

Đồ họa



Tuần 8

Giảng viên: Trần Đức Minh

Nội dung bài giảng



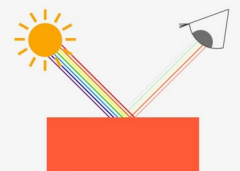
- Mô hình shading
 - Tính toán ánh sáng khúc xạ
 - Tính toán ánh sáng phản chiếu
 - Tính toán ánh sáng môi trường
- Mô hình ánh sáng Phong



Mô hình Shading



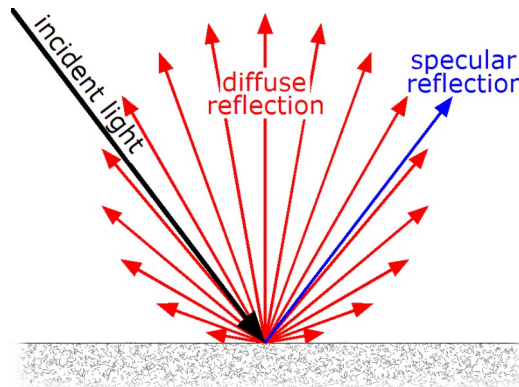
- Các tia sáng được chiếu từ nguồn sáng khi đi đến bề mặt của đối tượng sẽ tương tác với bề mặt theo 3 cách sau:
 - Một số bị hấp thụ bởi bề mặt và chuyển nó thành nhiệt lượng.
 - **Một số bị phản xạ lại từ bề mặt**
 - Đây là lý do ta có thể nhìn được những đồ vật không phải là nguồn sáng.
 - Một số được truyền xuyên qua bề mặt và đi vào bên trong đối tượng.
 - Ví dụ: Bề mặt của một chiếc cốc thủy tinh.
- Ở khóa học này ta sẽ tập trung vào vấn đề tính toán phần ánh sáng phản xạ trên bề mặt đối tượng.



Mô hình Shading



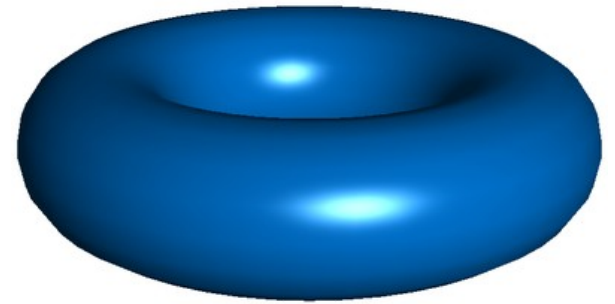
- Có 2 thành phần ánh sáng liên quan đến ánh sáng phản xạ.
 - **Khuyếch tán (Diffuse)**: Bức xạ của ánh sáng đồng đều theo mọi hướng và **màu sắc** của bề mặt **bị ảnh hưởng bởi chất liệu** tạo nên bề mặt.
 - **Phản chiếu (Specular)**: Ánh sáng phản chiếu lại từ bề mặt và có màu **trùng với màu của ánh sáng tới**.



Mô hình Shading



- Ví dụ: Xét đối tượng ở hình bên
 - Ánh sáng của đối tượng ở mỗi vị trí khác nhau sẽ có cường độ khác nhau.
 - Nhờ có **ánh sáng khuếch tán** nên ta cảm nhận được màu xanh của đối tượng, cho dù có một số vùng bị biến thành màu đen.
 - **Ánh sáng phản chiếu** (vùng màu trắng) chỉ xuất hiện ở một số vị trí, những vị trí đó phụ thuộc vào một số yếu tố như nguồn sáng, điểm nhìn.



Mô hình shading



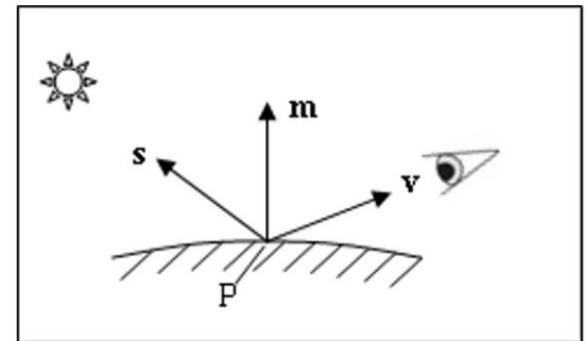
- Để tính toán màu sắc của một đối tượng, ta cần xác định 4 thành phần sau:
 - Nguồn sáng
 - Tính chất của vật liệu tạo nên đối tượng
 - Độ phản xạ ánh sáng của vật liệu
 - Vị trí của điểm nhìn
 - Hướng của bề mặt



Mô hình shading



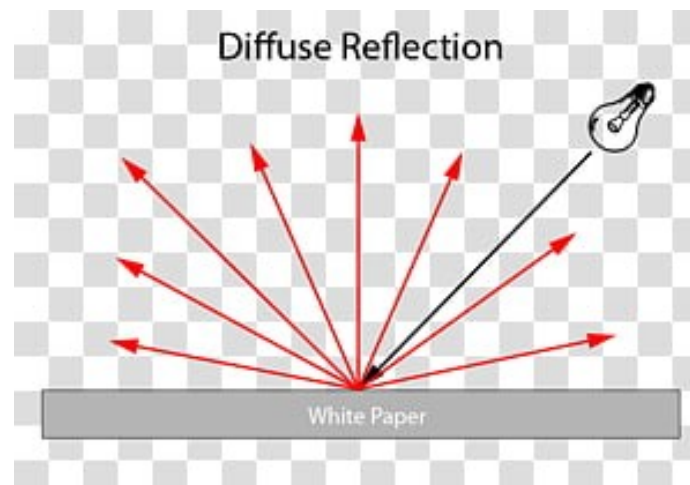
- Các thành phần hình học liên quan đến việc tìm ánh sáng phản xạ.
 - Giả sử cần **tìm ánh sáng phản xạ tại điểm P** trên mặt phẳng. Những thành phần sau cần phải được xác định
 - **Véc-tơ pháp tuyến m** của mặt phẳng tại điểm P.
 - **Véc-tơ v** nối điểm P với điểm nhìn.
 - **Véc-tơ s** nối điểm P với nguồn sáng.



