**DCA – CT – UFRN**

# COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Lista de Exercícios 04

https://www.dca.ufrn.br/~lmarcos/courses/compgraf/exercicios/ex4.html

**Questão 1:** Qual a diferenca basica entre irradiância e radiância? Sugestão: defina as duas.

**R:** A radiância é a intensidade radiante proveniente de uma fonte, em uma dada direção $\theta$, por unidade de área perpendicular a esta direção. Já a irradiância é a radiação eletromagnética incidente numa superfície, por unidade de área.

**Questão 2:** Para modelar a iluminação completa de uma cena ou objeto, geralmente modela-se em partes, por termos, dependendo do tipo de reflexão que os materiais possuem, e depois junta-se esses termos. Explique o termo relativo a reflexão lambertiana ou difusa? E especular? E ambiente?

**R:**

- Termo difuso ou *lambertiano* $(K_d)$: Modela a superfície opaca, rugosa ou com movimento microscópico, onde a luz incidente é refletida igualmente em todas as direções. O brilho observado não depende da direção de visualização.
- Termo especular $(K_s)$: Modela a reflexão em que grande parte da luz incidente reflete de forma coerente em uma única direção. Essa direção é definida pela direção de incidência e pela normal da superfície.
- Termo ambiente $(K_a)$: Modela as interações entre todas as reflexões nos objetos de uma cena. Este termo se refere a luz ambiente que é refletida difusamente por todos os objetos na cena.

**Questão 3:** Explique como são definidos os termos referentes a atenuação e outros efeitos?

**R:** Os termos referentes à atenuação e outros efeitos são definidos levando em consideração vários aspectos. Em relação à atenuação, a intensidade da luz diminui com o quadrado da distância da fonte, conforme a Lei do Inverso do Quadrado. Para lidar com luzes coloridas, é comum utilizar três equações separadas para cada canal de cor (R, G, B), a fim de representar de forma precisa a interação da luz com os materiais. Além disso, pode-se considerar a distância entre o observador e a superfície para aplicar efeitos adicionais, como a atenuação atmosférica. Também é possível utilizar efeitos de luz, como sombras, reflexos e refrações, para adicionar realismo à cena.

**Questão 4:** Discorra suscintamente sobre a equação completa de iluminação que junta todos os termos especificados no exercício anterior (coloque a equaçao e defina cada um dos termos).

**R:** Se trata da equação de iluminação de Phong, que incorpora os termos ambiente, difuso, especular e fator de atenuação de luz:

$$I = k_a \cdot I_a + k_d \cdot I_d \cdot (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) + k_s \cdot I_s \cdot (\mathbf{R} \cdot \mathbf{V})^n \cdot f_{att}(d).$$

Onde:

- $I$ é a intensidade de luz resultante;
- $k_a$ é o coeficiente de reflexão ambiente;
- $I_a$ é a intensidade da luz ambiente;
- $k_d$ é o coeficiente de reflexão difusa;
- $I_d$ é a intensidade da luz difusa;
- $\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}$ é o produto escalar entre a normal da superfície e o vetor de luz;
- $k_s$ é o coeficiente de reflexão especular;
- $I_s$ é a intensidade da luz especular;
- $\mathbf{R}$ é o vetor de reflexão da luz;
- $\mathbf{V}$ é o vetor de visão (direção do observador);
- $n$ é o coeficiente de especularidade;
- $f_{att}(d)$ é o fator de atenuação da luz, que leva em conta a distância $d$ entre a fonte de luz e o ponto de superfície iluminado.

**Questão 5:** Como voce modelaria a refração numa cena em que ocorre transparência? Ou seja, especifique um modelo matemático para modelar a refração (lembrando das leis de refração).

**R:** Se ocorre transparência na cena, a refração pode ser modelada pela Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 sin(\theta_1) = n_2 sin(\theta_2).$$

Onde:

- $n_1$ é o índice de refração do meio 1;
- $\theta_1$ é o ângulo entre o raio incidente e a normal;
- $n_2$ é o índice de refração do meio 2;
- $\theta_2$ é o ângulo entre o raio refratado e a normal.

**Questão 6:** Sabemos que uma luz artificial pontual se encontra no ponto (3,3,3). Sabemos que uma câmera fotográfica digital encontra-se no ponto (2,3,2), sistema MKS, direcionada para o ponto (2,1,0). Sabemos ainda que uma esfera pintada com tinta vermelha, de raio 1m encontra-se centrada no ponto (2,0,0). Dado o raio que parte do ponto focal da câmera em direção ao pixel central da imagem, determine se o raio em questão intersecta a esfera. Caso positivo, calcule os vetores (em coordenadas de mundo - MKS) que representam as direções L (luz), N (normal), R (raio refletido), e O (observador). Determine a contribuição de iluminação para o ponto em questço (R,G,B) na imagem, sabendo-se que a luz ambiente tem intensidade 200, a fonte de luz tem intensidade 250, o fator de reflexão ambiente é 0,4 e o material possui um misto entre reflexão disufa e especular (são iguais) e o fator de decaimento da reflexão especular é igual a 1. Desconsidere atenuação ou outros efeitos.

