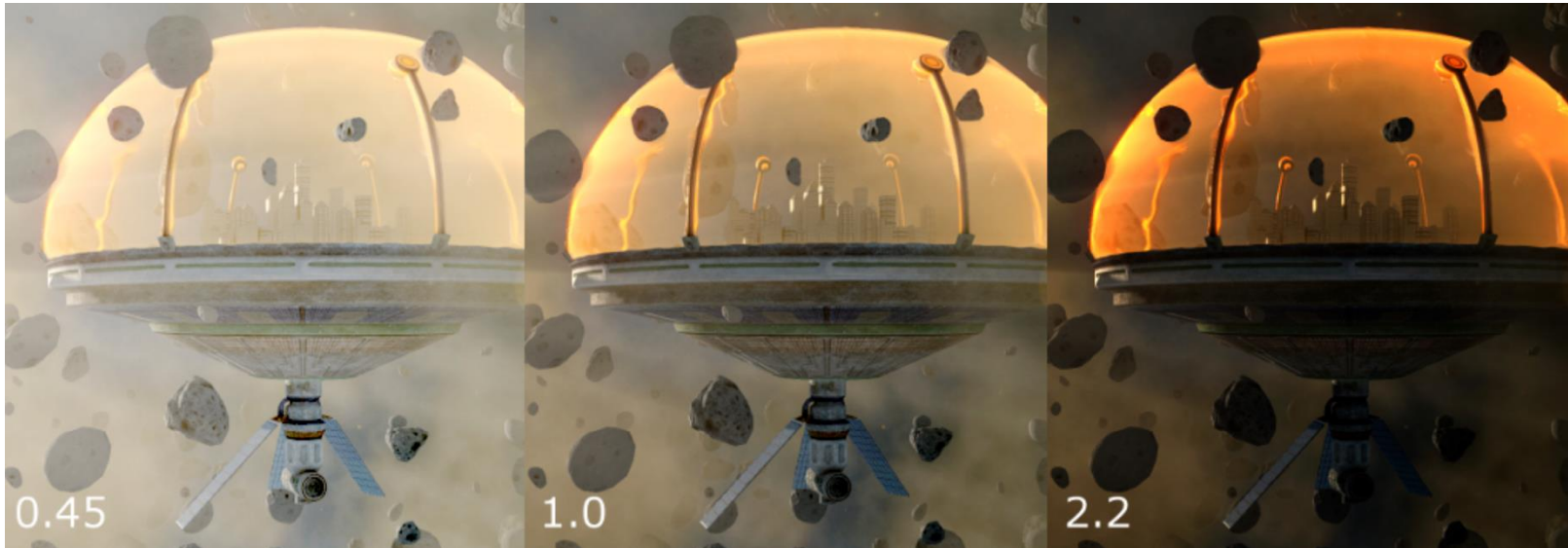


Computação Gráfica

Raytracing 2

Gamma space vs linear space

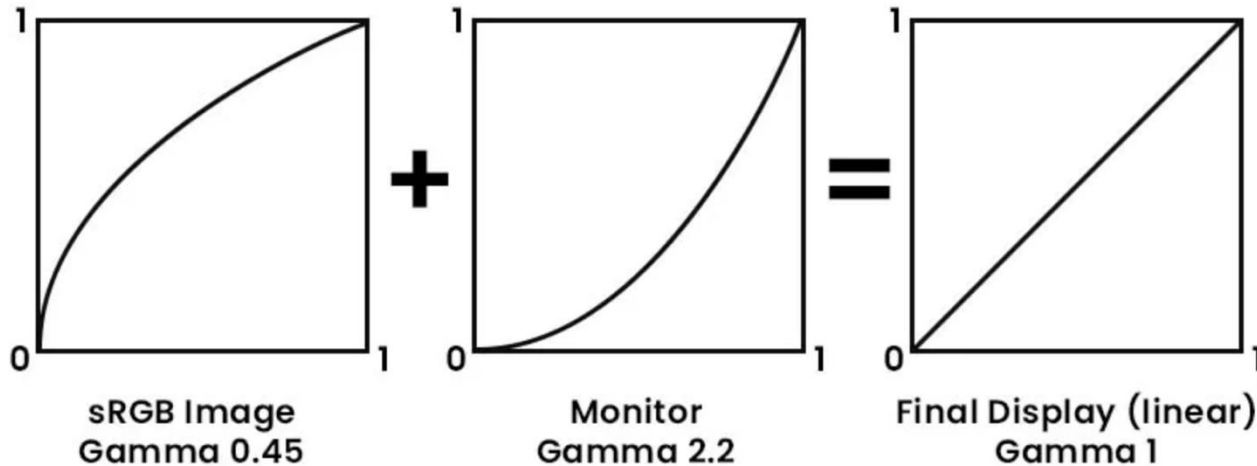
- **Armazenamento de iluminação em computadores:** Geralmente feito no formato sRGB, com correção gama.
- **Câmeras:** Capturam iluminação de forma linear, onde mais luz resulta em números proporcionalmente maiores.
- **Percepção humana:** Segue uma curva logarítmica, percebendo mais mudanças em áreas escuras e menos em áreas claras (vantagem evolutiva para detectar predadores no escuro).
- **Espaço de cores linear:** Armazena as informações de iluminação de forma mais realista, permitindo a aplicação de efeitos físicos realistas antes de converter para exibição final.



Gamma space vs linear space

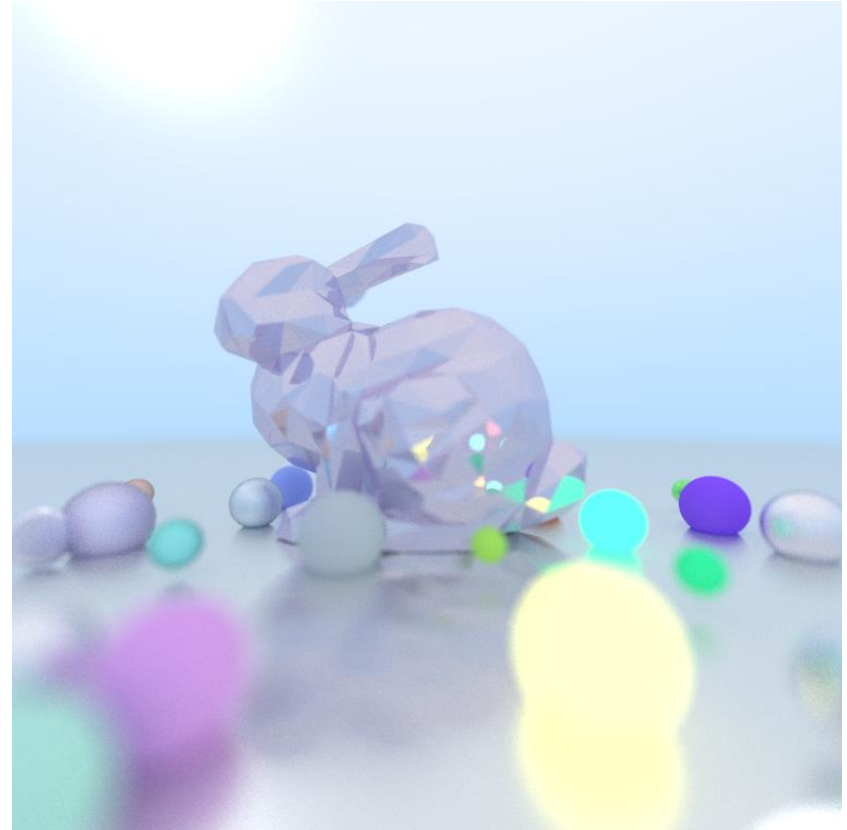
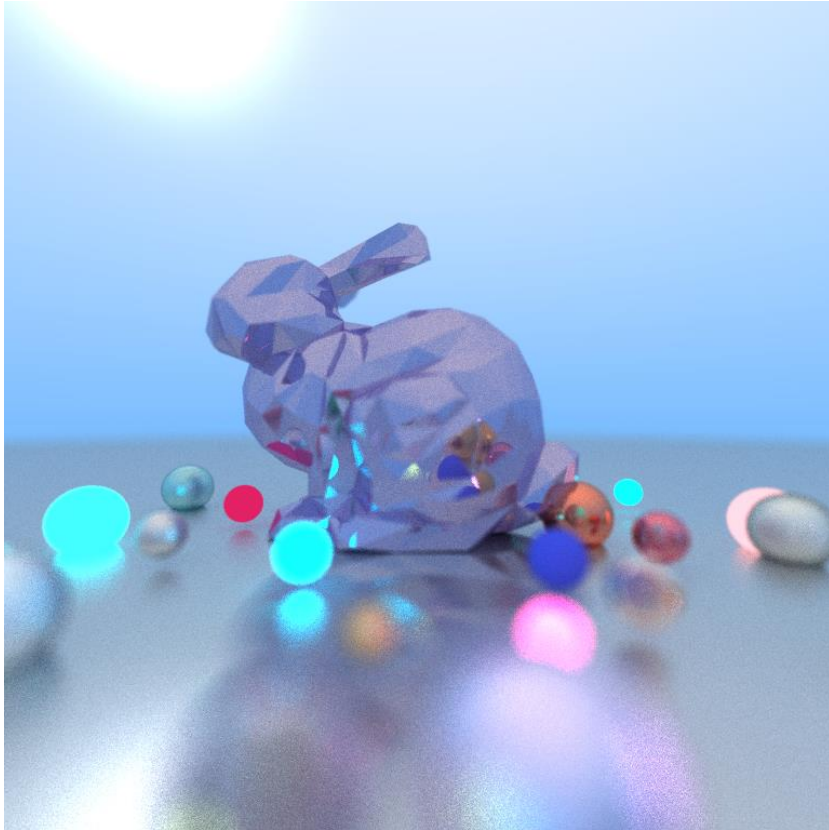
```
fn linear_to_gamma_channel(channel: f32) -> f32
{
    return pow(channel, 0.4545);
}

fn linear_to_gamma(color: vec3f) -> vec3f
{
    return vec3f(linear_to_gamma_channel(color.x),
                  linear_to_gamma_channel(color.y),
                  linear_to_gamma_channel(color.z));
}
```