Ánh sáng khuếch tán



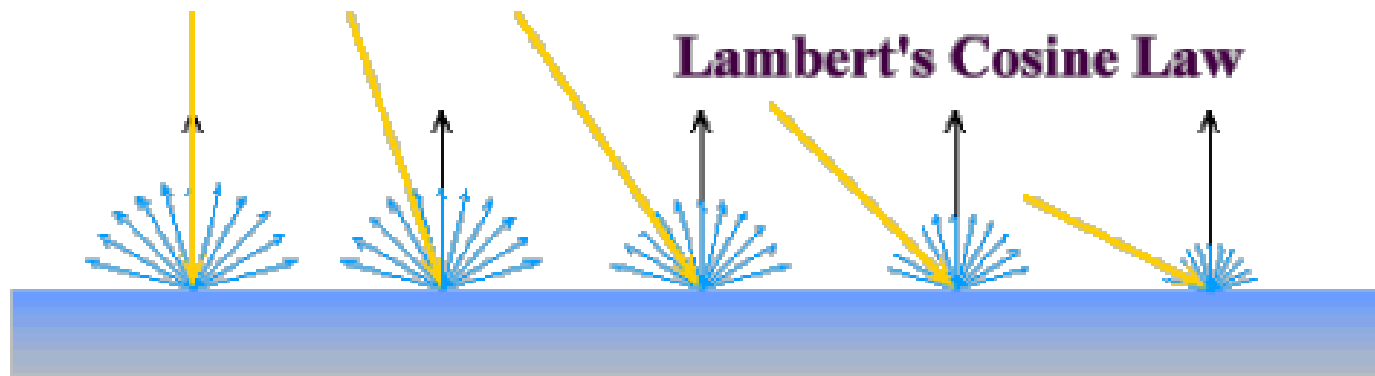
- Khi ánh sáng được chiếu đến một bề mặt thô ráp, ánh sáng phản xạ sẽ **phản xạ lại theo nhiều hướng khác nhau**.
 - Vấn đề phản xạ ánh sáng theo cách này được gọi là **ánh sáng khuếch tán**



Ánh sáng khuếch tán



- Cường độ của ánh sáng phản xạ **phụ thuộc vào hướng của bề mặt với nguồn sáng** chứ **KHÔNG phụ thuộc vào hướng nhìn**.
 - Cường độ ánh sáng phản xạ **mạnh nhất** khi hướng của nguồn sáng **vuông góc** với bề mặt.

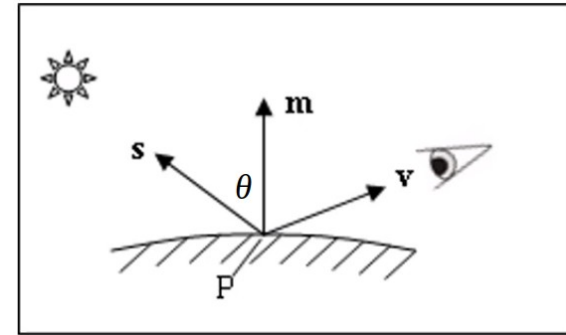


Tính toán ánh sáng khuếch tán



- Tính toán cường độ ánh sáng khuếch tán I_d sử dụng **định luật Lambert**.

$$I_d = I_s \rho_d \frac{s \cdot m}{|s| |m|} = I_s \rho_d \cos \theta$$



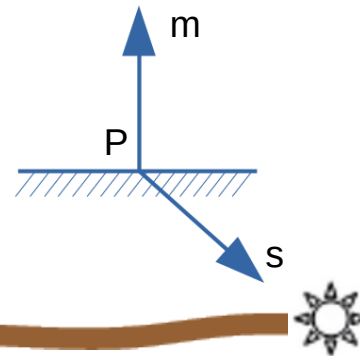
- Trong đó:
 - I_d : Cường độ của ánh sáng khuếch tán
 - I_s : Cường độ của nguồn sáng
 - ρ_d : Hệ số phản xạ khuếch tán
 - Tùy vào tính chất của bề mặt mà chọn ρ_d phù hợp.

Tính toán ánh sáng khúc xạ



- Do I_d , I_s , ρ_d luôn ≥ 0 , do đó $s \bullet m$ cũng cần ≥ 0
- $s \bullet m$ chỉ âm khi s và m tạo với nhau thành một góc tù, tức là nguồn sáng sẽ nằm ở phía sau của mặt phẳng và mặt phẳng sẽ không nhận được ánh sáng từ nguồn sáng và do đó cường độ I_d lúc này là $= 0$.
- Vậy ta có công thức mới như sau:

$$I_d = I_s \rho_d \max\left(\frac{s \cdot m}{|s||m|}, 0\right)$$



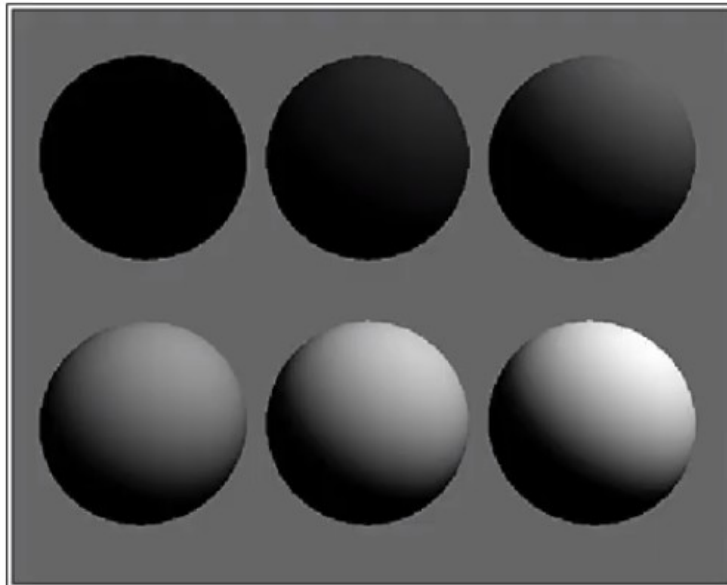
Ví dụ



- Thay đổi hệ số phản xạ khuếch tán, các thông số khác giữ nguyên

$\rho_d = 0$ (không phản xạ); $\rho_d = 0.2$; $\rho_d = 0.4$;

