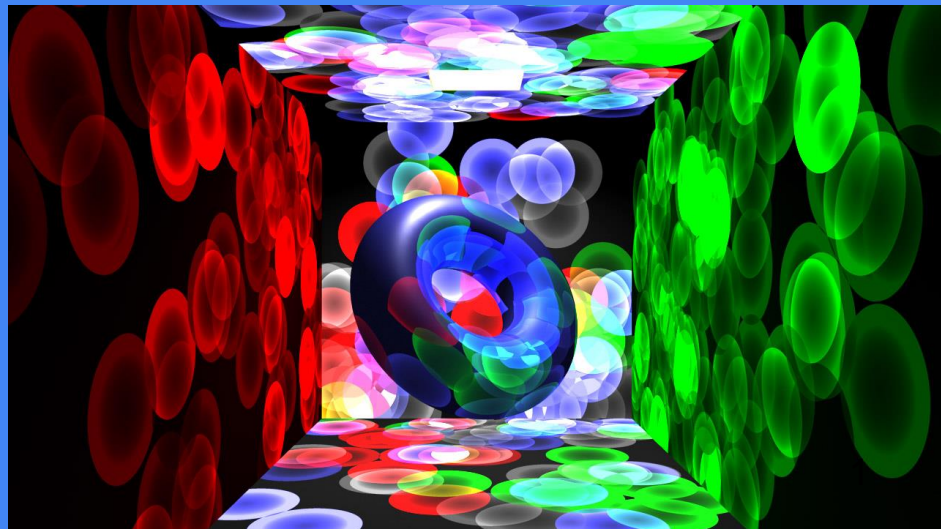


CS113 - ĐỒ HỌA MÁY TÍNH VÀ XỬ LÝ ẢNH

Ánh sáng – Illumination & Shading



Giới thiệu



Giới thiệu



Giới thiệu

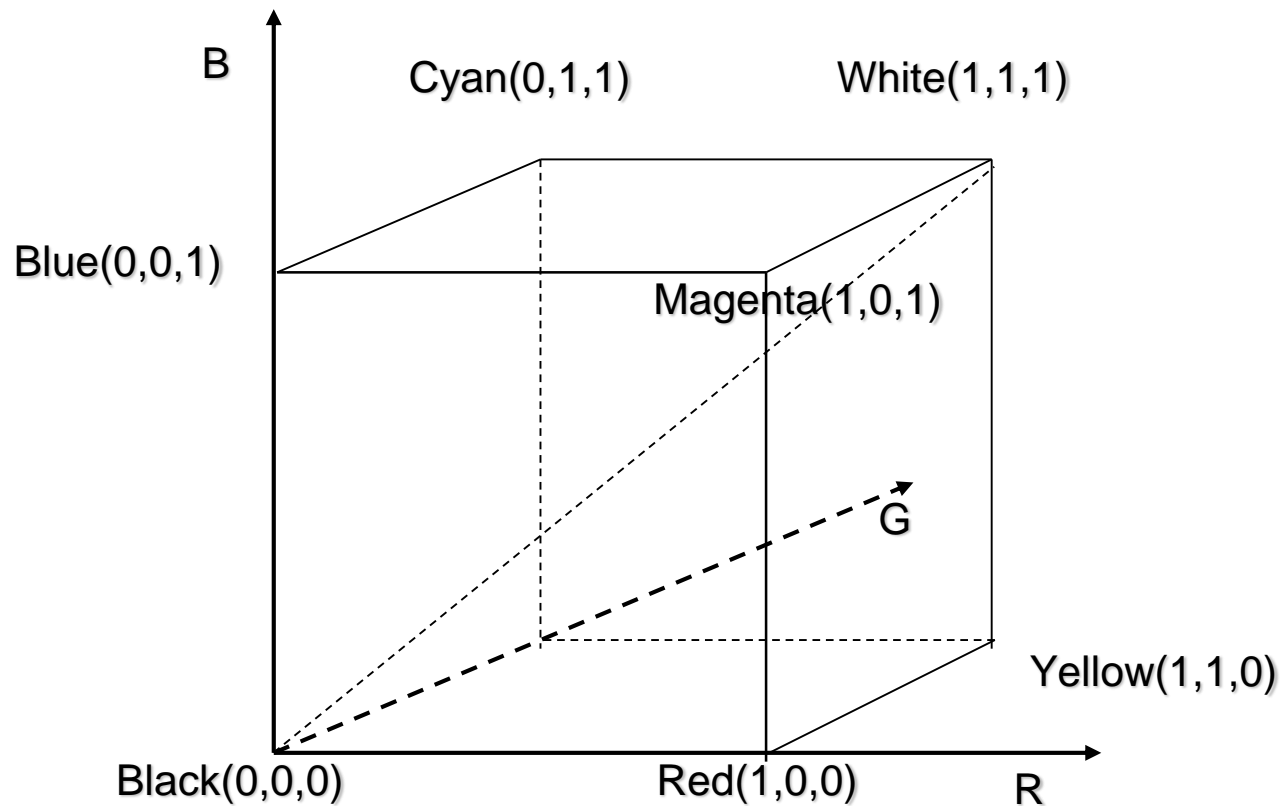


Rendered in POV-Ray by Gilles Tran

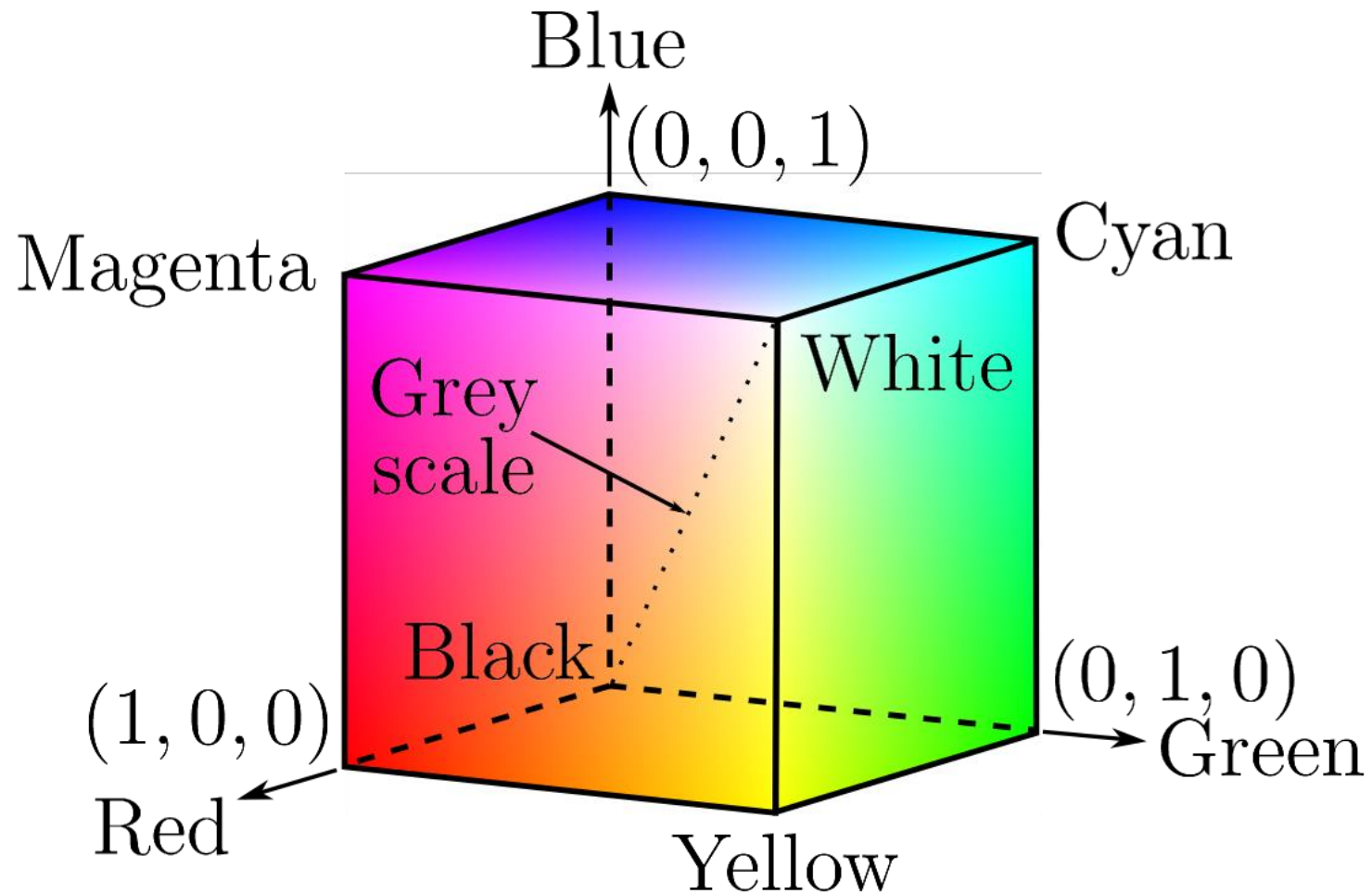
Không gian màu RGB

