

3D графика и трасиране на лъчи



<http://raytracing-bg.net/>



Тема 3

Основни концепции в рендерирането и raytracing-a
Базова инфраструктура на raytracer-a

Съдържание

- Основни понятия в рендерирането
 - Сцена
 - Камера
 - Геометрия
 - Материали
 - Светлини
 - Обкръжение
- Базова инфраструктура на рейтрейсъра
- Показване на графика на екрана (SDL)

Основни понятия

- Сцената включва всички останали елементи
- Сцената е „виртуалната реалност“, която рендерираме
- Говорим за „архитектурна сцена“, „интериорна сцена“, „тежка сцена“, „светла сцена“ и пр.
- Сцените обикновено се записват в някакъв контейнерен формат, който държи цялата сцена (с някои изключения) на едно място
 - Например, *.MAX файлове за 3ds Max, *.POV за POV-Ray

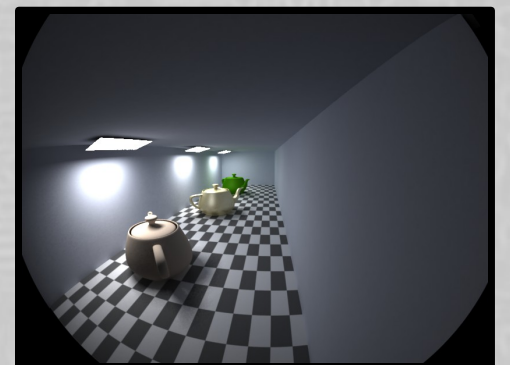
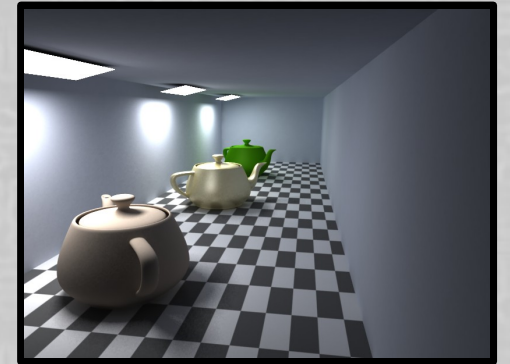
The background image shows a 3D rendered scene. On the left, there is a grid floor. In the center, a glowing sphere is visible. To the right, there is a teapot. The scene is rendered in a soft, ambient light.

Камерата

- Камерата представлява „окото“ на наблюдателя
 - Еквивалентна е на фотоапарата във фотографията
 - С тази разлика, че е невидима
- При анимация, може да имаме няколко камери в сцената, но само една е активна за даден кадър
- При raytracing-а, камерата е мястото, от което тръгват лъчите
- Има различни видове камери

Видове камери

- Нормална (rectilinear)
- Ортографическа
- Рибешко око (fisheye)
- Други (изкуствени) – сферична, цилиндрична, ...

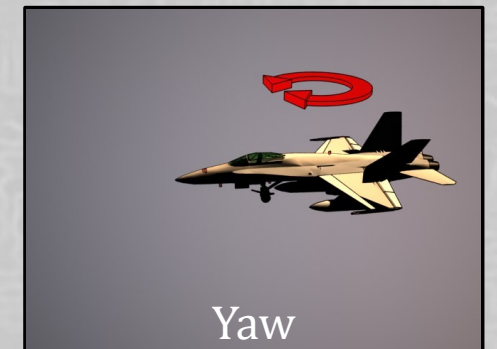


Характеристики на камерата

- Позиция (3D вектор)
- Посока – може да се зададе по различни начини:
 - Чрез ъгли (yaw/pitch/roll система)
 - Чрез ос на въртене и ъгъл на завъртането около оста
 - Чрез позиция на целта (look-at система)
 - При нея се налага да се посочи и „up-vector“. Той показва в каква посока е „нагоре“, тъй като иначе не може да симулира ефекта на „roll“ ъгъла
- Зрителен ъгъл (FOV (Field-of-View))
- Aspect ratio
- Дълбочина на полето (DOF (Depth-of-Field))

