MTF )
      - Được xác định qua thực nghiệm với những hàm đánh giá hình sin với độ tương phản khác nhau
      - Tương tự bộ lọc thông dải
        - Nhạy cảm với những tần số trung bình
        - Kém nhạy với những tần số cao
      - Phụ thuộc vào hướng đánh giá
        - Nhạy cảm hơn với hướng nằm ngang và thẳng đứng
    - Nhìn chung về cảm nhận đơn sắc
      - Thể hiện khả năng ánh sáng được mắt chuyển đổi thành những thông tin về độ sáng
-

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Tiêu chuẩn đánh giá độ trung thực ảnh
  - Các độ đo chủ quan ( định tính )
    - Đánh giá theo cảm nhận của thị giác:
      - Thang tốt-xấu: tuyệt vời, tốt, khá tốt, kém, không đáp ứng
      - Các độ đo đối sánh
        - Đối sánh với những ảnh khác, nhóm ảnh khác
  - Các độ đo khách quan ( định lượng )
    - Sai số trung bình bình phương và các biến thể
    - Ưu điểm
      - Đơn giản, phong phụ thuộc vào chủ quan
      - Đơn giản về mặt tính toán toán học
    - Nhược điểm
      - Không phải lúc nào cũng phản ánh được cảm nhận thị giác

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Tiêu chuẩn trung bình bình phương
  - Trung bình ( hoặc tổng ) của bình phương sai phân độ rọi của điểm sáng giữa hai ảnh

$$\varepsilon_1 = E(|l - l'|^2) - \text{mean square error}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |l(m, n) - l'(m, n)|^2 - \text{average square error}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E(|l(m, n) - l'(m, n)|^2) - \text{average mean square error}$$

---

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Tỷ lệ tín hiệu – và nhiễu (SNR)

$$SNR = 10\log_{10}\left(\sigma_s^2 / \sigma_e^2\right) \text{ (Db)}$$

$$PSNR = 10\log_{10}\left(A^2 / \sigma_e^2\right)$$

- A – đặc trưng cho giá trị đỉnh- đỉnh ( peak – to – peak value )
  - PSNR thường cao hơn SNR khoảng 12 – 15 Db
-



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

### □ Màu sắc

- Cảm nhận màu sắc phụ thuộc vào phổ của ánh sáng
  - Màu của phổ: ánh sáng nhìn thấy với dải phổ rất hẹp
  - Ánh sáng với tất cả các thành phần phổ nhìn thấy có năng lượng bằng nhau sẽ được cảm nhận là ánh sáng trắng
-

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

### ☐ 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

#### ☐ 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

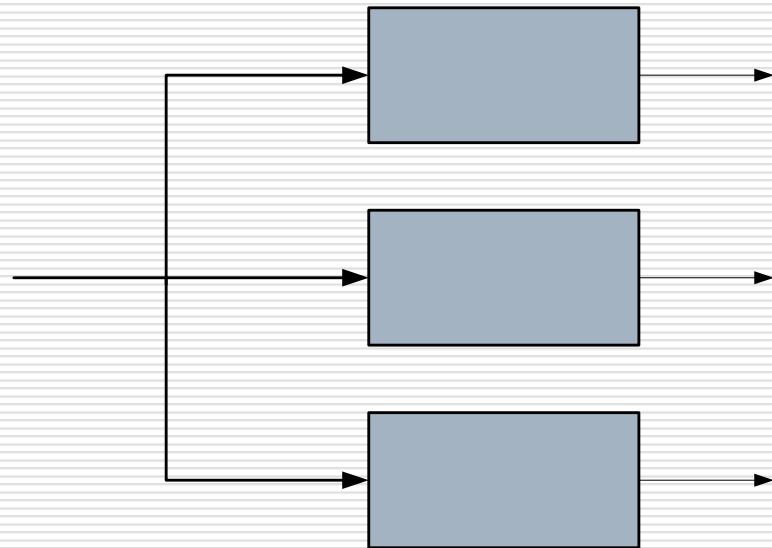
#### ☐ Hue và độ bão hòa gọi là đặc trưng màu( chromaticity )