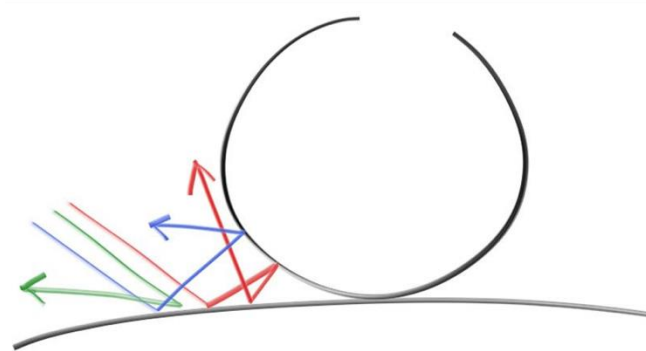
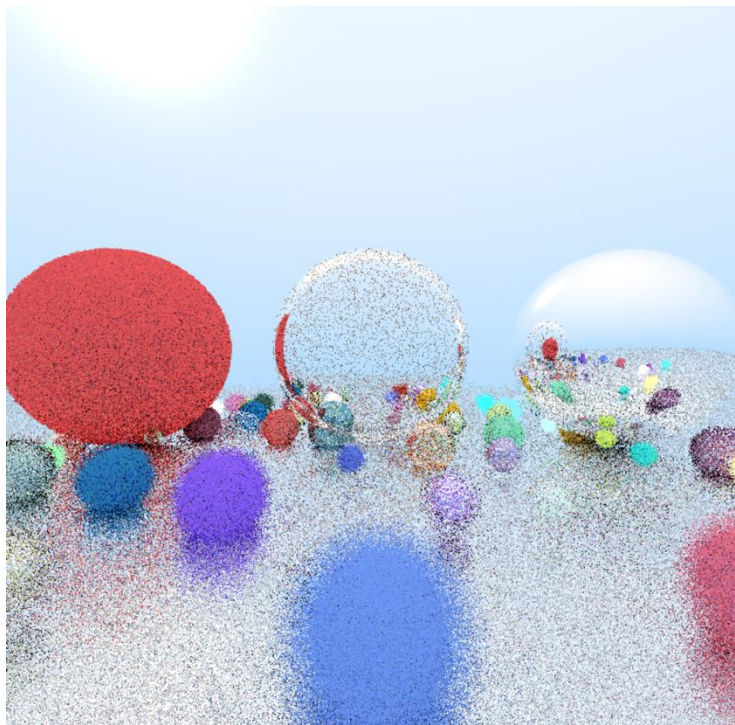
Gamma space vs linear space

Resultado no projeto:



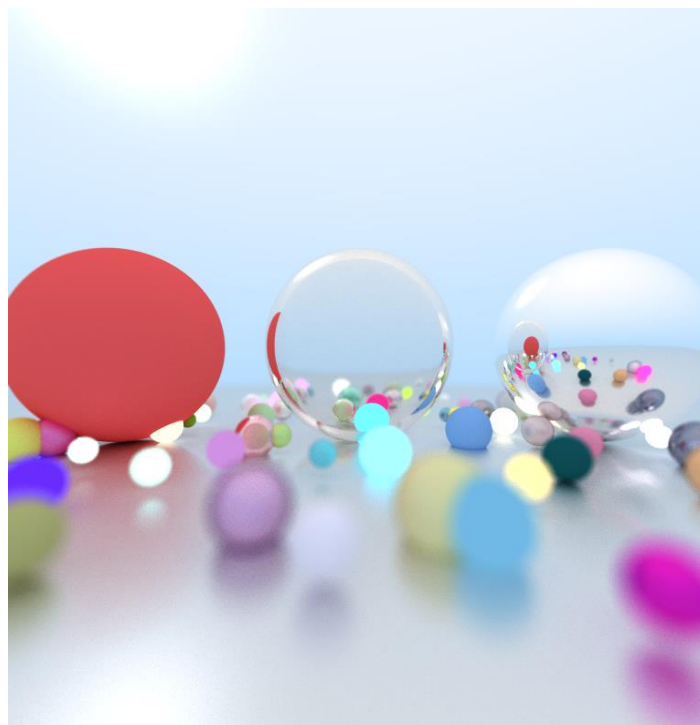
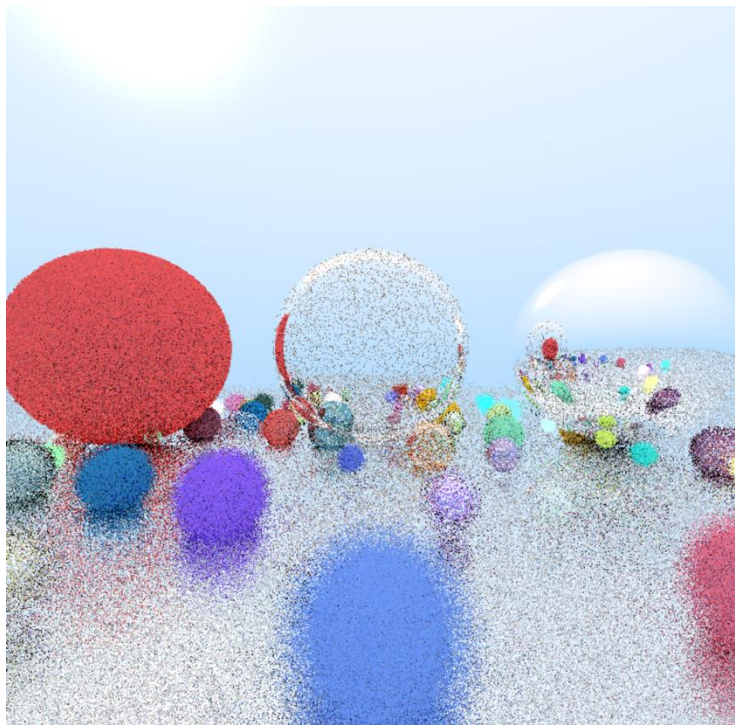
Accumulate frames

Por que isso acontece?



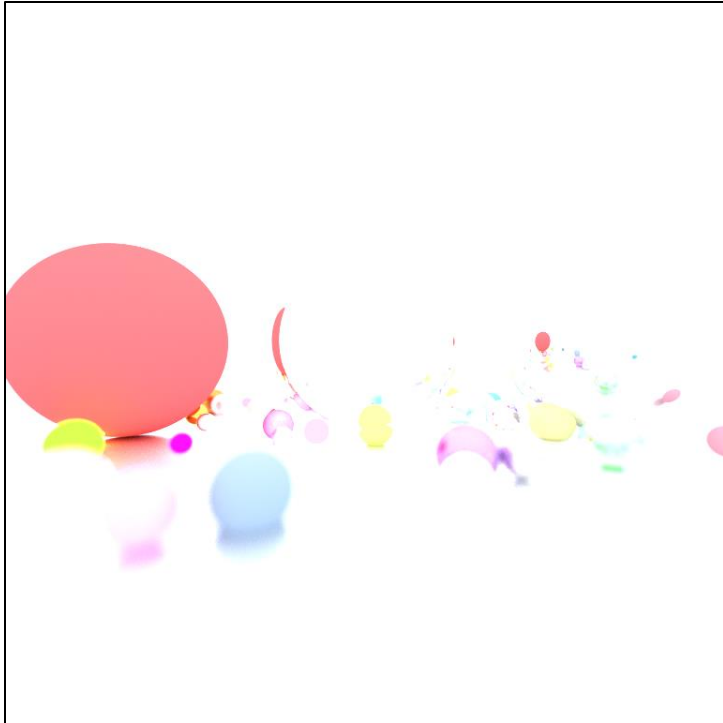
Accumulate frames

Como podemos melhorar?