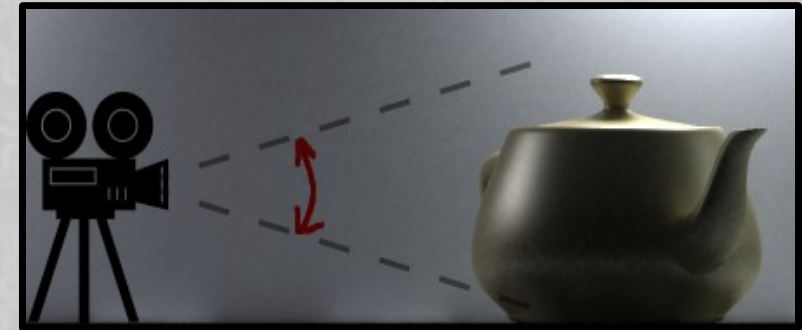
Yaw/pitch/roll система

- По аналогия с контролите на самолет
 - Yaw ъгълът указва посоката „напред“ на самолета спрямо „земята“; $[0^\circ \dots 360^\circ]$
 - Pitch ъгълът указва „изкачването“ на самолета спрямо земята; $[-180^\circ \dots 180^\circ]$
 - Roll ъгълът указва завъртането на самолета спрямо надлъжната му ос; $[0^\circ \dots 360^\circ]$
 - Прилагането на ротациите е в реда roll, pitch, yaw

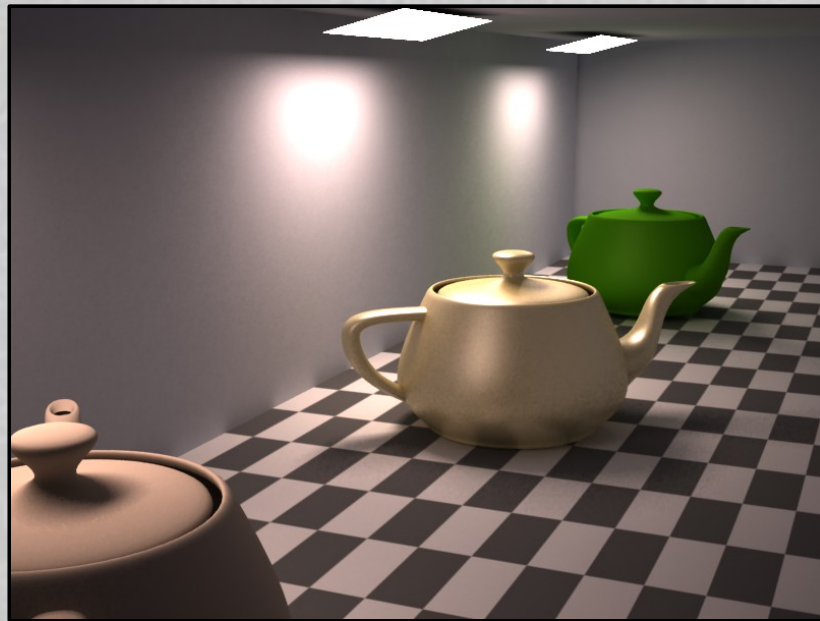
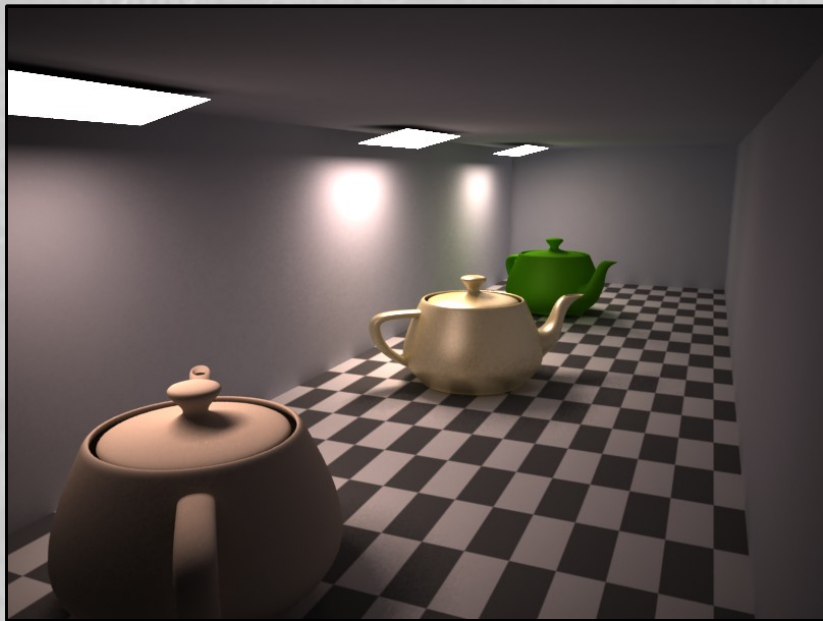