---

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- ❑ Biểu diễn màu bằng 3 màu cơ bản
  - Một màu bất kỳ có thể được tạo nên bằng cách trộn 3 màu cơ bản
  - 3 dạng tế bào nón cảm nhận màu sắc
    - ❑ Đỏ, Lục, Lam
    - ❑ Cảm nhận màu được mô tả bằng đáp ứng phổ  $\alpha_i(C)$
    - ❑ Các màu được cảm nhận như nhau nếu  $\alpha_i(C_1) = \alpha_i(C_2)$



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

- Các màu cơ bản: các tế bào nón hấp thụ các phổ  $S_i(\lambda)$  có đỉnh tại các bước sóng

- Màu đỏ (700 nm)

- 65% tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng đỏ (650nm)

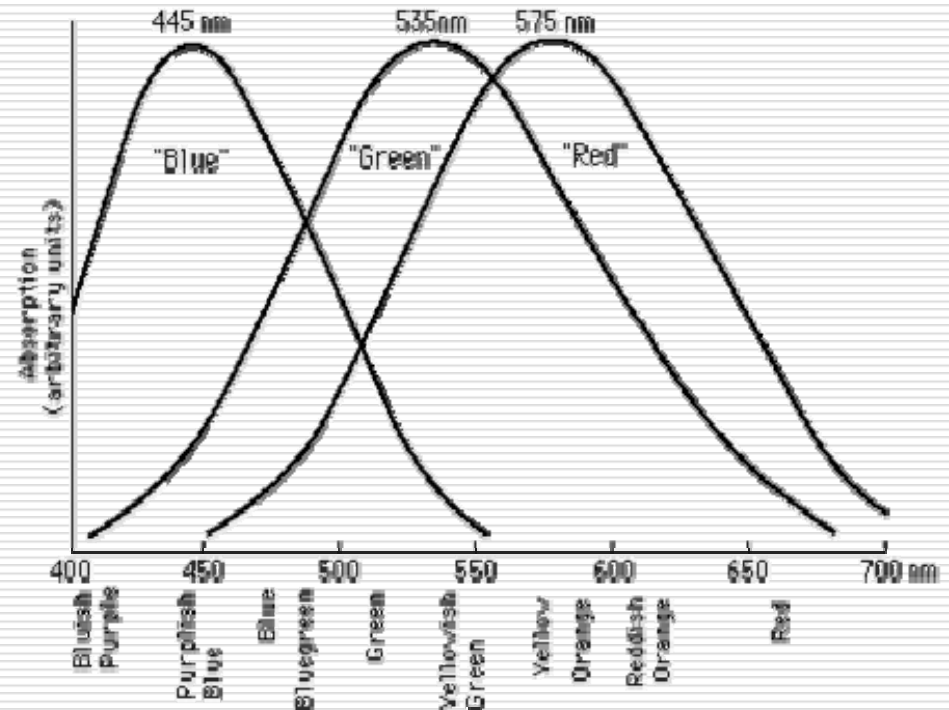
- Xanh lục (550nm)

- 33% tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng lục

- Xanh lam (450nm)

- 2% tế bào nón nhạy cảm với ánh sáng lam

- Pha trộn các màu R,G,B không thể biểu diễn tất cả các màu



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

- Đối sánh và tái tạo màu sắc
    - Hỗn hợp của 3 thành phần:  $C = \sum_k (\beta_k P_k(\lambda))$
    - Đối sánh với một màu cho trước  $C_1$ 
      - Tăng  $\beta_k$  sao cho  $\alpha_i(C_1) = \alpha_i(C)$ ,  $i = 1, 2, 3$
      - Các giá trị ba kích thích:  $T_k(C)$ 
        - $T_k(C) = \beta_k / w_k$
        - $w_k$  – định lượng của thành phần cơ bản thứ k để đối sánh với màu trắng tham chiếu;
    - Độ màu ( chromaticity )
      - $t_k = T_k / ( T_1 + T_2 + T_3 )$
      - $t_1 + t_2 + t_3 = 1$
      - Biểu đồ biểu diễn  $t_1, t_2$  gọi là biểu đồ màu ( chromaticity diagram )
      - Những giá trị âm có thể có, nhưng không thể tạo được từ những màu cơ bản.
-