Mô tả màu sắc bằng 3 thành phần Red, Green, Blue.

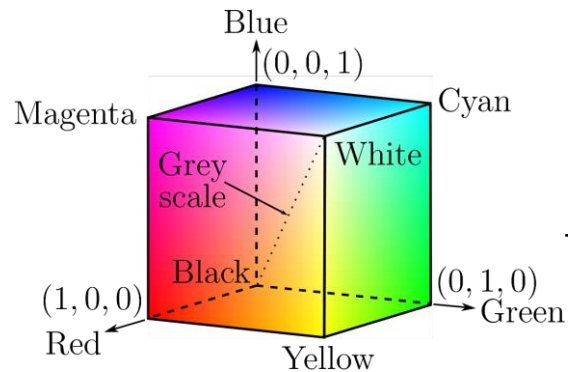
Mỗi màu được biểu diễn bằng tổ hợp 3 màu Red, Green, Blue.



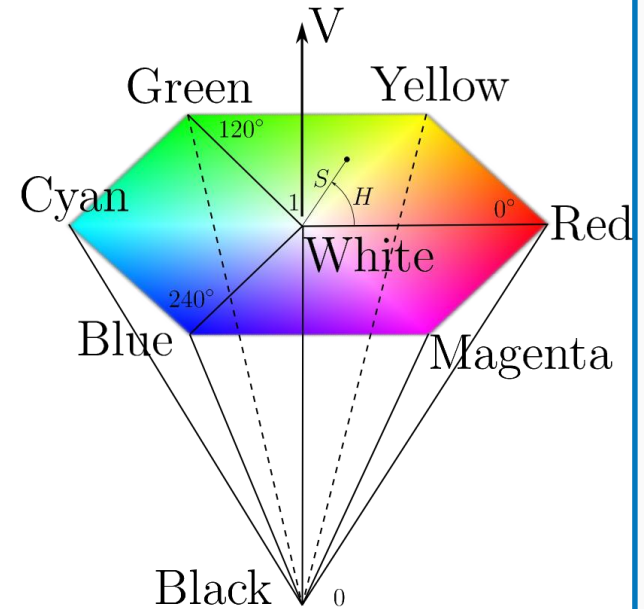
Không gian màu RGB



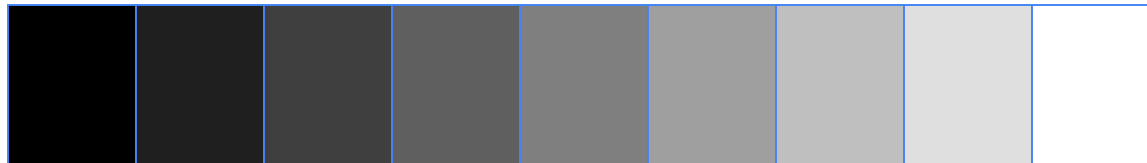
Không gian màu RGB (cont.)