FOV

- Зрителният ъгъл определя колко „широк“ е погледа на камерата
- Обикновено се дефинира като:
 - Диагонален ъгъл, в градуси
 - Фокусно разстояние на обектива, в милиметри (за класически фотоапарат с 35mm филм)
 - Двете са обратно-пропорционални: по-голямо фокусно разстояние = по-малък зрителен ъгъл



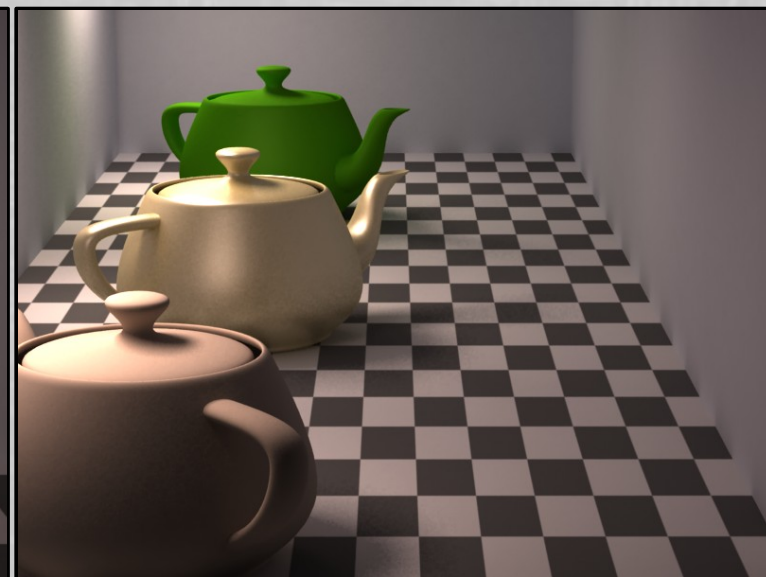
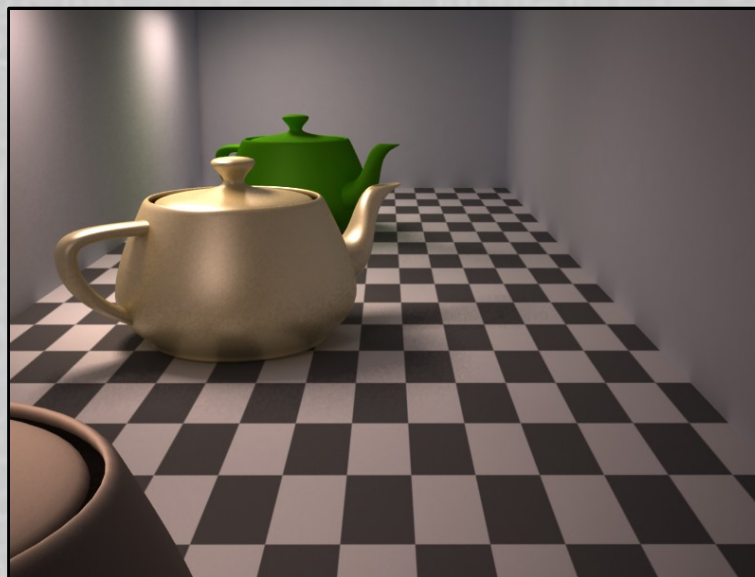
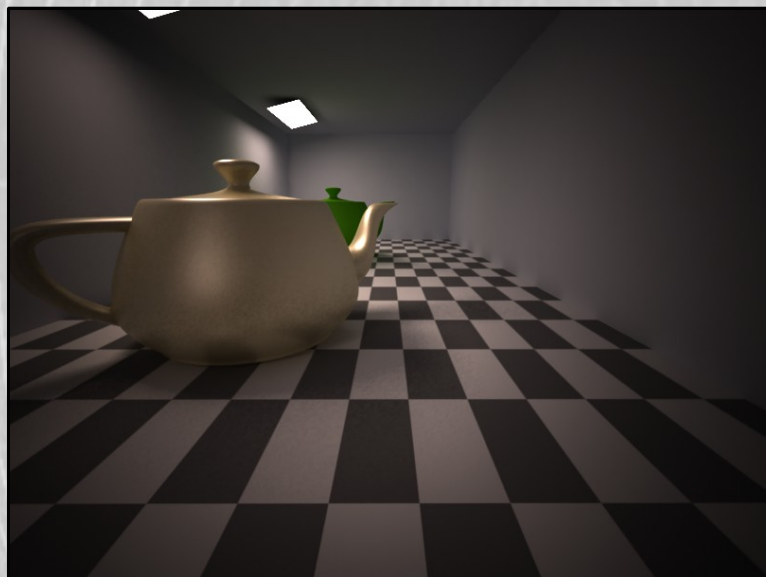
FOV