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

### □ Biểu đồ đặc trưng màu

#### ■ Các hệ số 3 màu

- $X, Y, Z$ : các giá trị kích thích màu, biểu diễn lượng màu Đỏ, Lục, Lam cần thiết để tạo nên một màu bất kỳ

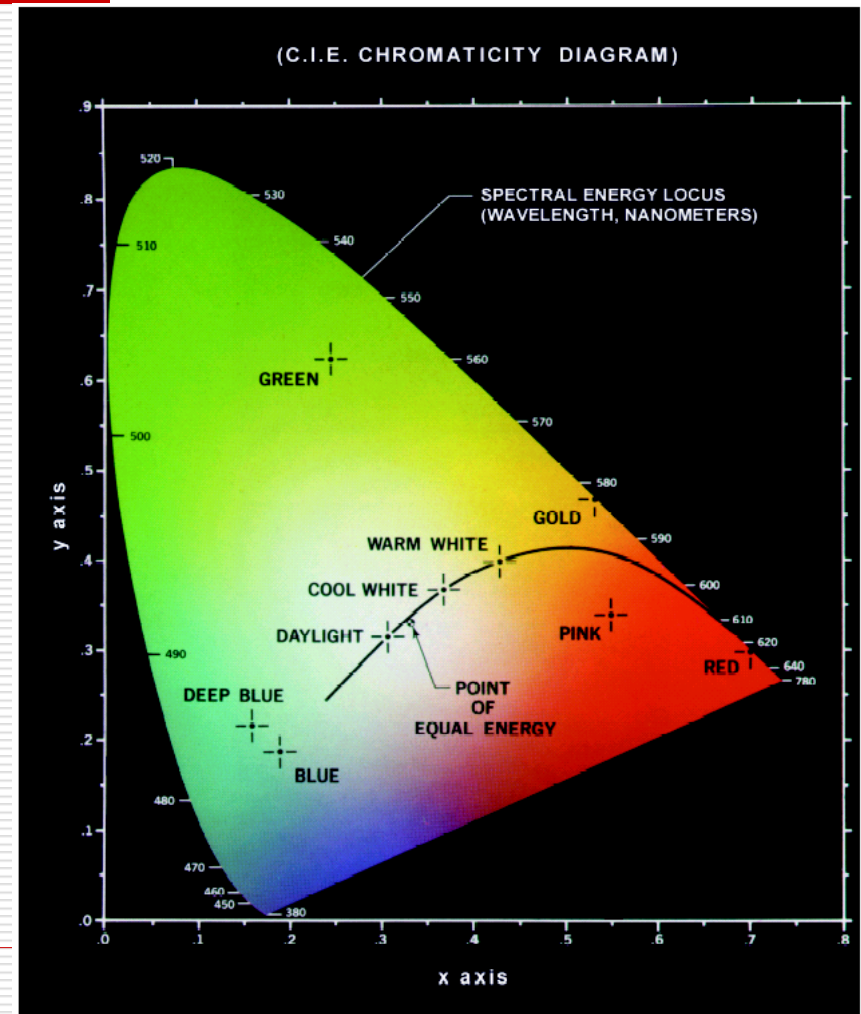
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z},$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

- Ta có,  $x + y + z = 1$ ,  $x$  và  $y$  sẽ tạo nên biểu đồ đặc trưng màu

#### ■ Biểu đồ đặc trưng màu CIE (Commission Internationale d'Eclairage)

- $x$ : Đỏ,  $y$ : Lục
- Màu trên vùng biên được bão hòa hoàn toàn
- Độ bão hòa tại những điểm có năng lượng bằng nhau bằng zero



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

### □ Gam màu ( color gamut )

- Bất kỳ 3 điểm trong biểu đồ thuộc tính màu có thể tạo ra tất cả các màu trong tam giác này
- Dạng hình cong của biểu đồ cho thấy không có hỗn hợp của 3 màu nào có thể tạo nên tất cả các màu có thể