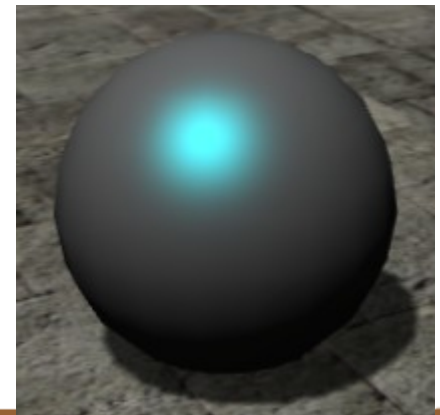
$\rho_d = 0.6$; $\rho_d = 0.8$; $\rho_d = 1.0$ (sáng nhất);



Ánh sáng phản chiếu



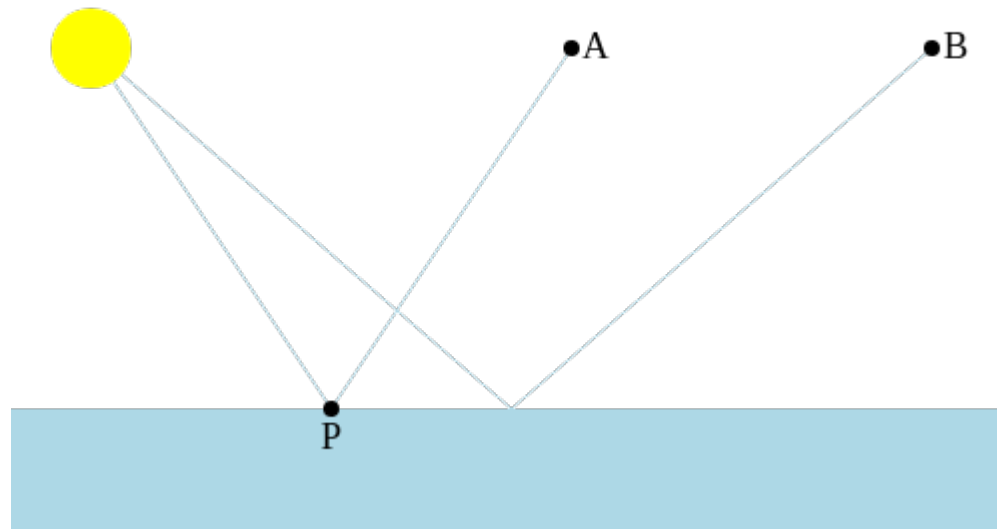
- Khi ánh sáng được chiếu đến một bề mặt sáng bóng (kim loại bóng), ánh sáng từ nguồn sáng chiếu đến bề mặt **tạo ra một vùng sáng hoặc một điểm sáng** (specular highlight).
 - Vấn đề phản xạ ánh sáng theo cách này được gọi là **ánh sáng phản chiếu**.
 - Ánh sáng phản chiếu làm tăng thêm tính chân thực của đối tượng khi được chiếu sáng.



Ánh sáng phản chiếu



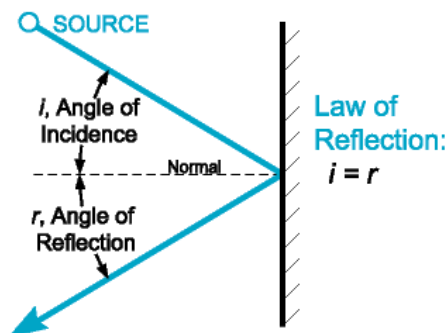
- Ánh sáng phản chiếu **tương tự ánh sáng phản xạ trên bề mặt gương.**
- Vị trí của vùng sáng hay điểm sáng trên bề mặt **phụ thuộc vào hướng nhìn.**



Ánh sáng phản chiếu



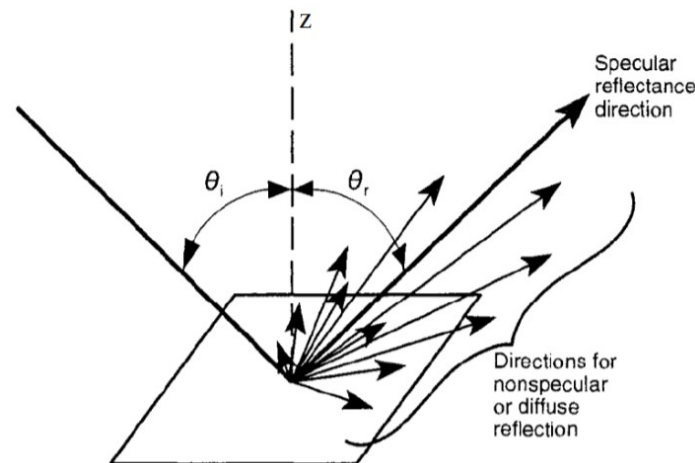
- Đối với **bề mặt gương lý tưởng**, tuân theo **định luật Snell** (luật phản xạ ánh sáng)
 - **Tia sáng đến, tia sáng phản xạ và vector pháp tuyến của bề mặt đều nằm trên cùng một mặt phẳng.**
 - **Góc tạo bởi tia sáng đến với vector pháp tuyến BẰNG góc tạo bởi tia sáng phản xạ với vector pháp tuyến.**