Accumulate frames

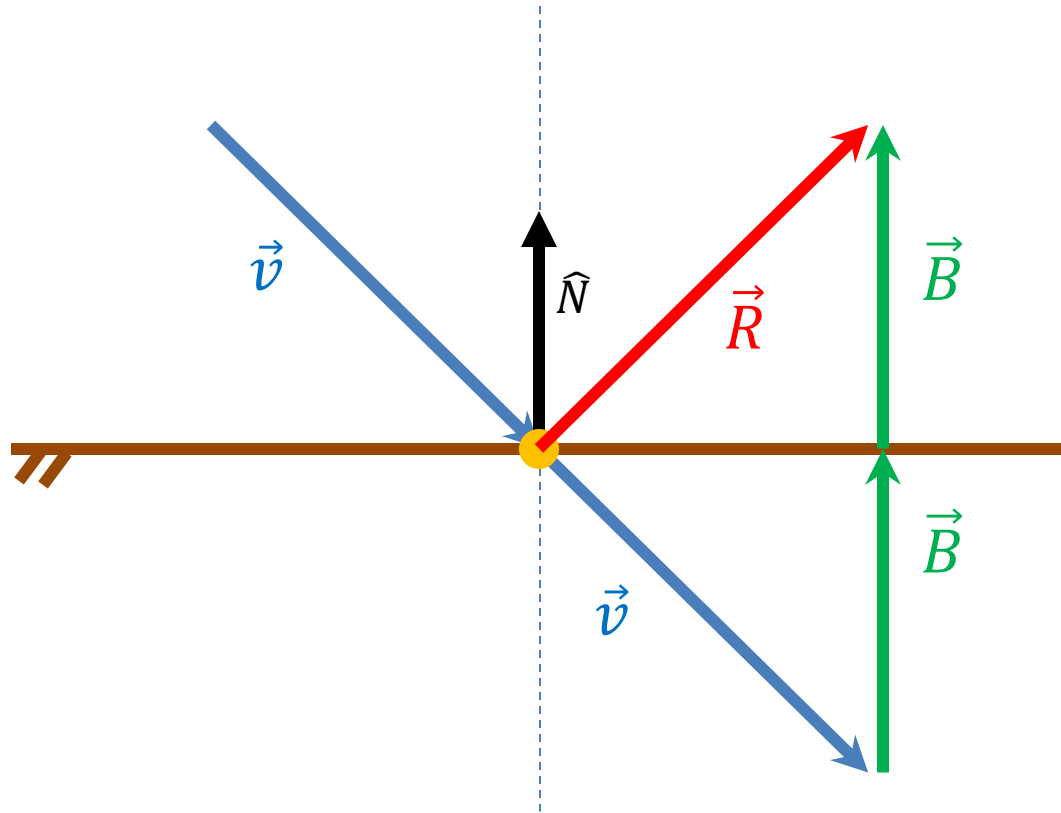
O que acontece se não tivermos "pesos" nos frames?



```
// Solucao:  
// pra que serve?  
var should_accumulate = uniforms[3];  
  
var accumulated_color = cor_anterior *  
    should_accumulate + color_saida;  
  
rtb[map_fb] = accumulated_color;  
frameb[map_fb] = accumulated_color / peso;
```

Reflexão em Materiais Espelhados

Como calcular o vetor de reflexão?



Reflexão em Materiais Espelhados

Para calcular o vetor de reflexão (vermelho) somaremos o vetor de entrada (\vec{v}) com duas vezes \vec{B} .

\vec{B} tem a direção e sentido de \vec{N} com um comprimento de $|\vec{v} \cdot \vec{N}|$.

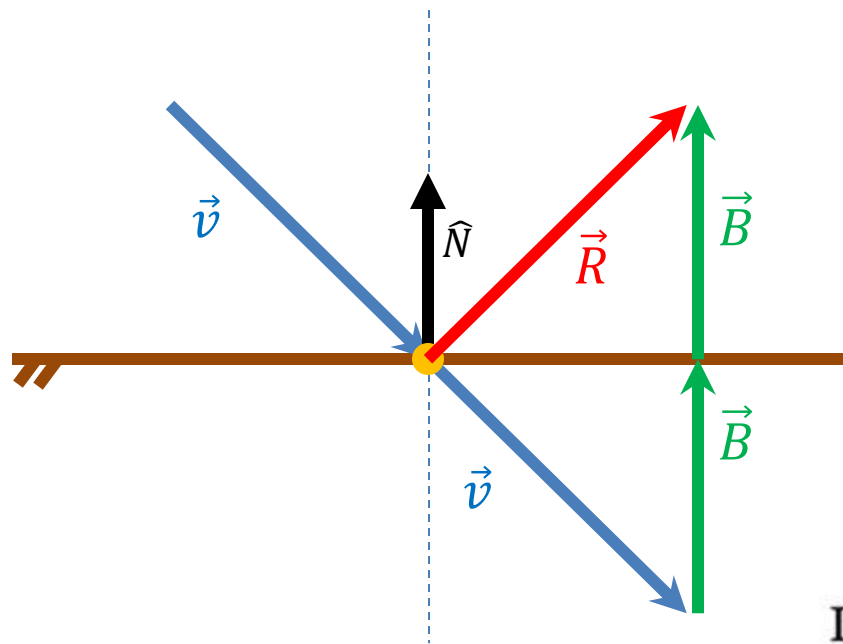
$$\mathbf{R} = \mathbf{v} - 2 \cdot (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{n}$$

Em WGSL: `reflect()`

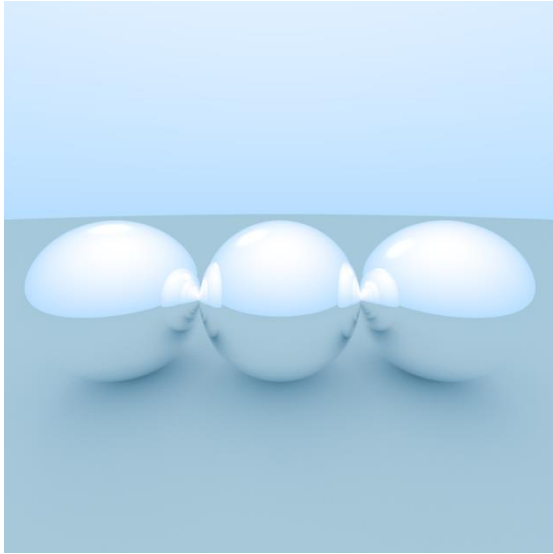
A variável `smoothness` controla a componente metálica no projeto.

0 - Lambertiano

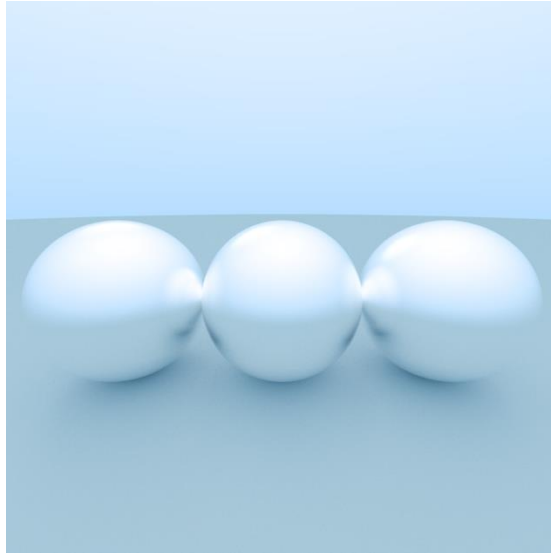
1 - Metálico



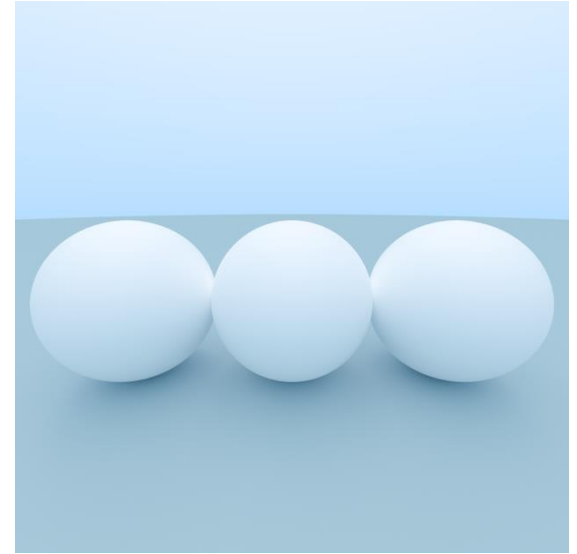
Reflexão em Materiais Espelhados - Resultados