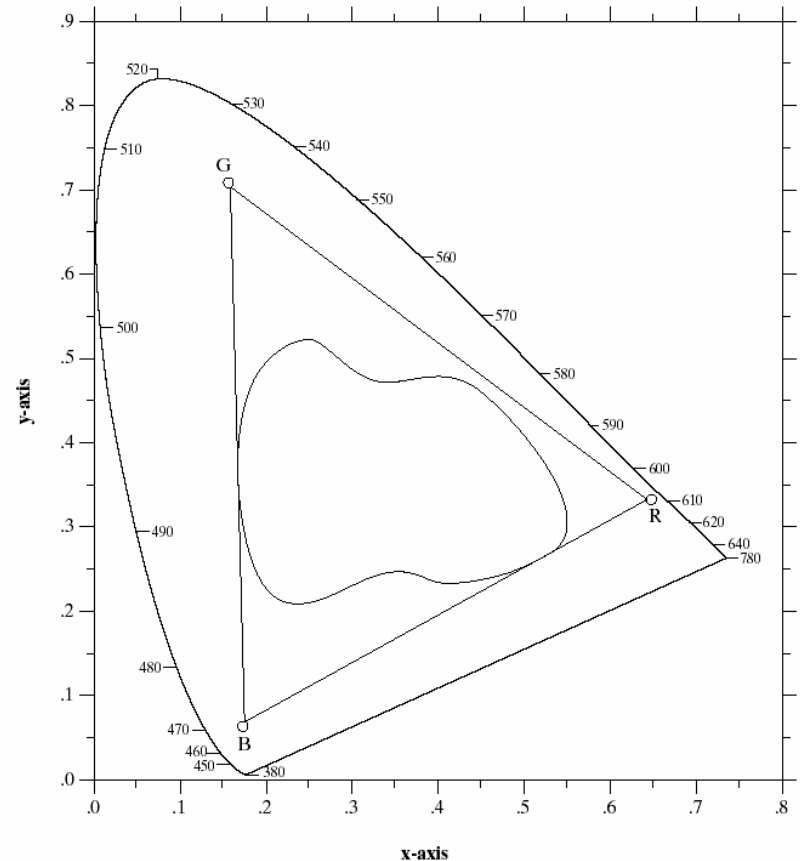


FIGURE 6.6 Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

### □ Các hệ biểu diễn màu

- Đỏ, Lục, Lam (RGB)
  - Lục lam, Đỏ tươi, Vàng (Cyan Magenta Yellow - CMY)
  - Sắc độ, Bảo hòa, Cường độ (Hue Saturation Intensity - HSI): gần với HVS
  - Màu sắc = điểm giá trị màu trong không gian màu 3D
-