Red-Green-Blue Color Cube



$$\text{Red}(1,0,0) + \text{Blue}(0,0,1) = \text{Magenta}(1,0,1)$$



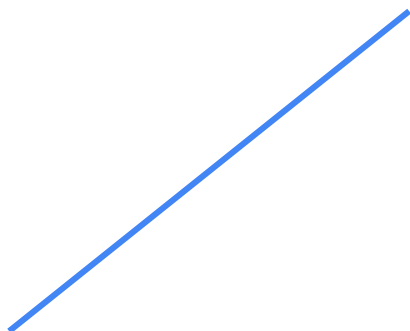
Grey Level

Gamma Correction

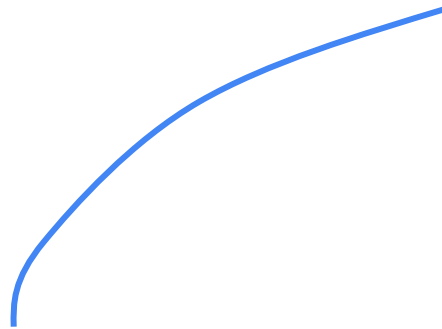
Màn hình máy tính (cũn như TV) không có sự tương ứng tuyến tính giữa giá trị màu và cường độ sáng của thiết bị hiển thị gây bởi lớp photpho trên màn hình.

Công nghệ truyền hình sử dụng hằng số gamma (1.8 đến 2.6, thường dùng là 2.222) để hiệu chỉnh độ chênh lệch.

$$\text{CorrectedValue} = \text{Value}^{1.0 / \text{GammaCorrection}}$$



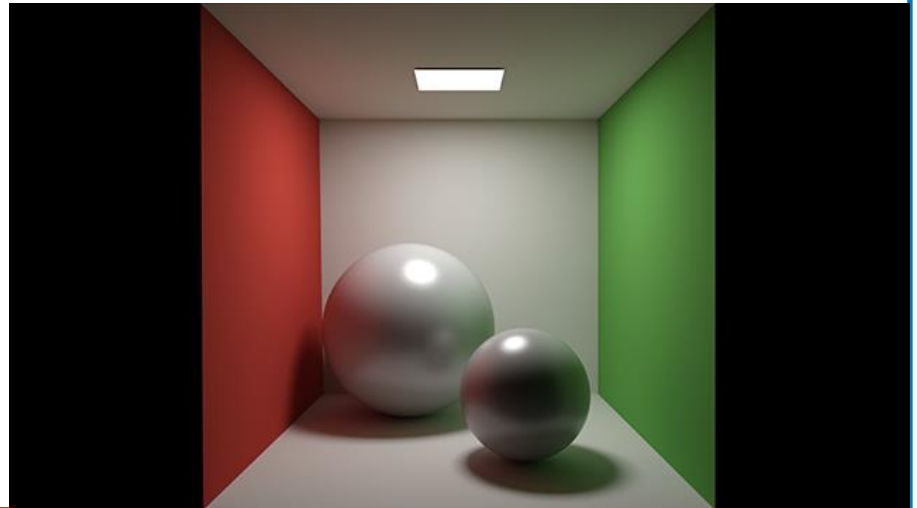
Value



Corrected Value

Thuật ngữ

- ❑ **Illumination**: sự di chuyển của năng lượng từ nguồn sáng đến bề mặt vật thể
 - Lưu ý: chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp
- ❑ **Lighting**: tính toán cường độ sáng của điểm trên bề mặt
- ❑ **Shading**: gán màu cho pixel



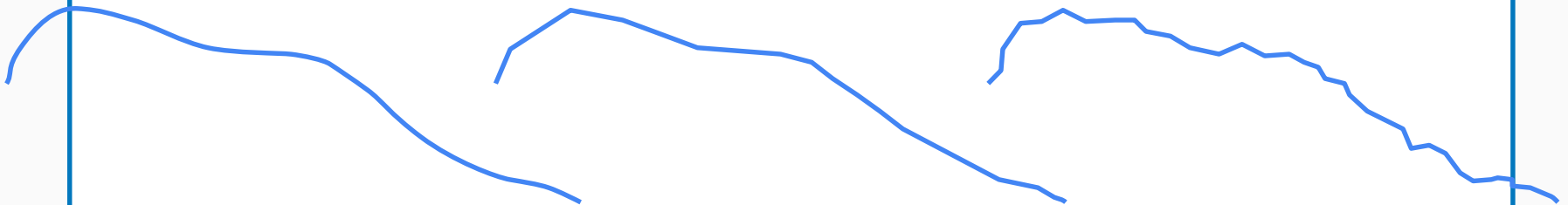
Các thành phần của chiếu sáng

☐ Nguồn sáng

- Direct
- Indirect

☐ Tính chất của bề mặt vật thể

- Color
- Tính chất:
 - ✓ Position
 - ✓ Orientation
 - ✓ Shape
 - ✓ Microgeometry (smooth, rough, in-between)



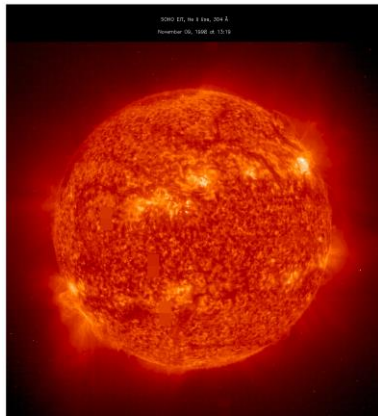
Tính chất của tia sáng

❑ Màu

❑ Tính chất hình học:

- Vị trí - Position
- Hướng - Orientation
- Dạng Shape

❑ Directional attenuation



Tô bóng

Tính toán màu và cường độ ánh sáng khi rời khỏi bề mặt vật thể và đi vào mắt.

Màu của tia sáng mà mắt cảm nhận được là tổng hợp:

- Màu của bề mặt vật thể.
- Màu của bất kì tia sáng nào phản xạ ra khỏi vật thể.
- Màu của bất kì tia sáng nào khúc xạ qua khỏi vật thể.

Tô bóng (cont.)