Smoothness 1.0

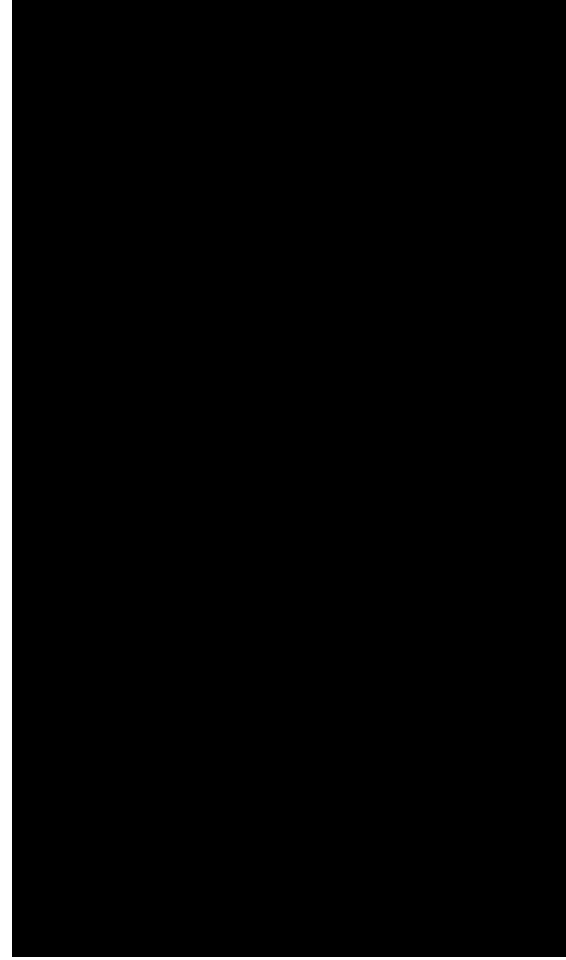
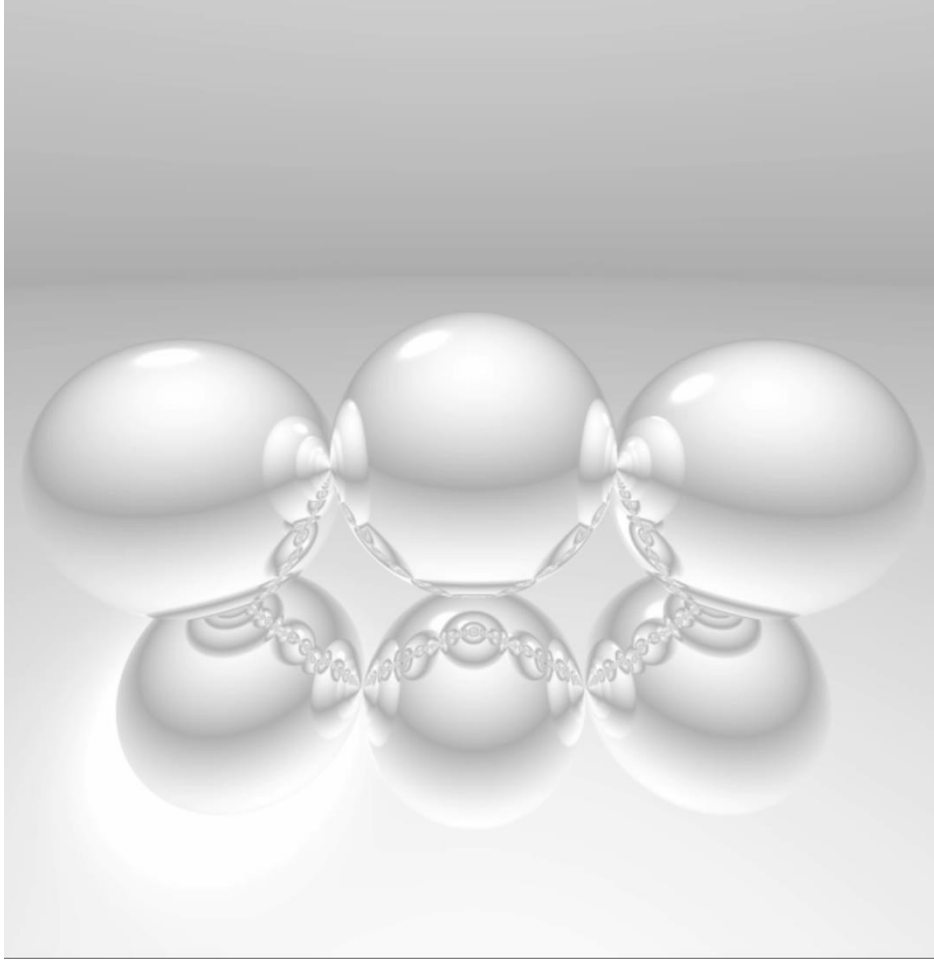


Smoothness 0.8



Smoothness 0.2

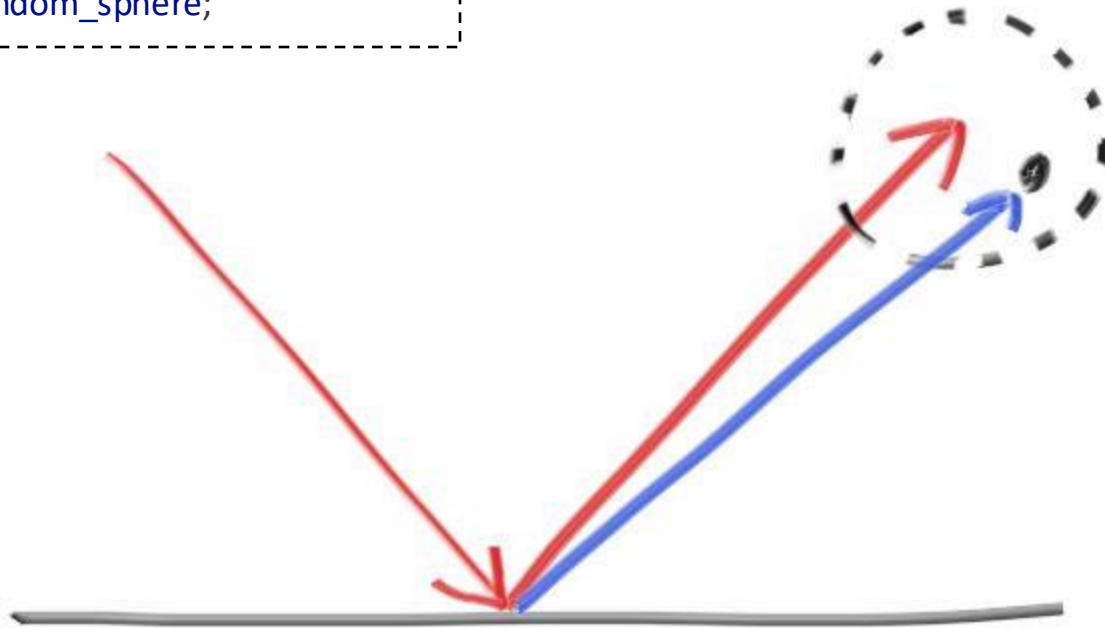
Reflexão em Materiais Espelhados – Mundo real