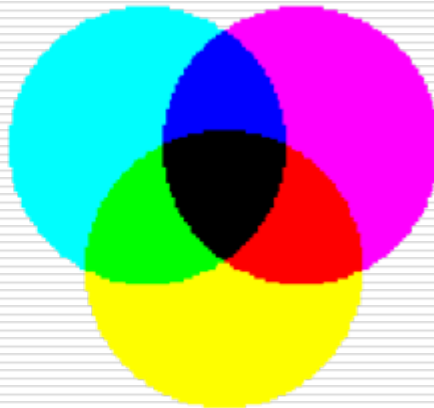


## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---

### □ RGB và CMY

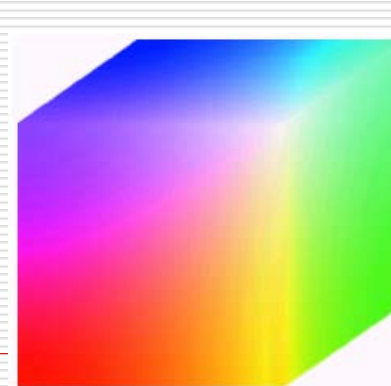
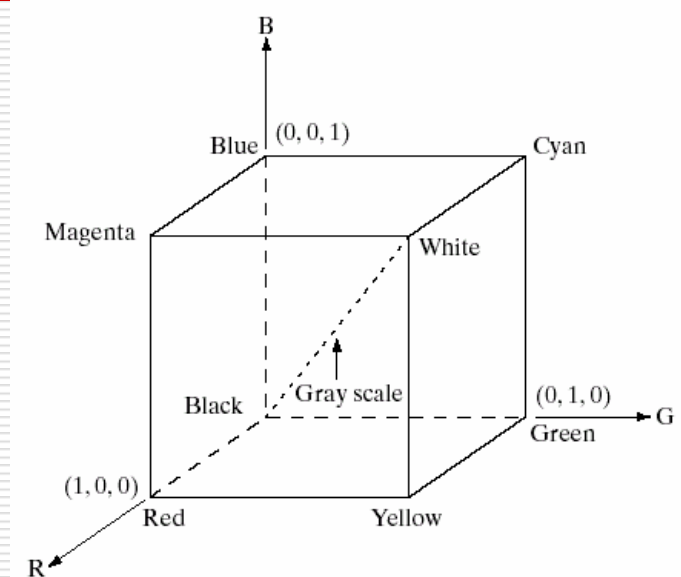
- RGB: màn hình, video
- CMY: công nghệ in



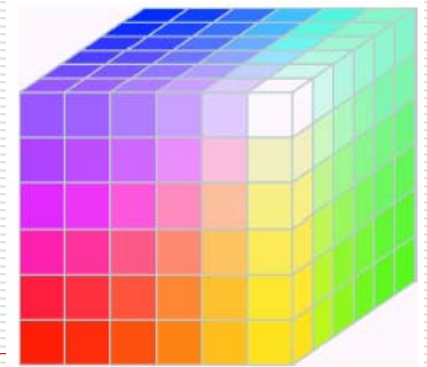
$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}.$$

## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

- R, G, B tại 3 trục nhận giá trị [0 1]
- Thang mức xám dọc theo trục chính
- Nếu mỗi thành phần được lượng tử hóa 256 mức [0:255], số lượng màu:  $(2^8)^3 = 2^{24} = 16,777,216$  màu
- RGB safe color:
  - Mỗi thành phần được lượng tử hóa thành 6 mức từ 0 đến 255



24-bit RGB color cube



RGB safe color cube

# 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

## □ Mô hình màu HSI

### ■ Sắc độ

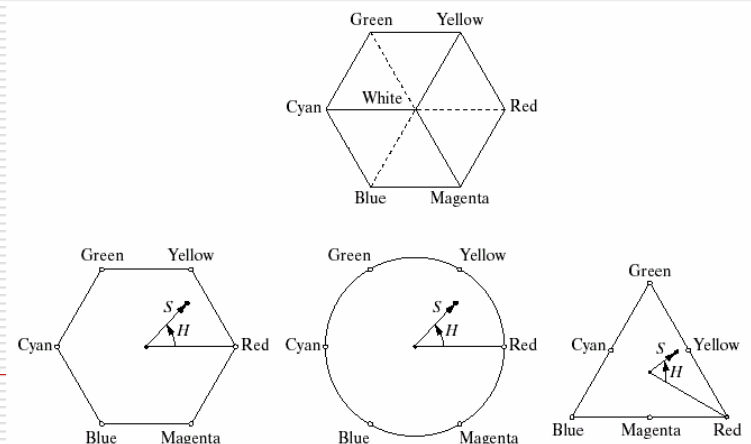
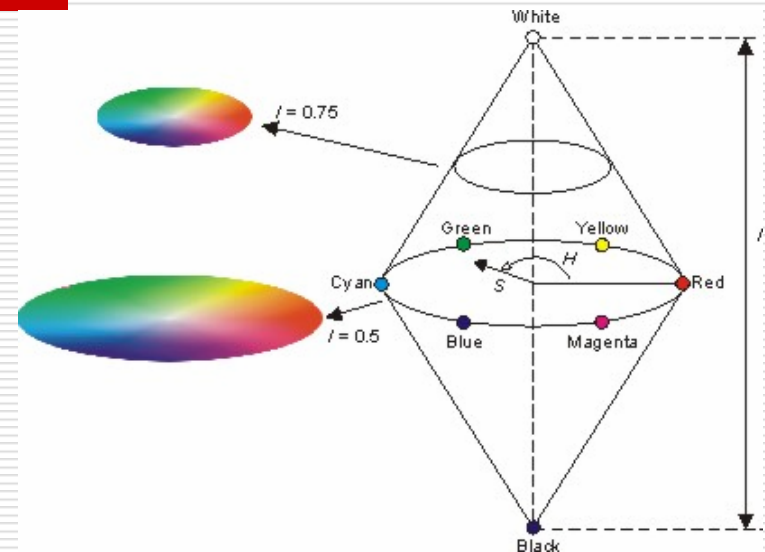
- Thuộc tính đặc trưng cho màu thuần  $[0, 360]$