Để tính toán màu trong quá trình tô bóng, người ta quan tâm :

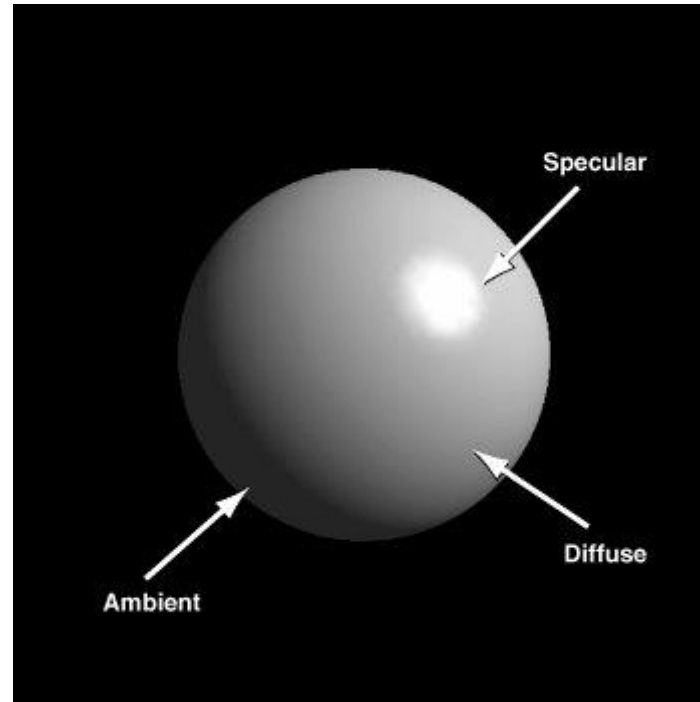
- hướng của tia sáng
- tính chất bề mặt vật thể.

❑ Khi tia sáng tương tác với mặt vật thể, tô bóng xác định ánh sáng sẽ được lan truyền đến mắt như thế nào:

- sự phản chiếu ánh sáng – specular : phụ thuộc vào hướng của tia sáng.
- sự khuếch tán ánh sáng – diffuse : giống nhau theo mọi hướng, không phụ thuộc vào hướng của tia sáng.

❑ Phản chiếu và khuếch tán ánh sáng đều tồn tại trong phản xạ (reflection) và khúc xạ (transmission) ánh sáng.

Tô bóng (cont.)



Tô bóng (cont.)

Ánh sáng đi từ nguồn trực tiếp hay gián tiếp => Có 8 loại nguồn sáng khác nhau.

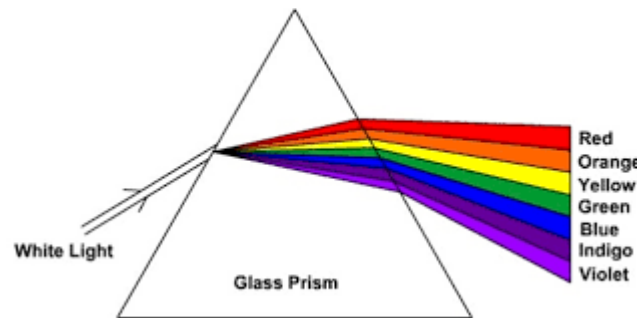
Để đơn giản quá trình tính toán, ta phải loại bỏ một số nguồn sáng không quan trọng => mất độ chính xác của hình ảnh tạo ra, nhưng gần giống với tự nhiên.

- *Không quan tâm đến tần số ánh sáng*
- *Sự phản xạ và khúc xạ giữa các vật thể được loại bỏ*
- *Khoảng cách*

Tô bóng (cont.)

Tần số ánh sáng

- ❑ Trong tương tác giữa vật thể và tia sáng, tần số ánh sáng ảnh hưởng đến màu sắc của vật thể.
- ❑ Do đó, việc không xem xét tần số ánh sáng sẽ làm một số hiệu ứng của ánh sáng bị mất.
- ❑ Ví dụ: lăng kính sẽ bẻ cong ánh sáng theo các góc khác nhau tùy thuộc vào tần số từng thành phần ánh sáng.



Tô bóng (cont.)

Sự phản xạ và khúc xạ

- ❑ Sự phản xạ và khúc xạ giữa các vật thể cung cấp nguồn sáng trong hầu hết các khung cảnh.
- ❑ Bởi vì nhiều vật thể phản xạ ánh sáng khuếch tán, chúng tạo ra vô số những nguồn sáng không định hướng đến các vật thể khác trong khung cảnh. Các nguồn sáng đó có thể đi vào mắt người quan sát và do đó chúng ta có thể thấy được.



Tô bóng (cont.)

Sự phản xạ và khúc xạ

- ❑ Do sự phức tạp của việc tính toán sự chiếu sáng không định hướng từ những vật thể khác trong khung cảnh, hầu hết các mô hình tô bóng thay thế sự phân phối ánh sáng giữa các vật thể bằng ánh sáng ambient.
- ❑ Nếu không có gì thay thế cho sự chiếu sáng không định hướng thì các vật thể nào mà không được chiếu sáng trực tiếp từ nguồn sáng sẽ có màu đen và không được nhìn thấy.
- ❑ Ánh sáng ambient cung cấp một lượng ánh sáng nhỏ cho phép những vật thể bị che khuất có thể nhìn thấy được.

Tô bóng (cont.)

Khoảng cách

Ánh sáng di chuyển trong không gian sẽ giảm cường độ, tỉ lệ theo bình phương khoảng cách.

Một số mô hình tô bóng không quan tâm đến khoảng cách giữa nguồn sáng và vật thể. Do đó, tất cả vật thể trong khung cảnh đều nhận một cường độ sáng như nhau.

Tô bóng (cont.)

Tối ưu tính toán

Sau khi thực hiện việc đơn giản hóa việc tính toán màu, chúng ta quan tâm đến 4 loại nguồn sáng chính sau:

- Ánh sáng ambient.
- Ánh sáng phản xạ khuếch tán - diffuse reflection.
- Ánh sáng phản xạ gương - specular reflection.
- Ánh sáng khúc xạ (refraction).