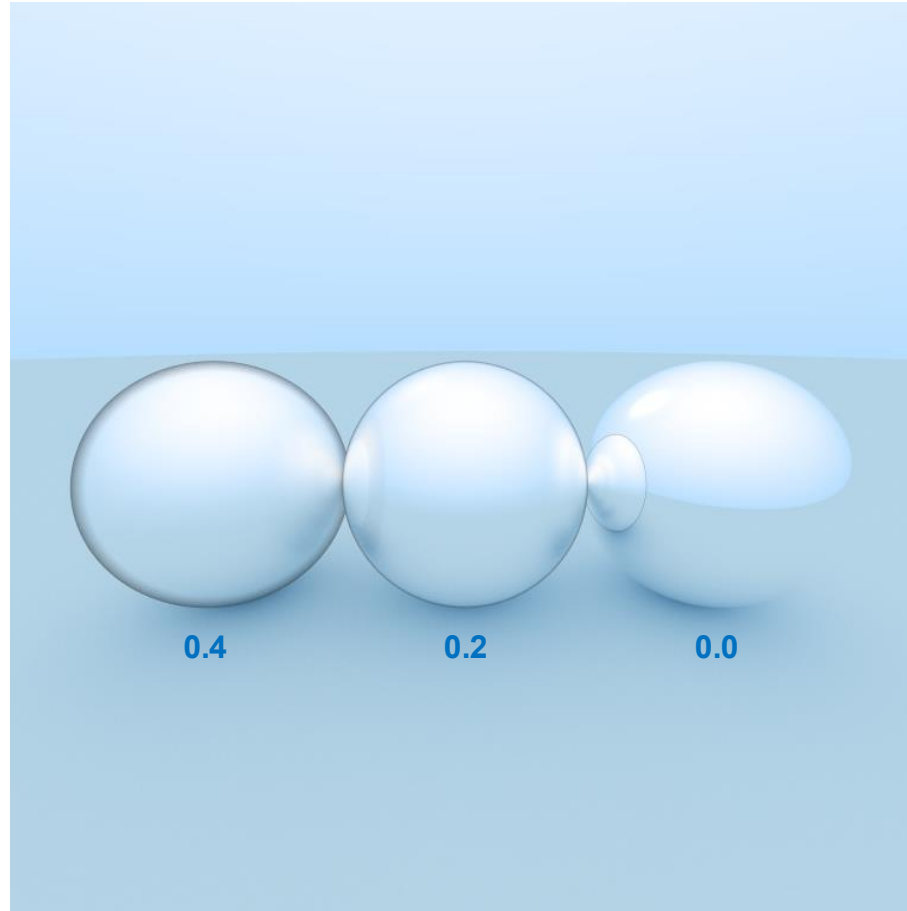
Reflexão Fuzzy

Podemos colocar alguma aleatoriedade na reflexão, deslocando o destino do raio pelo deslocamento unitário radial.

```
reflect + fuzz * random_sphere;
```



Reflexão Fuzzy - Resultados



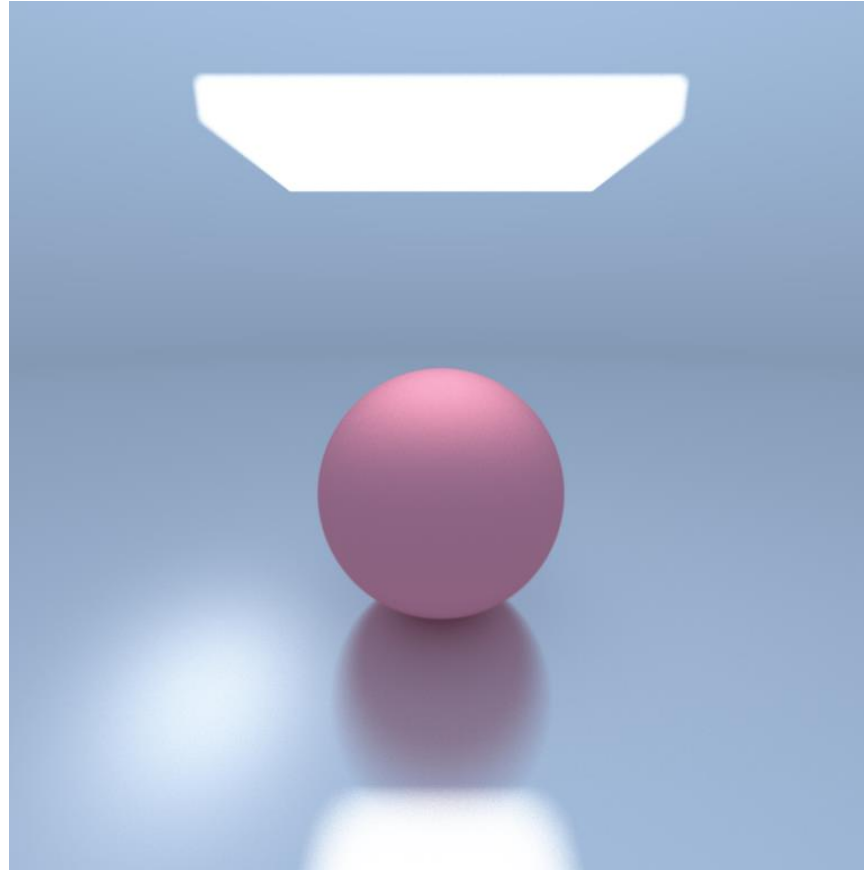
Tomate

Como o tomate reflete a luz?



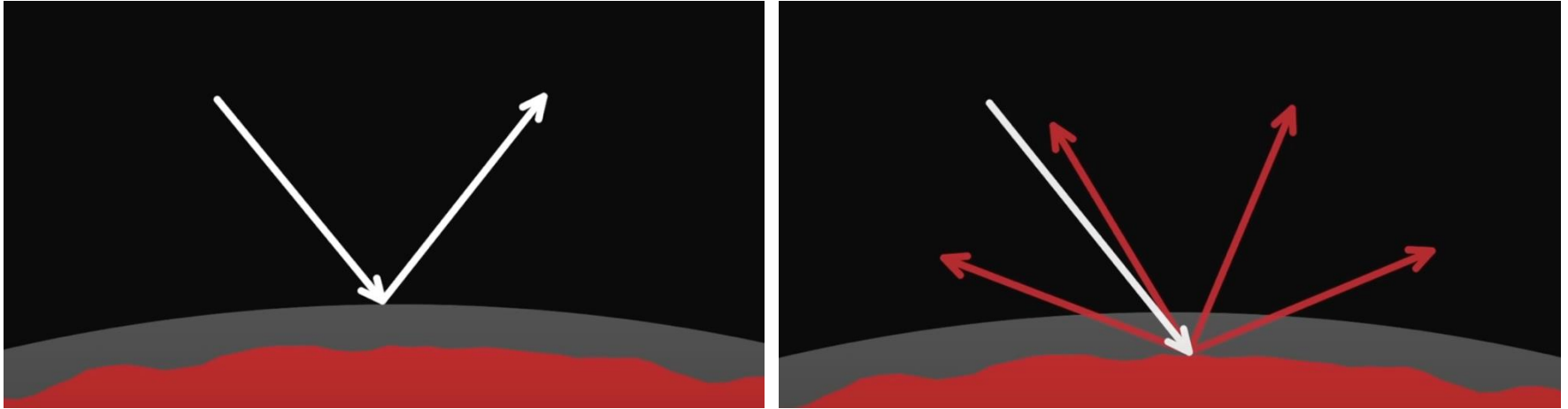
Tomate

Smoothness mais baixo?