### ■ Độ bão hòa

- Mức độ của màu thuần được trộn với màu trắng  $[0, 1]$

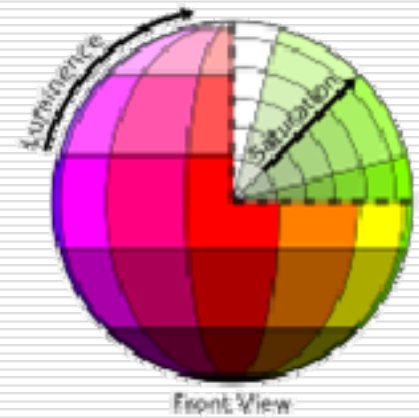
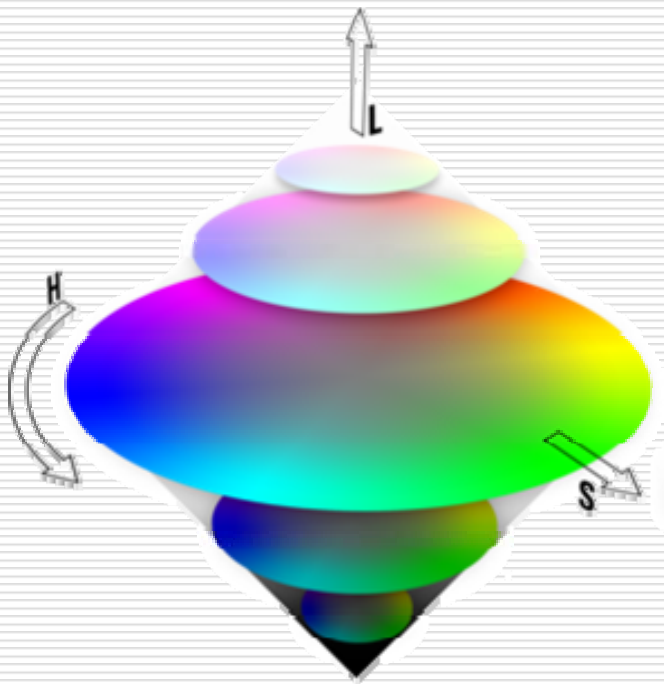
### ■ Mô hình HSI

- Sắc độ và độ bão hòa nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục cường độ sáng  $[0, 1]$



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

---



## 3.4. Cảm nhận và biểu diễn màu sắc

□ Chuyển đổi giữa các hệ biểu diễn màu

■ RGB → CYM

$$\begin{bmatrix} C \\ Y \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

■ HSI → RGB

$$0 \leq H \leq 120^\circ$$

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \cdot \left[ 1 + \frac{S \cdot \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 1 - (R + B)$$

■ RGB → HIS

□ Cường độ = Độ rọi

□ Độ bão hòa = Cường độ màu

□ Sắc độ = Màu

□ HS = các tọa độ cực

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{[(R - G) + (R - B)] / 2}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\}$$

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3 \cdot \min(R, G, B)}{R + G + B}$$

$$I = (R + G + B) / 3$$