Ánh sáng Ambient

Ánh sáng ambient chỉ là sự đơn giản hóa sự chiếu sáng giữa các vật thể. Tia sáng ambient trong khung cảnh tương tác với vật thể từ mọi hướng và phản xạ theo mọi hướng.

Cường độ của ánh sáng ambient phản xạ vào mắt độc lập với hướng mắt nhìn và hướng của nguồn sáng.

Ánh sáng Ambient (cont.)

Ánh sáng ambient có thể tính toán theo 2 cách:

Cách 1:

$$I_a = k_a * I_i$$

Trong đó:

- I_i là cường độ của nguồn sáng
- k_a hằng số hấp thụ ánh sáng ambient. Hằng số k_a xác định ánh sáng ambient sẽ được phản xạ từ bề mặt vật thể nhiều hay ít .

Phương pháp này cho ánh sáng ambient phản xạ từ bề mặt vật thể là hàm theo màu của nguồn sáng, không phải là màu của vật thể.

Ánh sáng Ambient (cont.)

Ánh sáng ambient có thể tính toán theo cách khác mang hiệu ứng thực hơn:

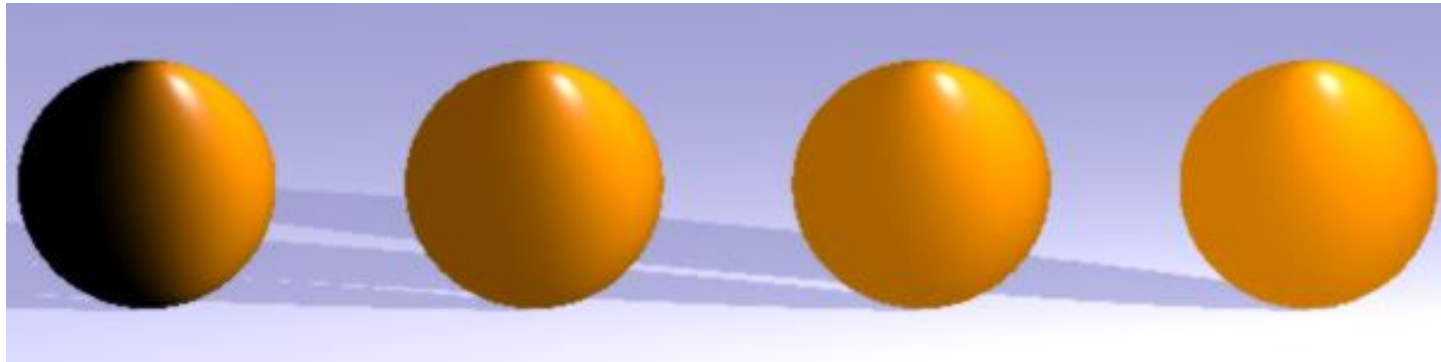
$$I_a = k_a * I_o$$

Trong đó:

- I_o là cường độ màu của bề mặt vật thể
- k_a hằng số hấp thụ ánh sáng ambient, thông thường là 0.4

Với phương pháp này, vật thể trong khung cảnh nếu chỉ được chiếu sáng bởi ánh sáng ambient thì có màu tối hơn màu thật của nó.

Ánh sáng Ambient (cont.)



$k_a = 0.0, \quad 0.2, \quad 0.4, \quad 0.6.$

Ánh sáng Ambient (cont.)

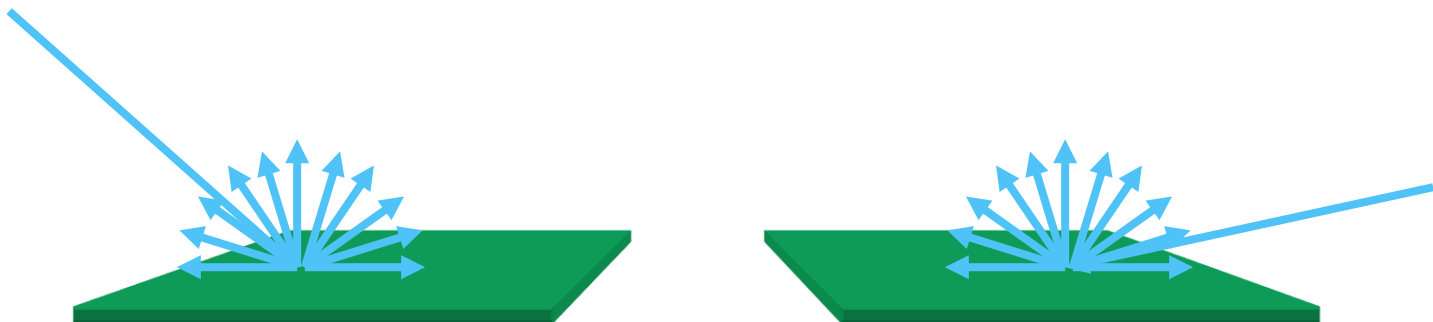
Phương trình trước được áp dụng cho ánh sáng đơn. Chúng ta áp dụng nó cho 3 thành phần RGB riêng biệt:

- $I_{a_R} = k_{a_R} * I_{o_R}$
- $I_{a_G} = k_{a_G} * I_{o_G}$
- $I_{a_B} = k_{a_B} * I_{o_B}$

Các hằng số hấp thụ k_{a_R} , k_{a_G} , k_{a_B} thường khác nhau và phụ thuộc vào tính chất hấp thụ của các bề mặt vật thể.