Reflexão especular

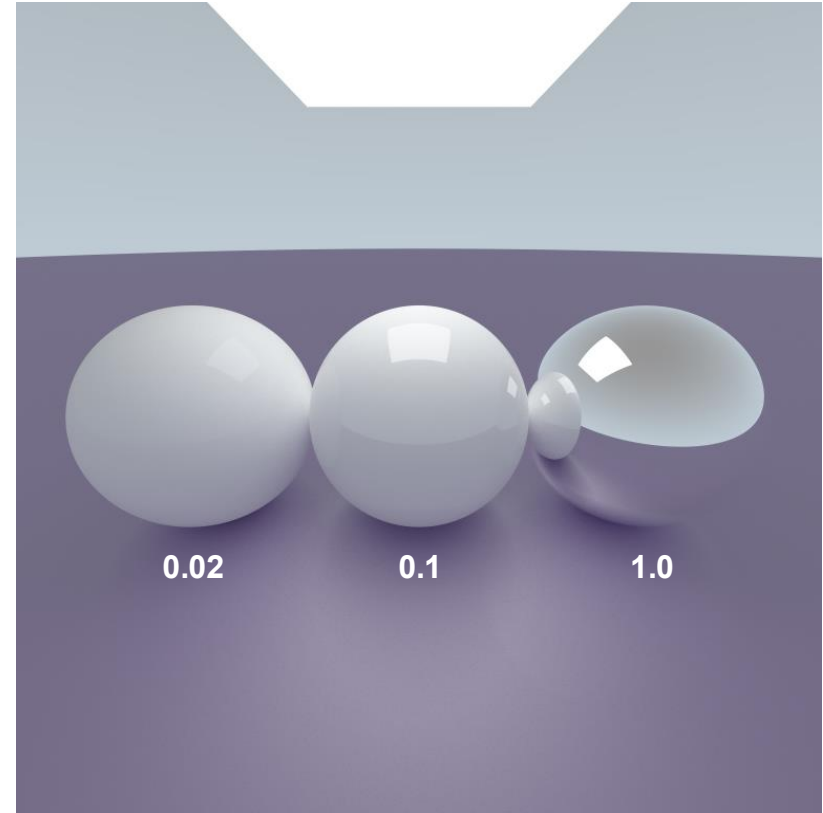
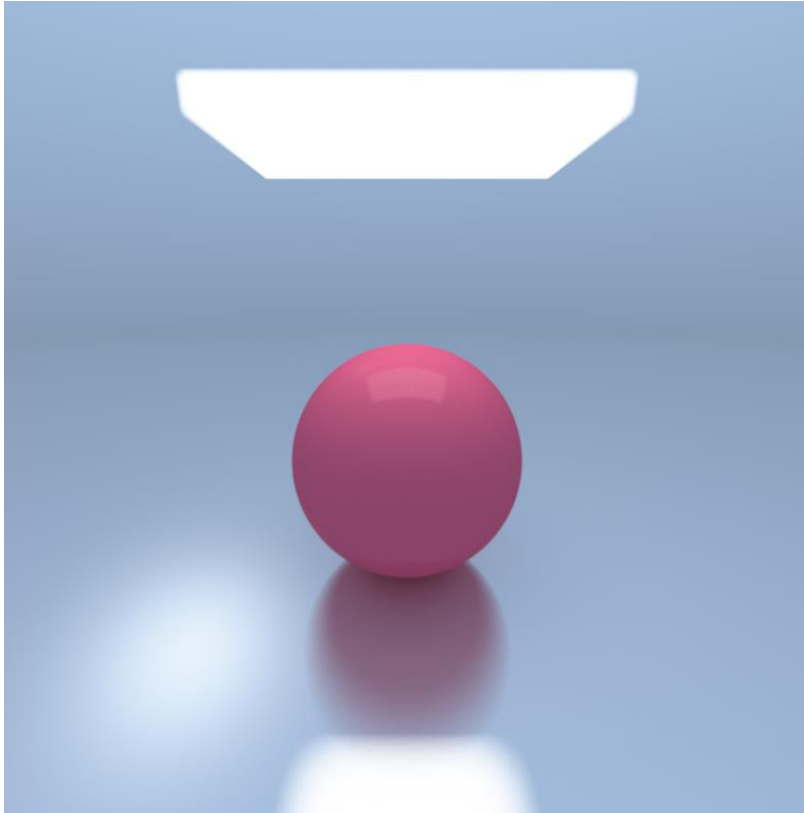
Alguns raios são refletidos e outros se espalham igual um material lambertiano



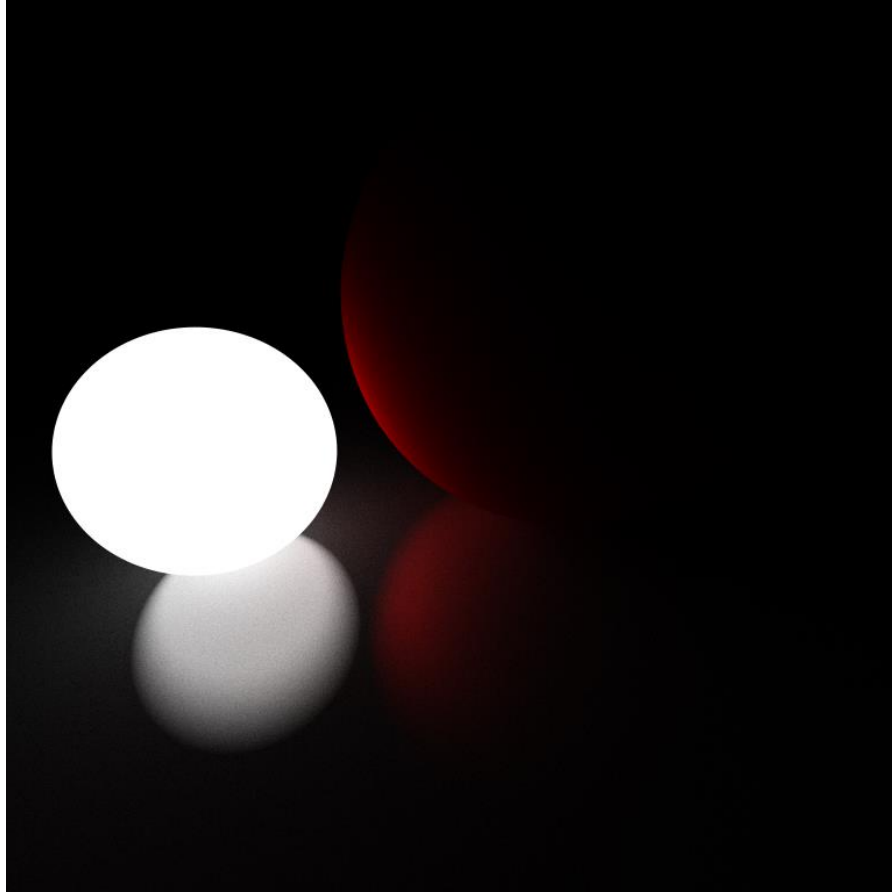
Como fazer esse efeito?

Specular probability > random()

Reflexão especular - Resultados



Materiais emissivos



Cor multiplicada pela intensidade

Materiais Dielétricos

Materiais transparentes como água, vidro e diamantes são dielétricos.

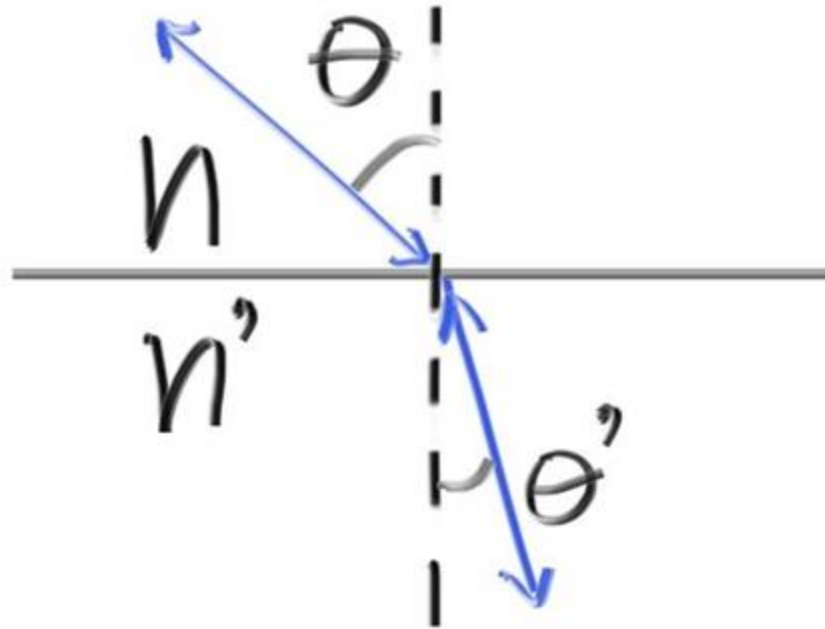
Quando um raio de luz atinge esses materiais, ele se divide em um raio refletido e um refratado (transmitido).

Vamos lidar com isso escolhendo aleatoriamente entre reflexão ou refração, e apenas gerando um raio de espalhamento por interação.

Lei de Snell-Descartes

A refração é descrita por:

$$\eta \cdot \sin \theta = \eta' \cdot \sin \theta'$$



Determinando o raio refratado

O raio de entrada (\mathbf{R}) vai ser refratado em um raio (\mathbf{R}'). Para efetuar os cálculos vamos dividir o raio refratado nos componentes perpendicular e paralelos a normal.

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}'_{\perp} + \mathbf{R}'_{\parallel}$$

A solução para o \mathbf{R} perpendicular e paralelo é:

$$\mathbf{R}'_{\perp} = \frac{\eta}{\eta'} (\mathbf{R} + \cos \theta \mathbf{n})$$

$$\mathbf{R}'_{\parallel} = -\sqrt{1 - |\mathbf{R}'_{\perp}|^2} \cdot \mathbf{n}$$

Determinando o raio refratado

Para calcular o valor do cosseno de θ podemos usar o produto escalar dos vetores. Ou seja:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \theta$$

Restringindo \mathbf{a} e \mathbf{b} a vetores unitários:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \cos \theta$$

Dessa forma a componente perpendicular do raio refratado fica:

$$\mathbf{R}'_{\perp} = \frac{\eta}{\eta'} (\mathbf{R} + (-\mathbf{R} \cdot \mathbf{n})\mathbf{n})$$

Resultado das Esferas de Vidro



Uma esfera de vidro tem dois efeitos principais sobre a cena. Primeiro, ela atua como uma lente olho de peixe e tenta mostrar uma visão de 180 graus. Segundo, ela inverte a imagem de cabeça para baixo.