Ánh sáng phản chiếu



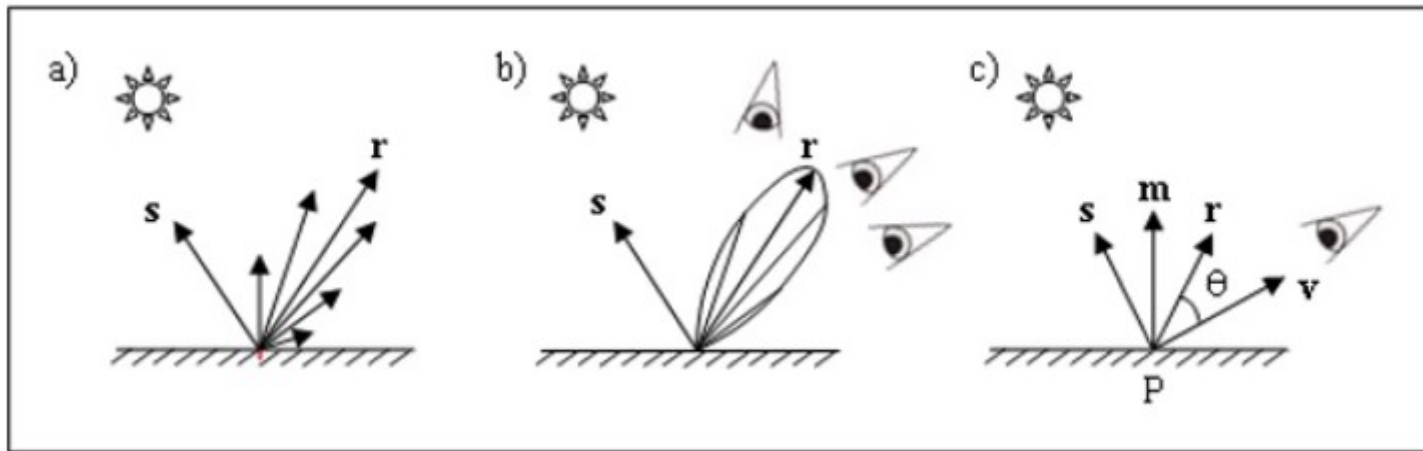
- Đối với **bề mặt gương KHÔNG lý tưởng**,
 - Khi tia sáng đến tiếp xúc với bề mặt, một số tia sáng phản xạ sẽ bị phản xạ theo hướng **lệch một chút so với tia sáng phản xạ lý tưởng**.
 - Các tia sáng phản xạ có **góc lệch** so với tia sáng phản xạ lý tưởng càng lớn thì **cường độ ánh sáng càng yếu**.



Tính toán ánh sáng phản chiếu



- Ánh sáng phản chiếu lý tưởng sẽ được phản xạ lại theo phương của **véc-tơ r** .
 - Ánh sáng phản chiếu lý tưởng luôn có cường độ mạnh nhất.



Tính toán ánh sáng phản chiếu

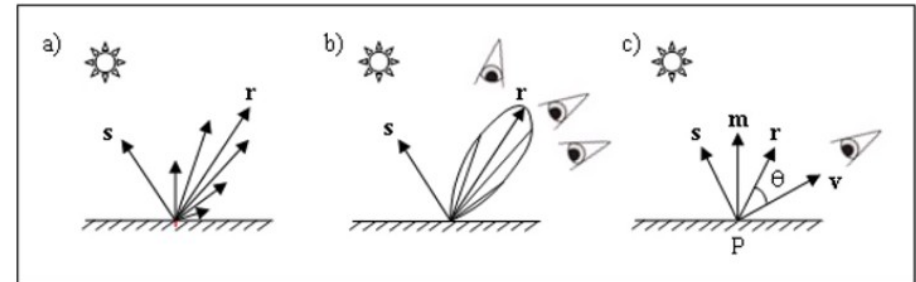


- Công thức tính véc-tơ phản xạ r :

$$r = -s + 2 \frac{s \cdot m}{|m|^2} m$$

- Công thức tính cường độ của ánh sáng phản chiếu I_{sp} tại điểm P đối với hướng nhìn v

$$I_{sp} = I_s \rho_s \left(\frac{r}{|r|} \cdot \frac{v}{|v|} \right)^f = I_s \rho_s \cos^f \theta$$