- 30mm, 50mm, 135mm
- 72°, 47°, 18°

FOV

- Усещането за перспектива също зависи от зрителния ъгъл, тъй като мени отношението между видимия размер на нееднакво отдалечените обекти
- В примера, средният чайник е еднакво голям (като пиксели); фокусните разстояния са 17, 45 и 105mm.





FOV

- За „нормален“ FOV се счита $\approx 53^\circ$ (около 50mm)
- При широките ъгли, изображението става много неестествено след 120°
 - 180° е математически невъзможно при правоъгълна камера; на практика всичко над 160° е неизползваемо
 - В реалния свят, най-широките обективи са до 14mm (114°)
 - Ако целим много широки ъгли, по-добре да се ползва fisheye камера

Отношение (Aspect ratio)

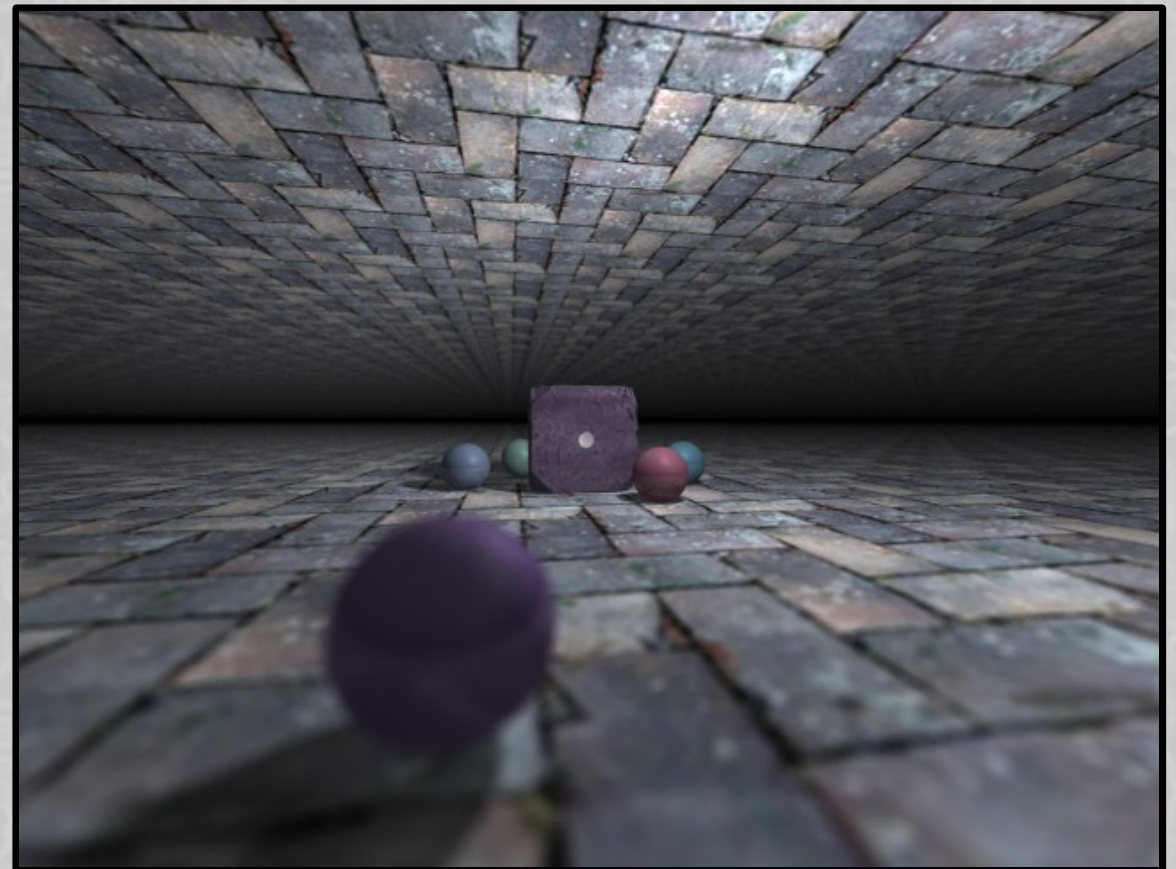
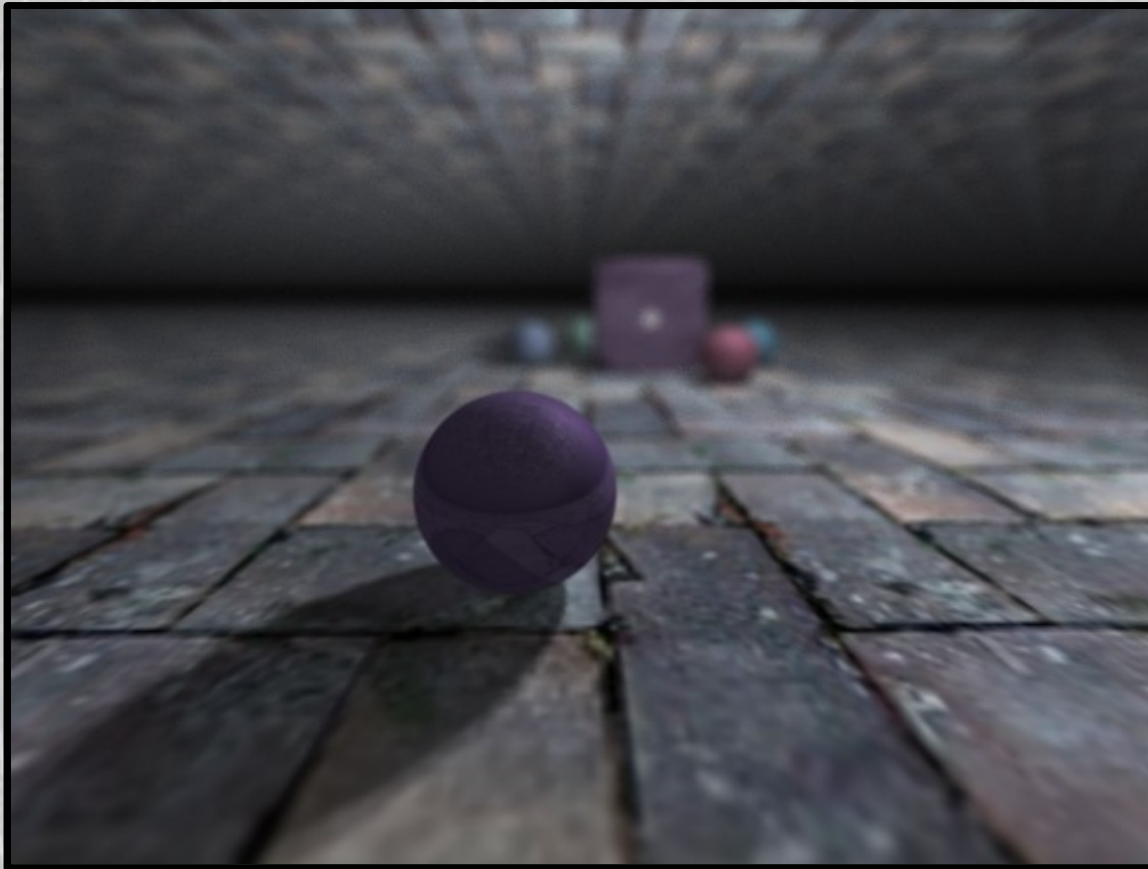
- Има се предвид отношението Ширина:Височина на кадъра
 - Това не е същото като отношението на изходната картинка в пиксели!
 - Трябва да съвпада с отношението на целевата медия (монитор, хартиена снимка...)
 - Например, 640x480 кадър (4:3 отношение) може да се покаже на wide монитор (16:10), и за да не изглежда разтеглено, трябва на камерата да се укаже $aspect = 1.6$
 - Разбира се, най-добре е всичко да съвпада (квадратни пиксели)