Phản xạ khuếch tán – Diffuse Reflection

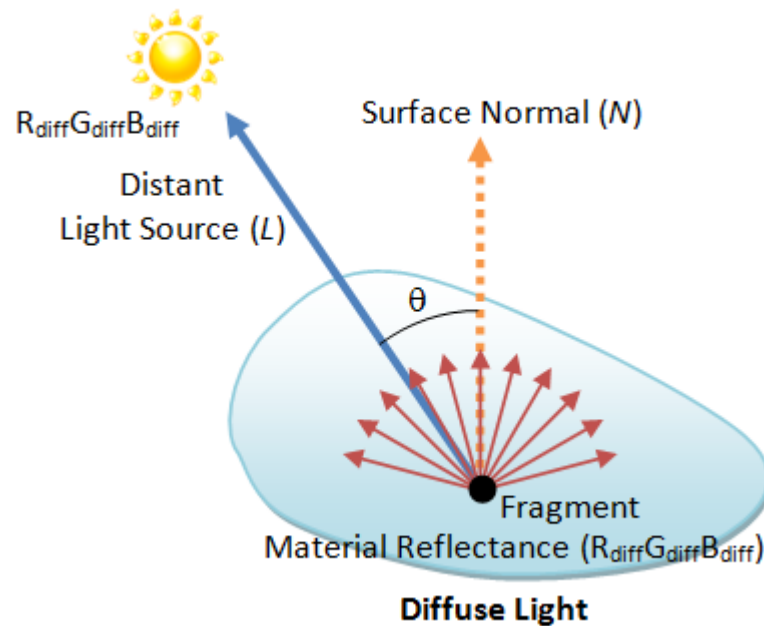
- ❑ Diffuse light models distant directional light source (such as the sun light).
 - ❑ Phản xạ ánh sáng theo mọi hướng
 - ❑ Giống nhau theo mọi hướng quan sát.
- Không phụ thuộc vào vị trí của người quan sát. Vì thế, chúng ta không quan tâm đến hướng của mắt nhìn.



Luật Lambert's cosine

☐ Sự phản xạ ánh sáng dựa trên luật **Lambert's cosine**:

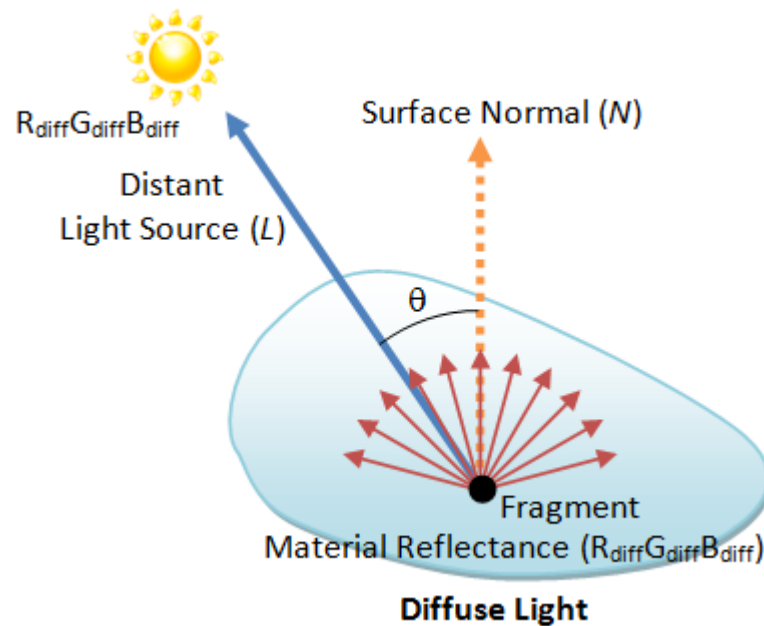
Năng lượng phản xạ bởi bề mặt vật thể từ một nguồn sáng có định hướng tỉ lệ với cosine góc θ tạo bởi hướng của ánh sáng L và vectơ trục chuẩn N của bề mặt.



Tính toán ánh sáng Diffuse

- ❑ Cường độ phản xạ phụ thuộc vào hướng của bề mặt và nguồn sáng, nhưng không phụ thuộc vào vị trí quan sát (**view-independent**).

$$I_d = k_d * I_l * \cos\theta$$



- ❑ Trong thực tế, ta dùng tích vô hướng (dot product) giữa L và N được chuẩn hóa:

$$I_d = k_d * I_l * \max((L \cdot N), 0)$$

Tính toán ánh sáng Diffuse

❑ Quả cầu theo các hướng nguồn sáng khác nhau:

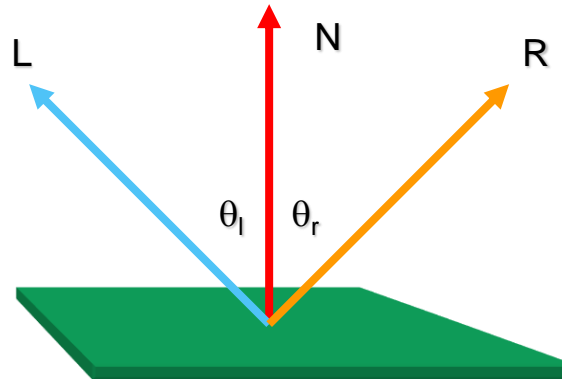


Phản xạ gương - Specular reflection

- ☐ Ánh sáng phản chiếu có từ những bề mặt bằng phẳng. Nếu bề mặt vật thể đủ phẳng, ánh sáng phản chiếu xuất hiện.
- ☐ Ánh sáng phản chiếu xuất hiện trên bề mặt vật thể như là một mảng ánh sáng nhỏ của nguồn sáng phản xạ lại.
- ☐ Nếu bề mặt càng phẳng thì sự phản chiếu càng tăng.
- ☐ Ánh sáng phản chiếu không mang màu của bề mặt vật thể bởi vì ánh sáng phản chiếu tương tác với vật thể không bị hấp thụ và phản xạ từ bề mặt vật thể như trường hợp ánh sáng khúc tán.