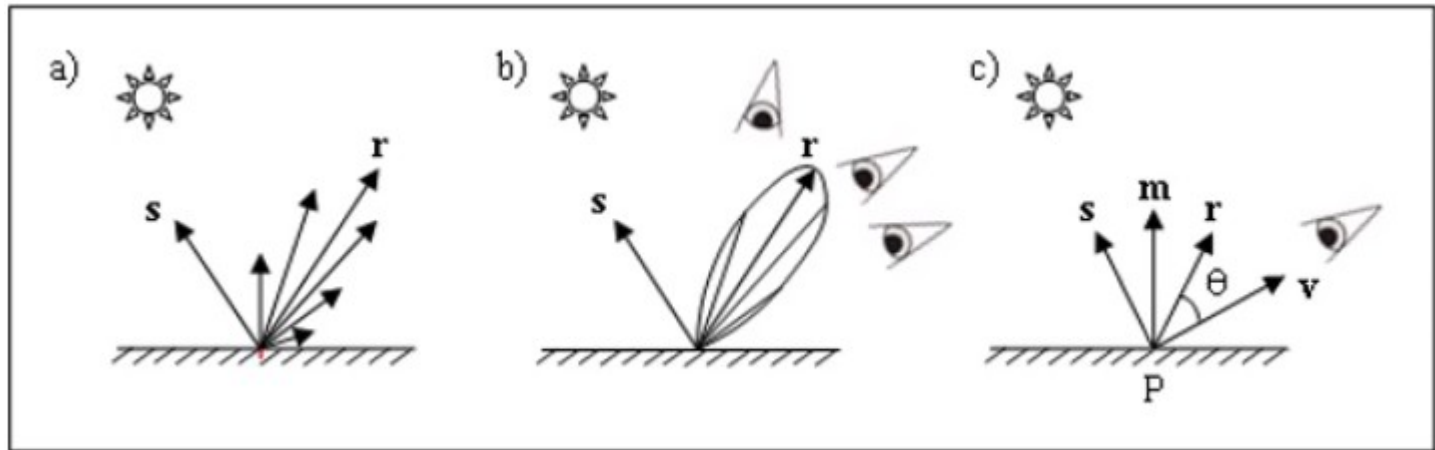
- Trong đó:
 - I_{sp} : Cường độ của ánh sáng phản chiếu
 - I_s : Cường độ của nguồn sáng
 - ρ_s : Hệ số phản xạ phản chiếu
 - Thể hiện tính chất phản chiếu của vật thể. Nếu bề mặt có độ chói lớn thì ρ_s sẽ lớn.
 - f : Hệ số mũ f cho biết khả năng tập trung của vùng sáng phản chiếu
 - Khoảng giá trị của f : $[1, 200]$
 - f lớn thì vùng sáng phản chiếu rộng nhưng cường độ sẽ yếu, ngược lại nếu f nhỏ thì vùng sáng phản chiếu hẹp nhưng cường độ mạnh.

Tính toán ánh sáng phản chiếu



- Nhận xét:

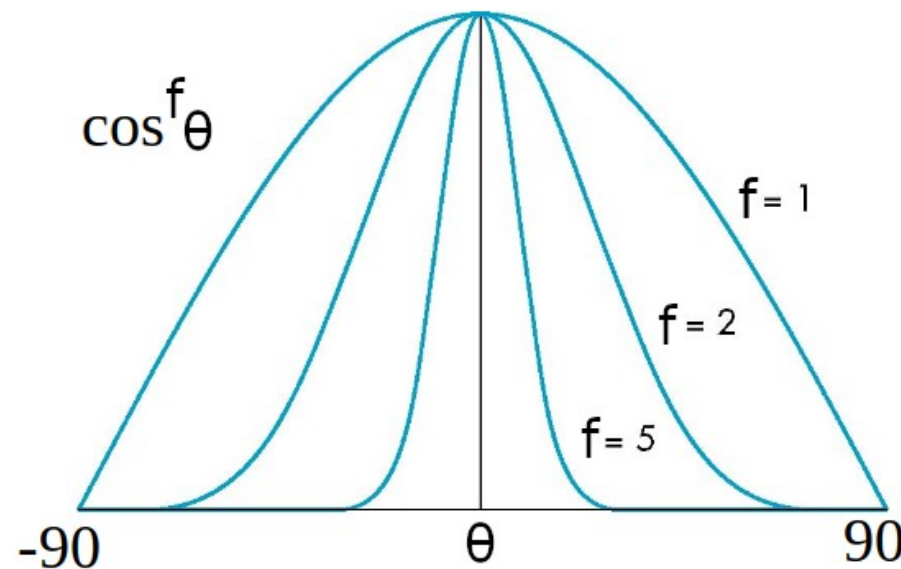
- Khi **góc θ** giữa véc-tơ r và véc-tơ v càng nhỏ thì cường độ ánh sáng phản chiếu càng lớn.
- Do đó, cường độ ánh sáng tại điểm P mạnh hay yếu **phụ thuộc vào vị trí của điểm nhìn.**



Tính toán ánh sáng phản chiếu



- Phản xạ chiếu sáng
 - Giá trị f : $[100, 200]$ tương ứng với bề mặt kim loại.
 - Giá trị f : $[5, 10]$ tương ứng với bề mặt nhựa.



Ví dụ



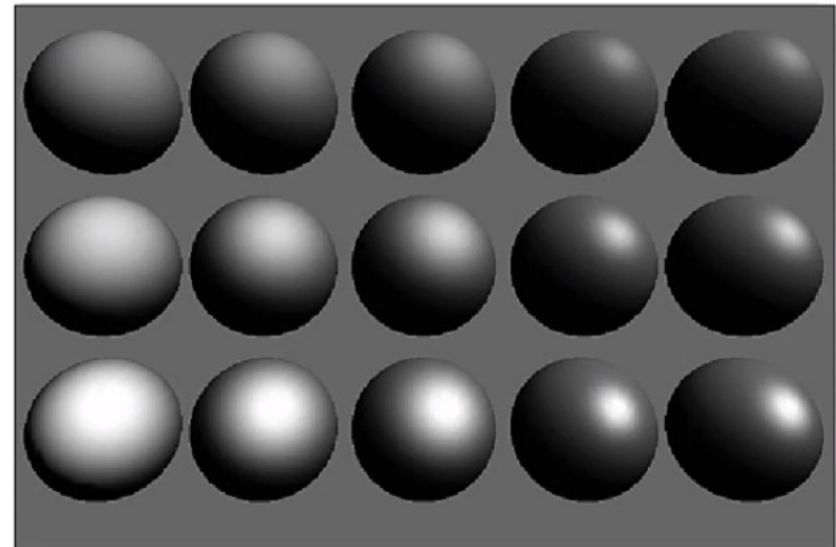
- Thay đổi hệ số phản xạ phản chiếu theo hàng từ cao xuống thấp với **giá trị ρ_s** tương ứng

$$\rho_s = 0.25; \rho_s = 0.5; \rho_s = 0.75;$$

- Thay đổi **hệ số mũ f** theo cột từ trái qua phải với giá trị f tương ứng

$$f = 3; f = 6; f = 9;$$

$$f = 25; f = 200;$$

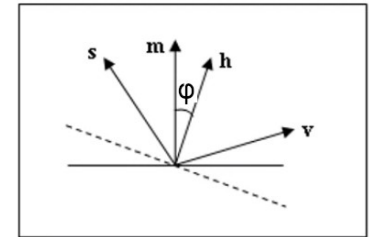
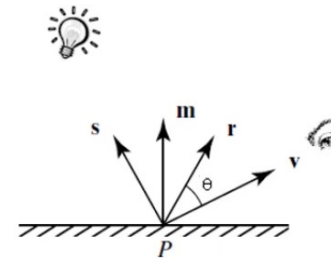