Testando o algoritmo no Ray Tracer:



Referências: <https://www.hackingphotography.com/crystal-ball-photography-7-tips-get-started/>
<https://raytracing.github.io/books/RayTracingInOneWeekend.html>

Reflexão Total / Total Internal Reflection

Uma situação curiosa pode acontecer quando o raio de luz sai de um meio de maior índice de refração para um índice menor.

Lembrando que podemos calcular o ângulo do raio refratado:

$$\sin \theta' = \frac{\eta}{\eta'} \cdot \sin \theta$$

Suponha agora o raio indo do vidro ($n=1.5$) para o ar ($n = 1.0$):

$$\sin \theta' = \frac{1.5}{1.0} \cdot \sin \theta$$

Você vê algum problema?

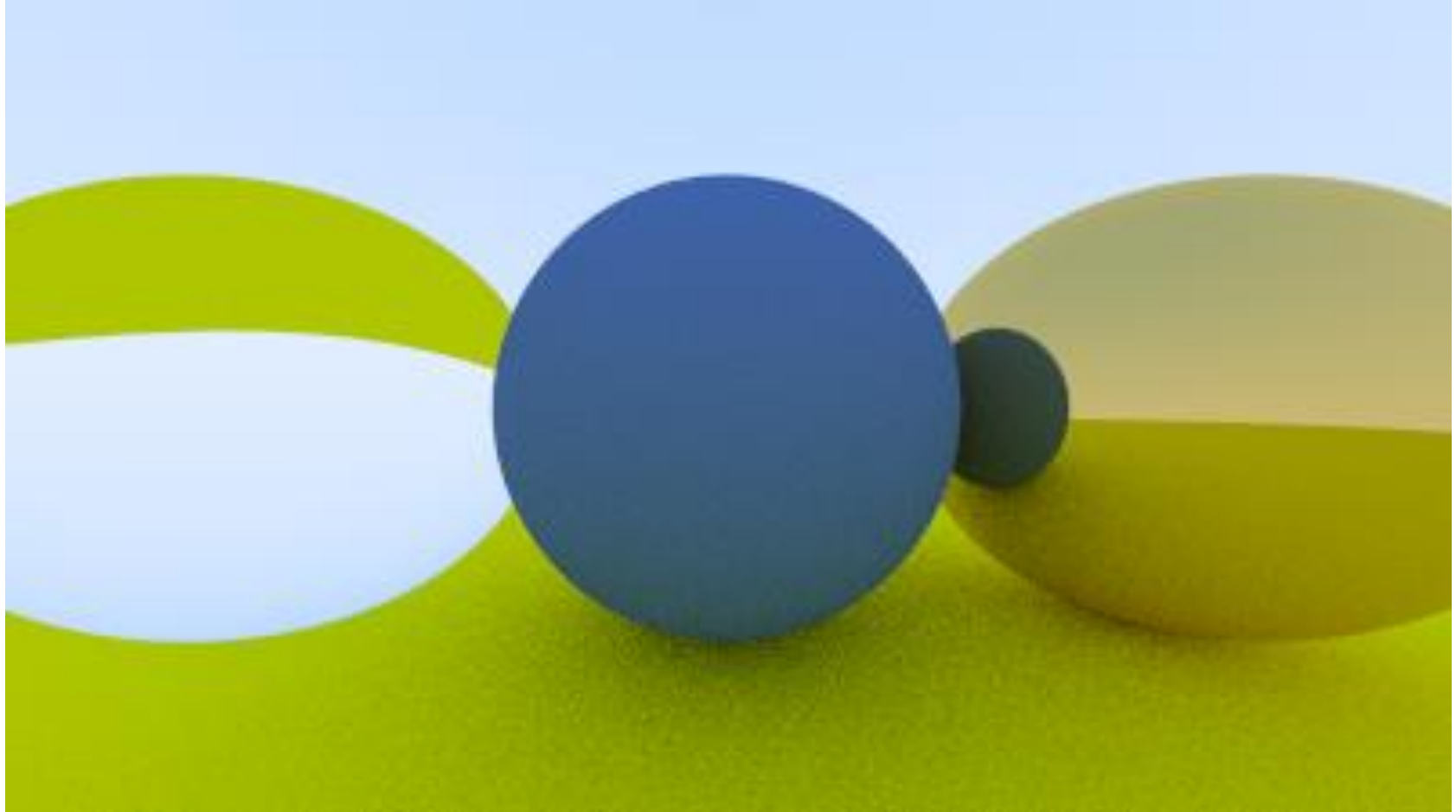
Reflexão Total Interna / Total Internal Reflection

O valor de seno θ não pode ser maior que 1, e conforme a incidência o ângulo a fórmula pode ficar sem solução.

$$\frac{1.5}{1.0} \cdot \sin \theta > 1 \text{ ?????}$$

Ou seja, se a razão dos índices de refração vezes o seno θ for maior que 1, o que acontece na verdade é uma reflexão.

Resultado com novos materiais



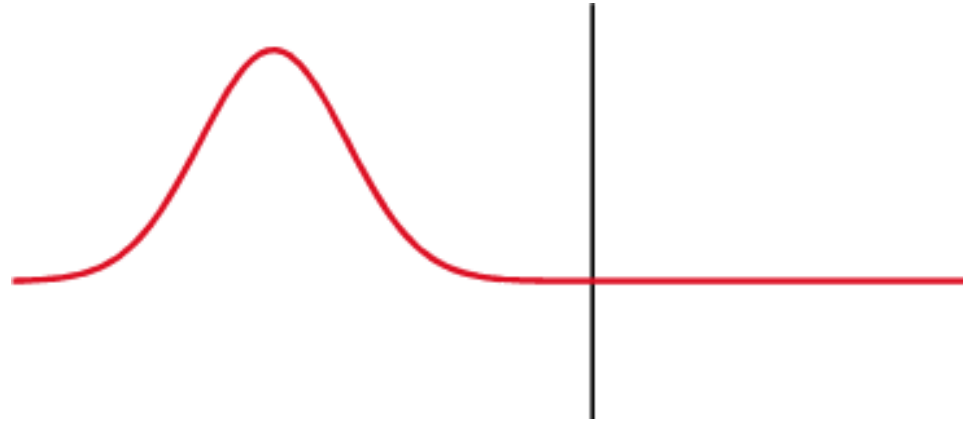
Aproximação de Schlick

Permite calcular o coeficiente de reflexão:

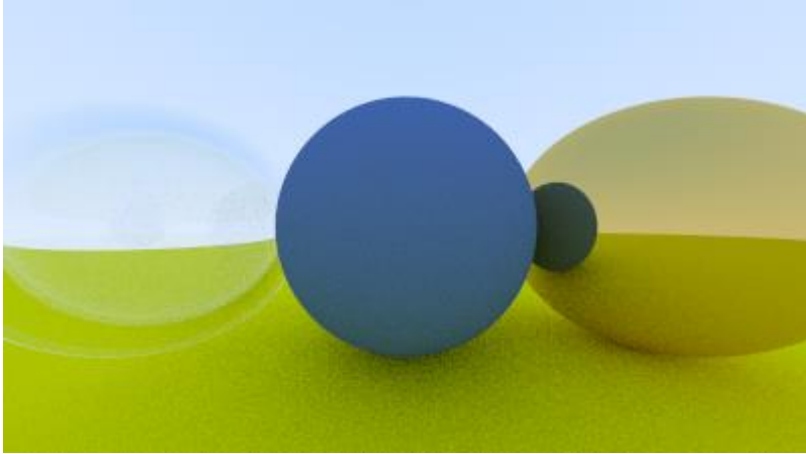
$$R(\theta) = R_0 + (1 - R_0)(1 - \cos \theta)^5$$

onde:

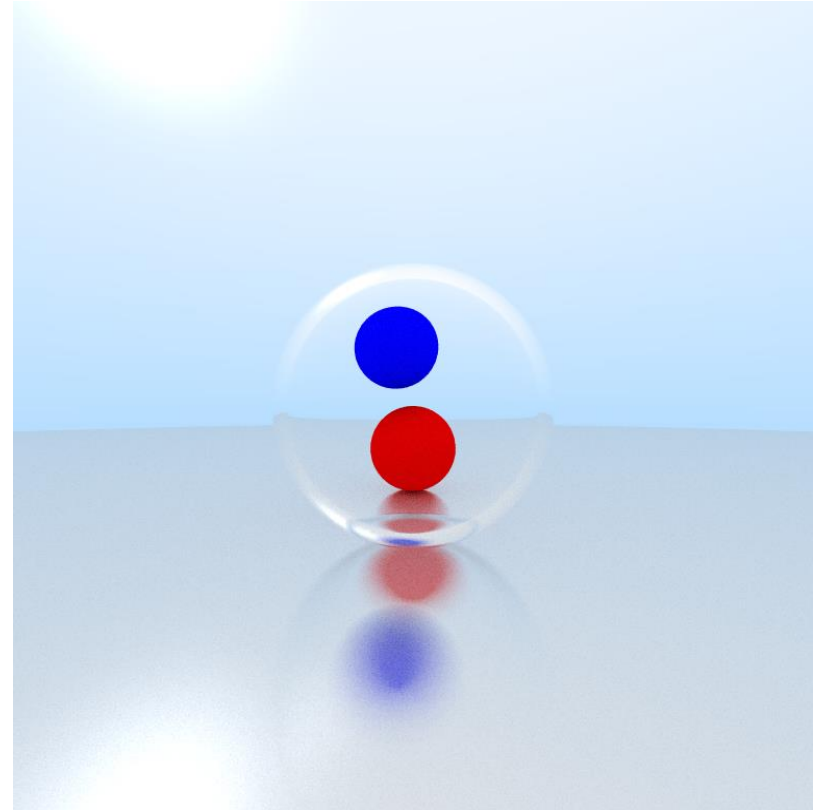
$$R_0 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$



Resultado das reflexões atualizadas

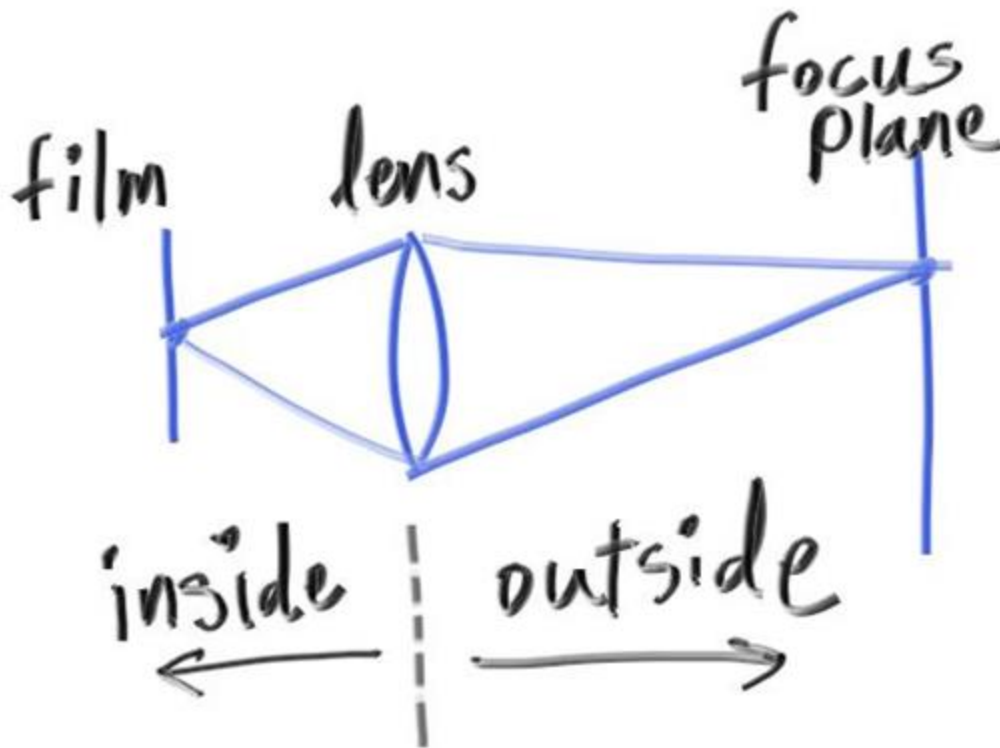


No Projeto:



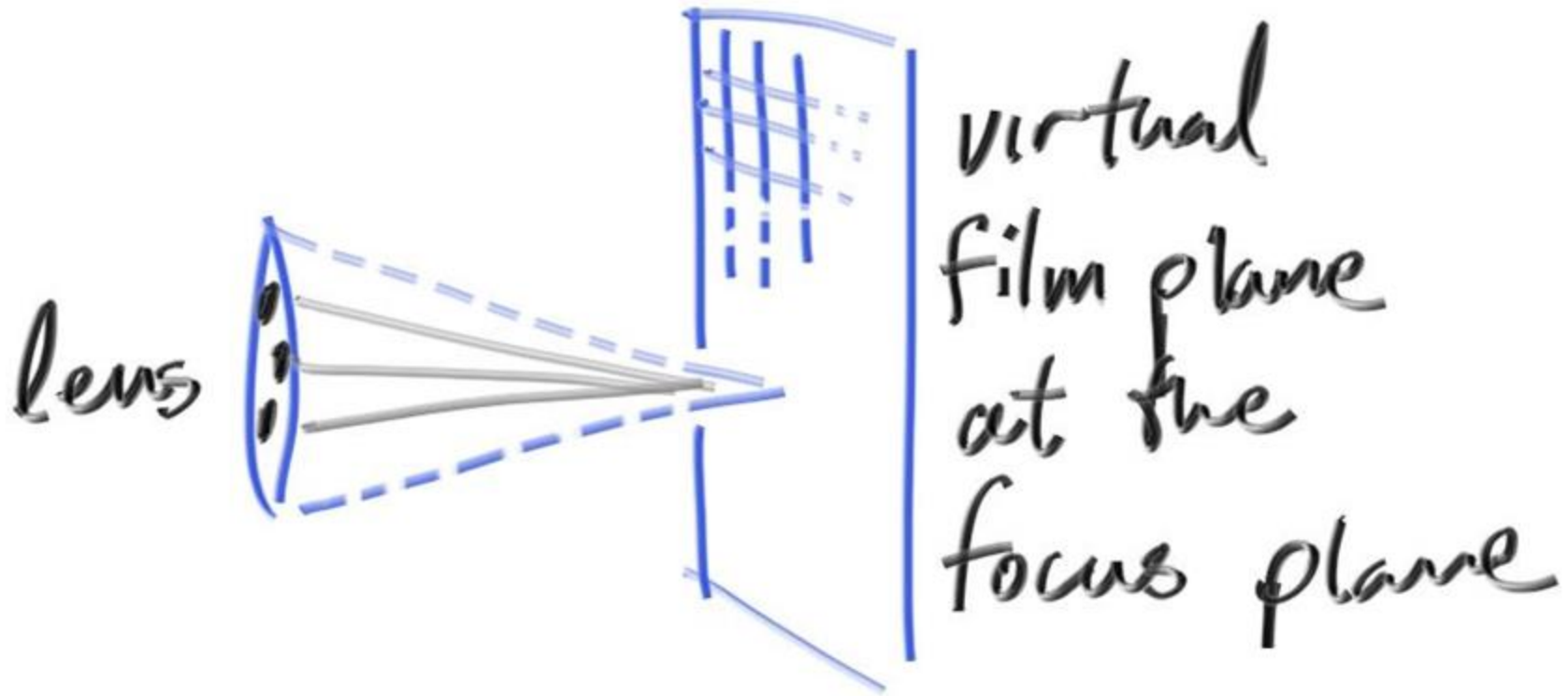
Desfocando - Blur

Simula um efeito de profundidade de campo (depth of field)
Podemos criar o efeito por um conjunto sensor, lente e abertura.



Desfocando - Blur

O truque a ser usado é lançar os raios como se fosse da lente.



Projeto Raytracer



The image shows a dark-themed user interface for configuring a sphere in a raytracer. It features several expandable sections: 'transform' with position (X, Y, Z) and scale (W) values; 'color' with a hex color picker set to 'ff0000' (red); and 'material' with parameters for Smoothness, Absorption, Specular, and Light. The values are displayed in input fields with blue text.

Property	Value
transform X	0
transform Y	-0,5
transform Z	-2
transform W	0,5
color Hex	ff0000
material Smoothness	1
material Absorption	0,2
material Specular	0,8
material Light	0

Smoothness:

- Se > 0 , componente metallic
- Se < 0 , o material é Dielétrico

Absorption = Fuzz

Computação Gráfica

Luciano Soares
<lpsoares@insper.edu.br>

Fabio Orfali
<fabioo1@insper.edu.br>

Gustavo Braga
<gustavobb1@insper.edu.br>