Luật phản xạ

- Tia sáng tới (incoming) và tia phản xạ (reflected) cùng nằm trên mặt phẳng chứa pháp vector của bề mặt vật thể.
- Góc phản xạ bằng với góc tới: $\theta_i = \theta_r$

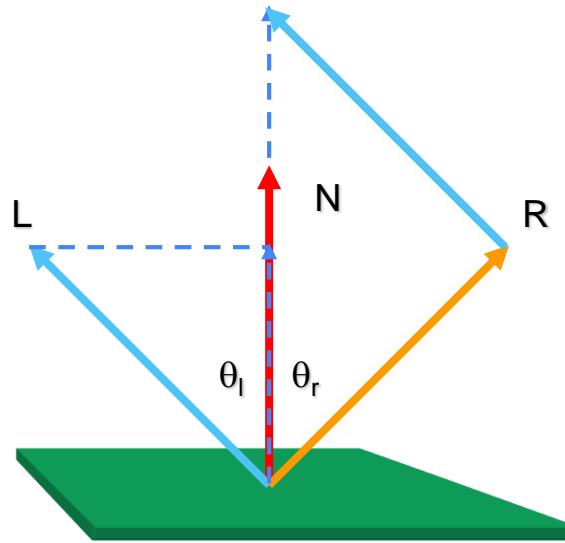


Trong đó:

- L: tia sáng tới
- R: tia phản xạ
- N: pháp vector
- $R = 2 * N * (L \cdot N) - L$

Tính toán vectơ phản chiếu

$$\mathbf{R} + \mathbf{L} = (2(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}))\mathbf{N}$$



$$\mathbf{R} = (2(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}))\mathbf{N} - \mathbf{L}$$

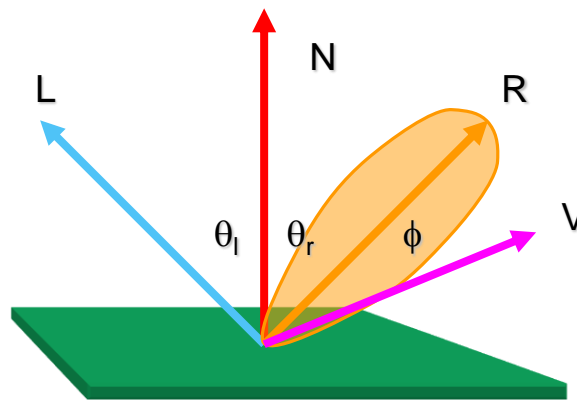
Tính toán ánh sáng phản xạ gương

- Độ sáng phản xạ gương: $I_s = k_s * I_l * (\cos\phi)^n$

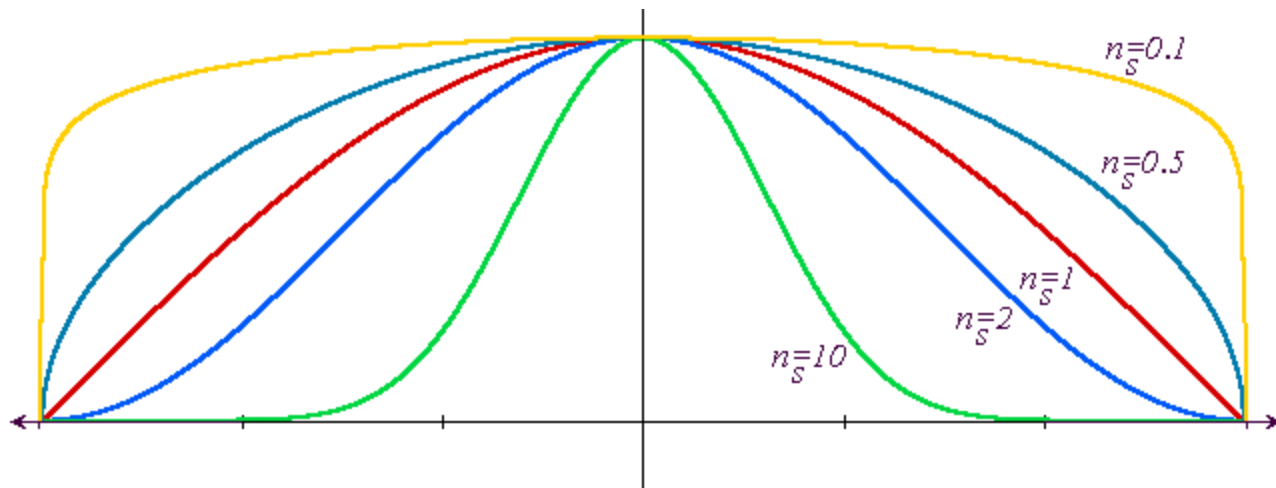
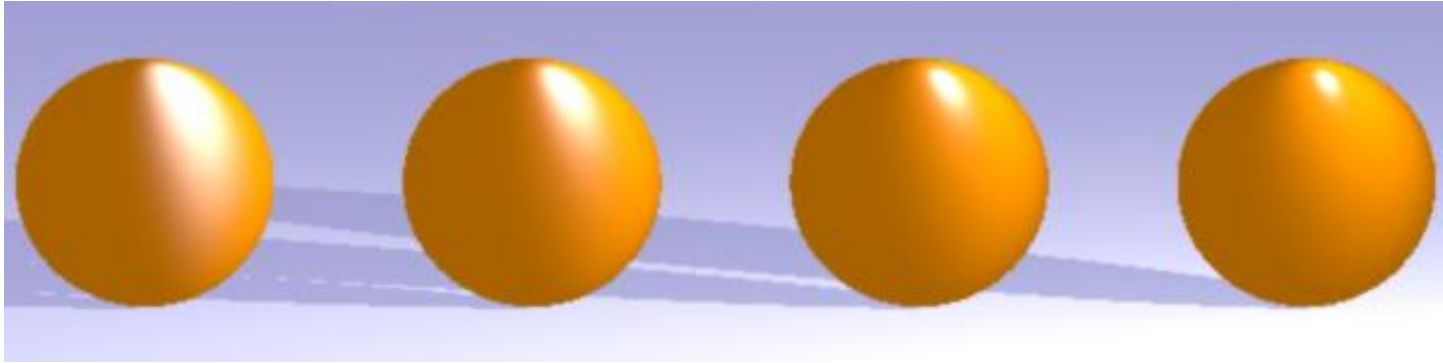
$$I_s = k_s * I_l * (\max(R \cdot V, 0))^n$$

trong đó n là hệ số bóng (shininess), khi n càng lớn thì điểm sáng càng nhỏ hơn.

- Khi vector R và V trùng nhau, ánh sáng phản chiếu cực đại xảy ra.
- Góc giữa hai tia càng lớn thì hiệu ứng càng thấp.



Phản xạ gương (cont.)