Tính toán ánh sáng phản chiếu



- Công thức của mô hình phản xạ Phong (Bùi Tường Phong)
 - Để **giảm thiểu thời gian tính toán** r dựa trên s và m , ta sử dụng công thức sau

$$I_{sp} = I_s \rho_s \left(\frac{h}{|h|} \cdot \frac{m}{|m|} \right)^f = I_s \rho_s \cos^f \varphi$$



- Trong đó:
 - h là véc-tơ được **chuẩn hóa một nửa** của véc-tơ $s + v$.
 - φ là góc được tạo bởi 2 véc-tơ m và h
 - φ được coi như là góc xấp xỉ với θ
 - khi v dần chạy về r thì h cũng dần chạy về m .

Tính toán ánh sáng khuếch tán



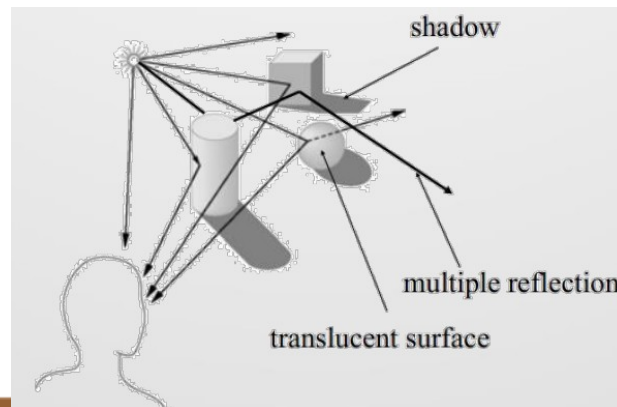
- Công thức của mô hình phản xạ Phong
 - I_{sp} , I_s , ρ_s luôn ≥ 0
 - Để tránh trường hợp h và m phải tạo với nhau thành một góc tù làm $h \bullet m$ âm (do s và v có thể nằm ở 2 phía của một mặt phẳng), ta có công thức mới như sau:

$$I_{sp} = I_s \rho_s \max\left(\frac{h \cdot m}{|h||m|}, 0\right)^f$$

Nguồn sáng môi trường



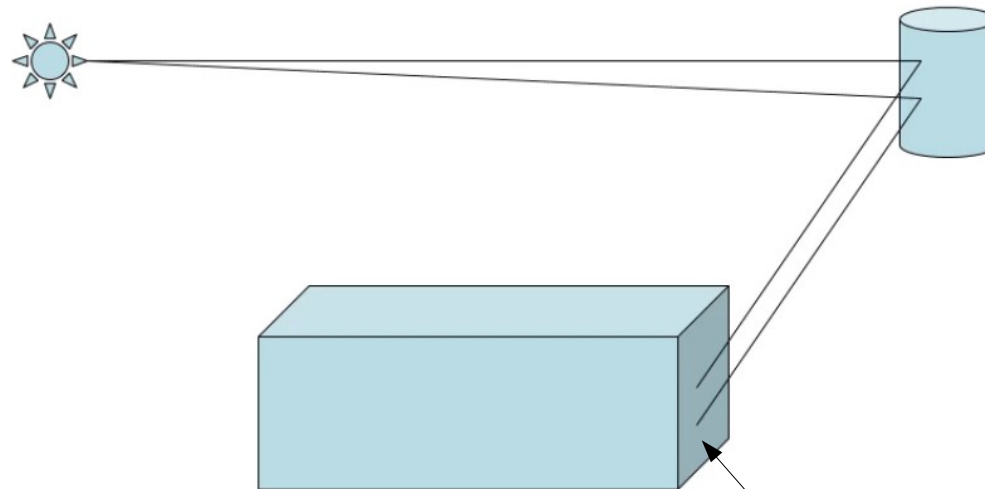
- Trong thực tế ta vẫn có thể nhìn được đối tượng mà **không cần nguồn sáng trực tiếp**.
 - Lý do bởi các đối tượng nhận được ánh sáng **gián tiếp** từ nguồn sáng **thông qua các bề mặt trung gian**.
 - Vấn đề phản xạ ánh sáng theo cách này được gọi là **nguồn sáng môi trường (ambient light)**.



Nguồn sáng môi trường



- Nguồn sáng môi trường là **nguồn sáng gián tiếp** đối với những mặt không nhận trực tiếp tia sáng từ nguồn sáng.

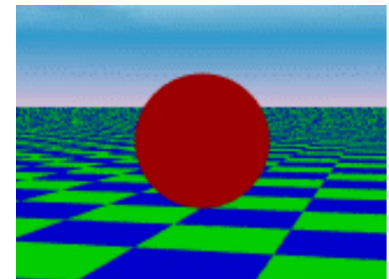


Mặt này không nhận được nguồn sáng

Tính toán ánh sáng môi trường



- Trong đồ họa máy tính, việc **tính toán cường độ ánh sáng môi trường** qua các bề mặt trung gian là **rất phức tạp**.
- Do đó, người ta dùng một **công thức xấp xỉ** để đơn giản hóa quá trình tính toán ánh sáng môi trường.
 - Cường độ của ánh sáng môi trường **phụ thuộc vào thuộc tính bề mặt** và **bằng nhau đối với tất cả các điểm trên toàn bộ bề mặt**.