Дълбочина на полето (DOF)

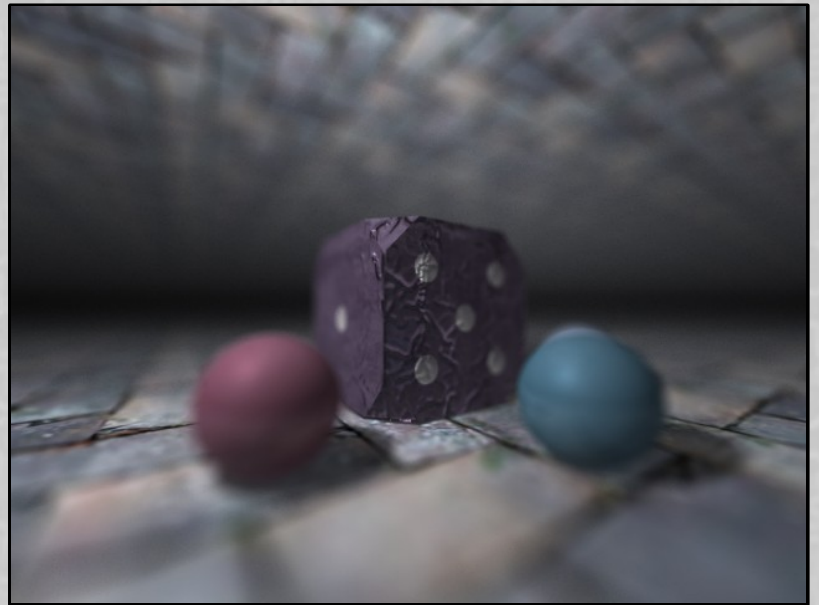
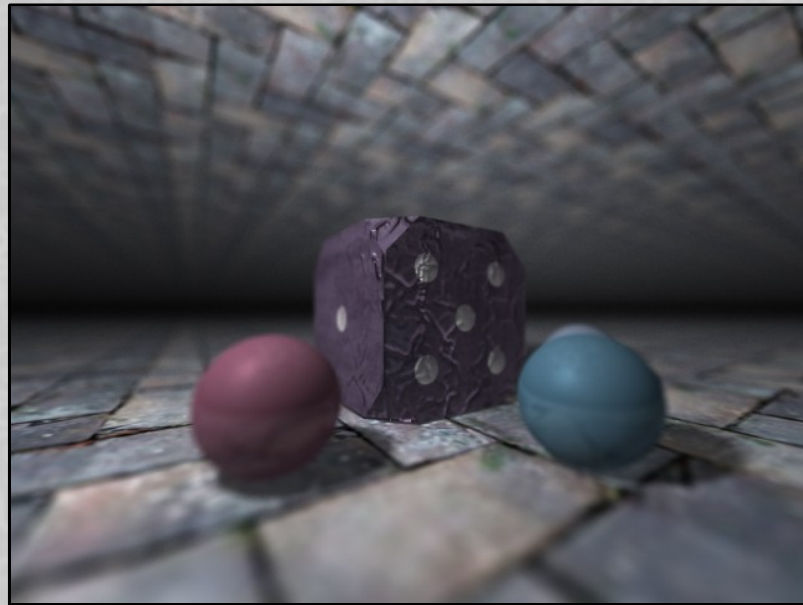
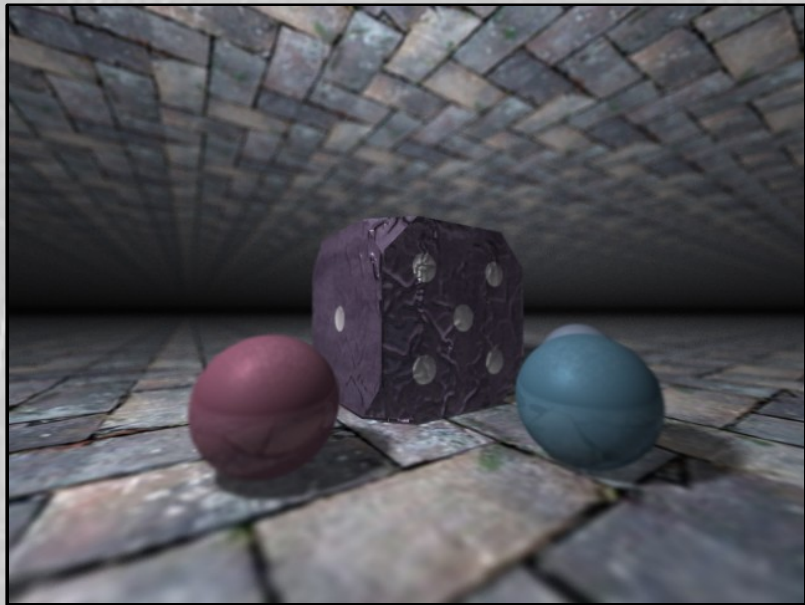
- Симулира фокусираните и разфокусираните области при фотографията
 - Имаме фокусна равнина, в която предметите са на фокус; колкото повече се отдалечаваме от нея, толкова повече се разфокусират
 - Дълбочината на полето се определя от областта, която човек възприема за „добре фокусирана“
 - Дълбочината зависи от редица фактори
 - Най-вече от избраната бленда на фото-обектива (aperture), но има и други фактори