Khúc xạ gương– Specular Transmission

- ❑ Ánh sáng đi xuyên qua bề mặt vật thể trong suốt hay bán trong suốt.
- ❑ Khi chúng ta nhìn qua vật thể trong suốt, chúng ta nhận thấy rằng ánh sáng bị bẻ cong. Ánh sáng bị bẻ cong khi đi qua môi trường có chiết suất khác nhau, khi đó tốc độ ánh sáng thay đổi.
- ❑ Mức độ bẻ cong ánh sáng tùy thuộc vào mật độ của môi trường IOR. Đó là hiệu ứng khi bạn nhìn con cá trong môi trường nước. Con cá không ở vị trí mà bạn nhìn thấy mà ở một vị trí khác do ánh sáng bị bẻ cong.

Luật Snell

- ❑ Tia sáng tới (incoming) và tia khúc xạ (refracted) cùng nằm trên mặt phẳng chứa pháp vector của bề mặt vật thể.
- ❑ Góc khúc xạ và góc tới tỷ lệ với nhau:

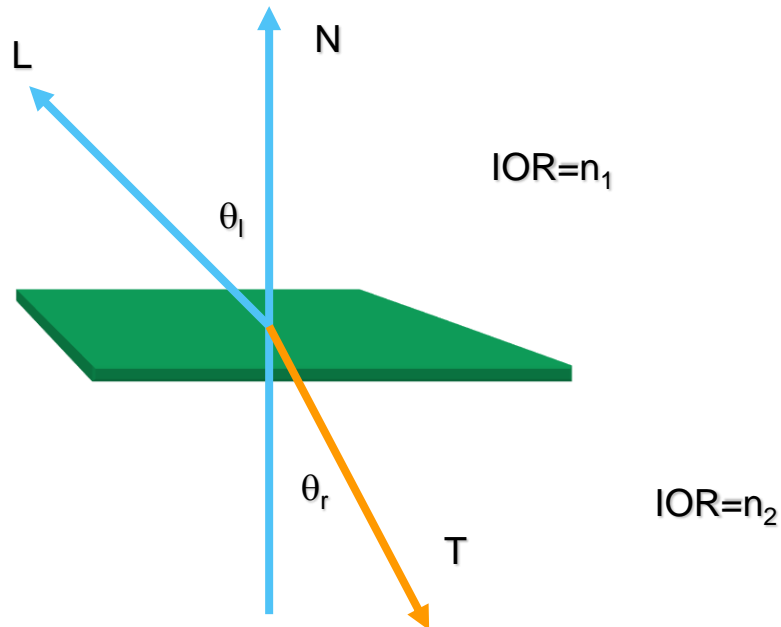
$$\frac{\sin(\theta_L)}{\sin(\theta_T)} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

L: tia sáng tới

T: tia khúc xạ

N: pháp vector

$C = L \cdot N$

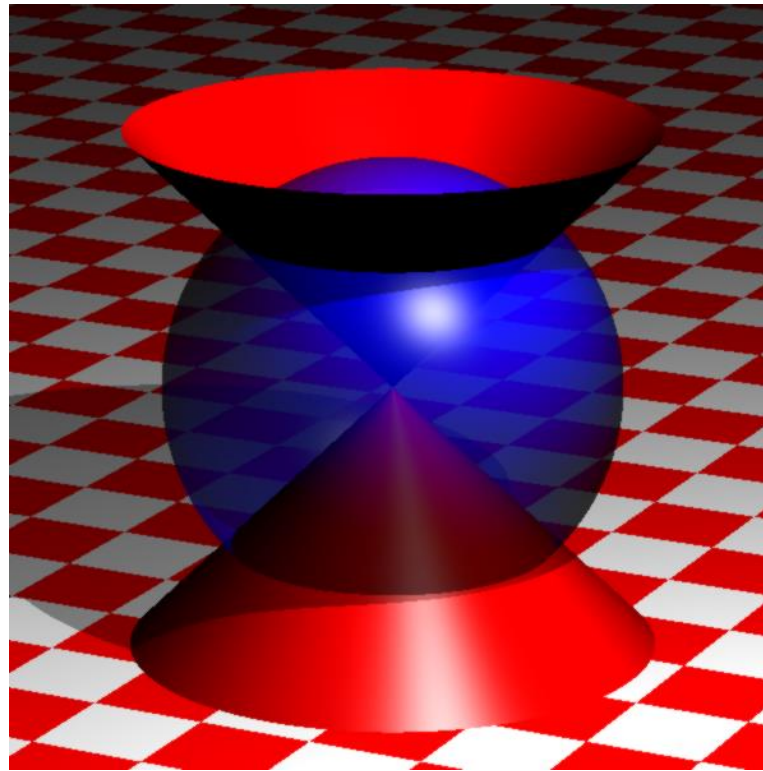


$$T = n_{21} * V + \left(n_{12} * C - \sqrt{1 + n_{21}^2 * (C^2 - 1)} \right) * N$$

Tính toán ánh sáng khúc xạ

Ánh sáng khúc xạ được tính giống như ánh sáng phản chiếu:

$$I_{st} = k_{st} \cdot I_l (V.T)^{n'}$$



Tổng hợp các loại ánh sáng

Kết hợp ánh sáng ambient, khuếch tán, phản chiếu, khúc xạ có dạng :

$$I = I_a + I_d + I_s + I_{st}$$

Tổng hợp các ánh sáng trên được gọi là tô bóng địa phương – local shading.

Đệ qui trong tô bóng – Recursive Shading

Màu tại một điểm trên bề mặt vật thể do tia đi từ mắt nhìn thấy là sự kết hợp của:

1. Sự tương tác của những tia sáng xuất phát từ tất cả các nguồn sáng trong khung cảnh và bề mặt vật thể. Sự tương tác này được tính toán trong phương trình tô bóng và được xem như là tô bóng địa phương.
2. Sự phân phối màu tạo bởi tia phản xạ đi vào mắt.
3. Sự phân phối màu tạo bởi tia khúc xạ đi qua bề mặt vật thể vào mắt.

Đệ qui trong tô bóng – Recursive Shading (cont.)