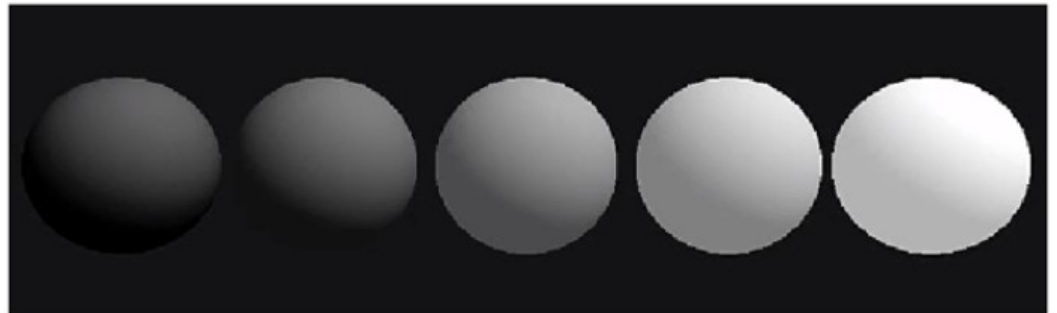
Tính toán ánh sáng môi trường



- Công thức tính toán ánh sáng môi trường

$$I_{amb} = I_a \rho_a$$

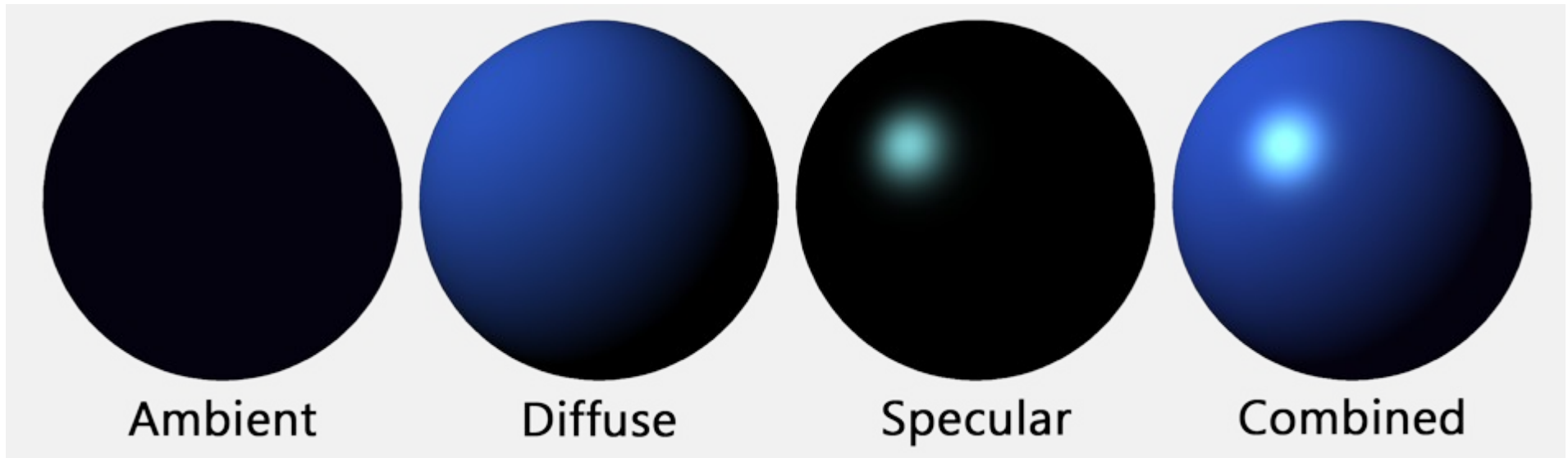
- Trong đó
 - I_a : cường độ ánh sáng chiếu đến
 - ρ_a : hệ số phản xạ môi trường
- Ví dụ: Khi ρ_a tăng dần ta sẽ nhận được hình cầu sáng dần lên.



Mô hình ánh sáng Phong



- Mô hình ánh sáng Phong là sự **kết hợp** của cả **ánh sáng khuếch tán**, **ánh sáng phản chiếu** và **ánh sáng môi trường**.



Mô hình ánh sáng Phong

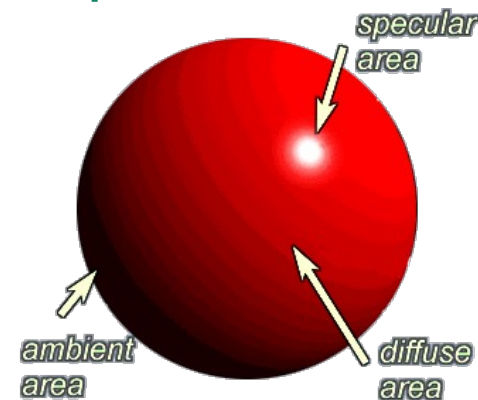


- Công thức tính mô hình ánh sáng Phong

$$I = I_d + I_{sp} + I_{amb} = I_s \rho_d \cos \theta + I_s \rho_s \cos^f \varphi + I_a \rho_a$$

$$I = I_a \rho_a + I_s (\rho_d \cos \theta + \rho_s \cos^f \varphi)$$

- Cường độ ánh sáng phản xạ tại một điểm bằng tổng cường độ ánh sáng khuếch tán I_d , cường độ ánh sáng phản chiếu I_{sp} và cường độ ánh sáng môi trường I_{amb} .