**R:**

Equação da esfera:

$$(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2 = r^2\Big|_{(x,y,z)=(2,0,0);r=1} \implies (x-2)^2+(y-0)^2+(z-0)^2 = 1^2$$

Vetor direção da câmera

$$(2-2,\ 1-3,\ 0,2) = (0,\ -2,\ -2) = \mathbf{V}_{dc}$$

Câmera $(2,\ 3,\ 2)$

$$||\ \mathbf{V}_{dc}\ || = \sqrt{0^2+(-2)^2+(-2)^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

Ponto $(2, 1,\ 0)$

$$\mathbf{V}_{dc} = \left(0,\ -\frac{1}{\sqrt{2}},\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \left(0,\ -\frac{\sqrt{2}}{2},\ -\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$k\mathbf{V}_{dc} = \left(0,\ -\frac{\sqrt{2}}{2}k,\ -\frac{\sqrt{2}}{2}k\right)$$

Ponto inicial é $(2, 3,\ 2)$ então,

$$r = \left(2+0,\ 3-\frac{\sqrt{2}}{2}k,\ 2-\frac{\sqrt{2}}{2}k\right)$$

Sendo assim,

$$(2-2)^2+\left(3-\frac{\sqrt{2}}{2}k\right)^2+\left(2-\frac{\sqrt{2}}{2}k\right)^2 = 1$$

$$k^2-3\sqrt{2}k+12 = 0 \implies k' = 2\sqrt{2}\ ;\ k'' = 3\sqrt{2}$$

Distância para a câmera

$$raio' = (2,\ 1,\ 0) \implies 2\sqrt{2}\ (mais\ próximo)$$

$$raio'' = (2,\ 0,\ -1) = \sqrt{(2-2)^2+(0+3)^2+(-1-2)^2} = \sqrt{18} = 3\sqrt{2}$$

Intersecção à esfera em $(2,1,0)$, luz artificial em $(3,\ 3,\ 3)$, vetor direção da luz $\mathbf{L} = (2-3,\ 1-3,\ 0-3) = (-1,\ -2,\ -3)$, centro da esfera $(2,\ 0,\ 0)$ e vetor normal $\mathbf{N} = (2-2,\ 1-0,\ 0-0) = (0,\ 1,\ 0)$ já unitário.

$$|| \ \mathbf{L} \ ||= \sqrt{14} \Longrightarrow \mathbf{L} = \left(-\frac{1}{\sqrt{14}}, \ -\frac{2}{\sqrt{14}}, \ \ -\frac{3}{\sqrt{14}}\right)$$

$$ou \ \mathbf{L} = \left(\frac{1}{\sqrt{14}}, \frac{2}{\sqrt{14}}, \ \frac{3}{\sqrt{14}}\right), \ considerando \ o \ sentido \ contrário.$$

Raio refletido $R$

$$R = 2\mathbf{N}(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \mathbf{L} = 2 \cdot \frac{2}{\sqrt{14}}\mathbf{N} - \mathbf{L} = \frac{4}{\sqrt{14}}\mathbf{N} - \mathbf{L}$$

$$\frac{4}{\sqrt{14}}(0, \ 1, \ 0) - \left(\frac{1}{\sqrt{14}}, \ \frac{2}{\sqrt{14}}, \ \frac{3}{\sqrt{14}}\right) = \left(0, \ \frac{4}{\sqrt{14}}, \ 0\right) - \left(\frac{1}{\sqrt{14}}, \ \frac{2}{\sqrt{14}}, \ \frac{3}{\sqrt{14}}\right)$$

$$\left(-\frac{1}{\sqrt{14}}, \ -\frac{2}{\sqrt{14}}, \ -\frac{3}{\sqrt{14}}\right) \times ||\mathbf{L}||| = (-1, \ 2, \ -3) = \mathbf{R}$$

Agora, com $\mathbb{O} = (0, \ -2, \ -2)$ calculado anteriormente, temos:

$$I_{d+a} = K_a I_a + I_{light}(k_d cos(\theta) + k_s cos(\phi))^m$$

Sendo,

$$K_a = 0.4 \ ; \ m = 1; \ k_d = 0.3 \ ;$$

$$cos(\theta) = \frac{2}{\sqrt{14}} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{L} \ ; \ cos(\phi) = \frac{\mathbf{R} \cdot \mathbf{O}}{||\mathbf{R}||||\mathbf{O}||} = \frac{1}{2\sqrt{7}} \ ;$$

$$K_s = 0.3 \ ; \ I_a = 200 \ ; \ I_{light} = 250 \ ;$$

$$||R|| = \sqrt{14} \ ; \ ||\mathbf{O}|| = 2\sqrt{2} \ ; \ \mathbf{R} \cdot \mathbf{O} = (0 - 4 + 6) = 2$$

Portanto,

$$\therefore$$

$$I_{d+a} = 0.4 \cdot 200 + 250 \cdot (0.3 \cdot \frac{2}{\sqrt{14}} + 0.3 \cdot \frac{1}{2\sqrt{7}} \Longrightarrow I_{d+a} = 134.26 \ \approx 134.$$