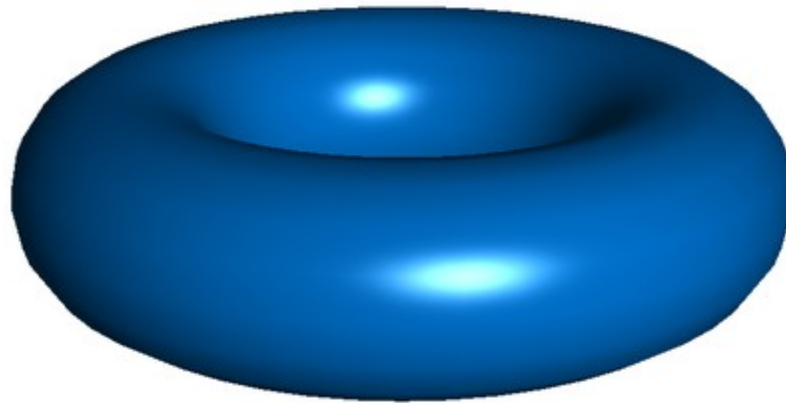


Mô hình ánh sáng Phong



- Công thức tính mô hình ánh sáng Phong
 - Do tổng các cường độ ánh sáng có thể lớn hơn 1.0 do đó ta có công thức sau:

$$I = \min(I_d + I_{sp} + I_{amb}, 1.0)$$

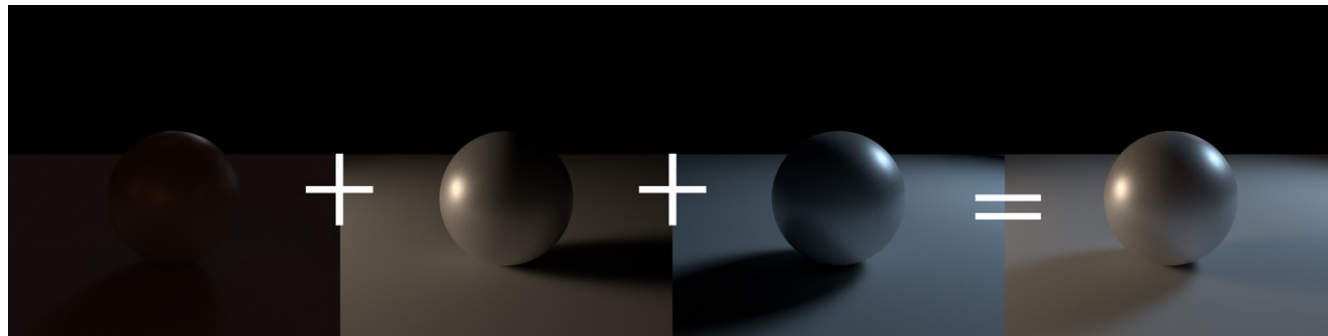


Mô hình ánh sáng Phong



- Công thức tính mô hình ánh sáng Phong
 - Trong trường hợp có **nhiều nguồn sáng**, ta tính cường độ sáng của **ánh sáng khúc xạ** và **ánh sáng phản chiếu** đối với từng nguồn, sau đó **lấy tổng**.

$$I = I_a \rho_a + \sum_s^{\text{số nguồn sáng}} I_s (\rho_d \cos \theta + \rho_s \cos^f \varphi)$$



Mô hình ánh sáng Phong



- Công thức tính cường độ ánh sáng phản xạ có màu sắc:
 - Do màu của điểm ảnh được tạo bởi 3 cường độ ánh sáng Red, Green và Blue. Do đó **mỗi loại ánh sáng phản chiếu cũng sẽ có 3 loại cường độ tương ứng.**
 - Ta tính **cường độ ánh sáng tổng** bằng cách **áp dụng công thức của mô hình ánh sáng Phong** đối với từng cường độ ánh sáng tương ứng.



Mô hình ánh sáng Phong

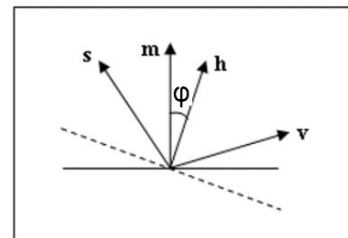
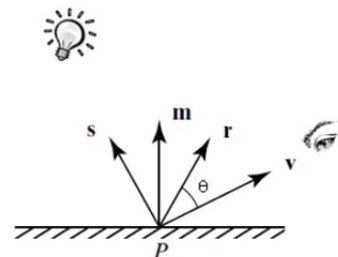


- Công thức tính cường độ ánh sáng phản xạ có màu sắc
 - Công thức sử dụng **tích vô hướng**

$$I_r = I_{ar} \rho_{ar} + \sum_{sr}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sr} \left[\rho_{dr} \max \left(\frac{s \cdot m}{|s| |m|}, 0 \right) + \rho_{sr} \max \left(\frac{h}{|h|} \cdot \frac{m}{|m|}, 0 \right)^f \right]$$

$$I_g = I_{ag} \rho_{ag} + \sum_{sg}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sg} \left[\rho_{dg} \max \left(\frac{s \cdot m}{|s| |m|}, 0 \right) + \rho_{sg} \max \left(\frac{h}{|h|} \cdot \frac{m}{|m|}, 0 \right)^f \right]$$

$$I_b = I_{ab} \rho_{ab} + \sum_{sb}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sb} \left[\rho_{db} \max \left(\frac{s \cdot m}{|s| |m|}, 0 \right) + \rho_{sb} \max \left(\frac{h}{|h|} \cdot \frac{m}{|m|}, 0 \right)^f \right]$$



Mô hình ánh sáng Phong



- Công thức tính cường độ ánh sáng phản xạ có màu sắc
 - Công thức sử dụng **phép tính cos**

$$I_r = I_{ar} \rho_{ar} + \sum_{sr}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sr} (\rho_{dr} \cos \theta + \rho_{sr} \cos^f \varphi)$$

$$I_g = I_{ag} \rho_{ag} + \sum_{sg}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sg} (\rho_{dg} \cos \theta + \rho_{sg} \cos^f \varphi)$$

$$I_b = I_{ab} \rho_{ab} + \sum_{sb}^{\text{số nguồn sáng}} I_{sb} (\rho_{db} \cos \theta + \rho_{sb} \cos^f \varphi)$$

Hết Tuần 8



Cảm ơn các bạn đã chú ý lắng nghe !!!