Дълбочина на полето (DOF)

- Фокусиране на близък и далечен обект:



Дълбочина на полето (DOF)



- Различните бленди (aperture) дават различни дълбочини при еднакво разстояние до фокуса.
- Тук са показани, от ляво надясно: $f/8$, $f/4$, $f/2$

Дълбочина на полето (DOF)

- Дълбочината на полето зависи от:
 - Разстоянието до фокусната равнина: когато фокусът е далече, дълбочината е по-голяма
 - Блендата – ниските f -числа съответстват на плитък DOF
 - Зрителният ъгъл: при по-широк FOV, дълбочината расте
 - При фотоапаратите: големината на филма/сензора. По-голям филм/сензор съответства на по-плитък DOF
- По-нататък ще покажем как се симулират отделните свойства на фотокамерата от гледна точка на DOF

Геометрия

- Под „геометрията“ ще разбирате описанието на формите на всички обекти в сцената
- Когато трасираме един лъч, ние търсим къде той се пресича с геометрията
- В raytracing-а, геометрията може да е съставена от разнородни по вид геометрични обекти
 - Триъгълни мрежи
 - Математически обекти (сфера, равнина, ...)
 - Релефни карти
 - и т.н.

Геометрия

- Общото между всички тях е, че предоставят алгоритъм за пресичане с лъч:

```
class IntersectableInterface {  
public:  
    double intersect(Ray ray, IntersectionInfo *info) = 0;  
};
```

- Връщаният `double` показва разстоянието до пресечната точка на лъча с геометрията на обекта
 - Безкрайност, ако не се пресичат
- В структурата `info` се запазват допълнителни данни за пресечната точка: 3D позиция, нормали, ...

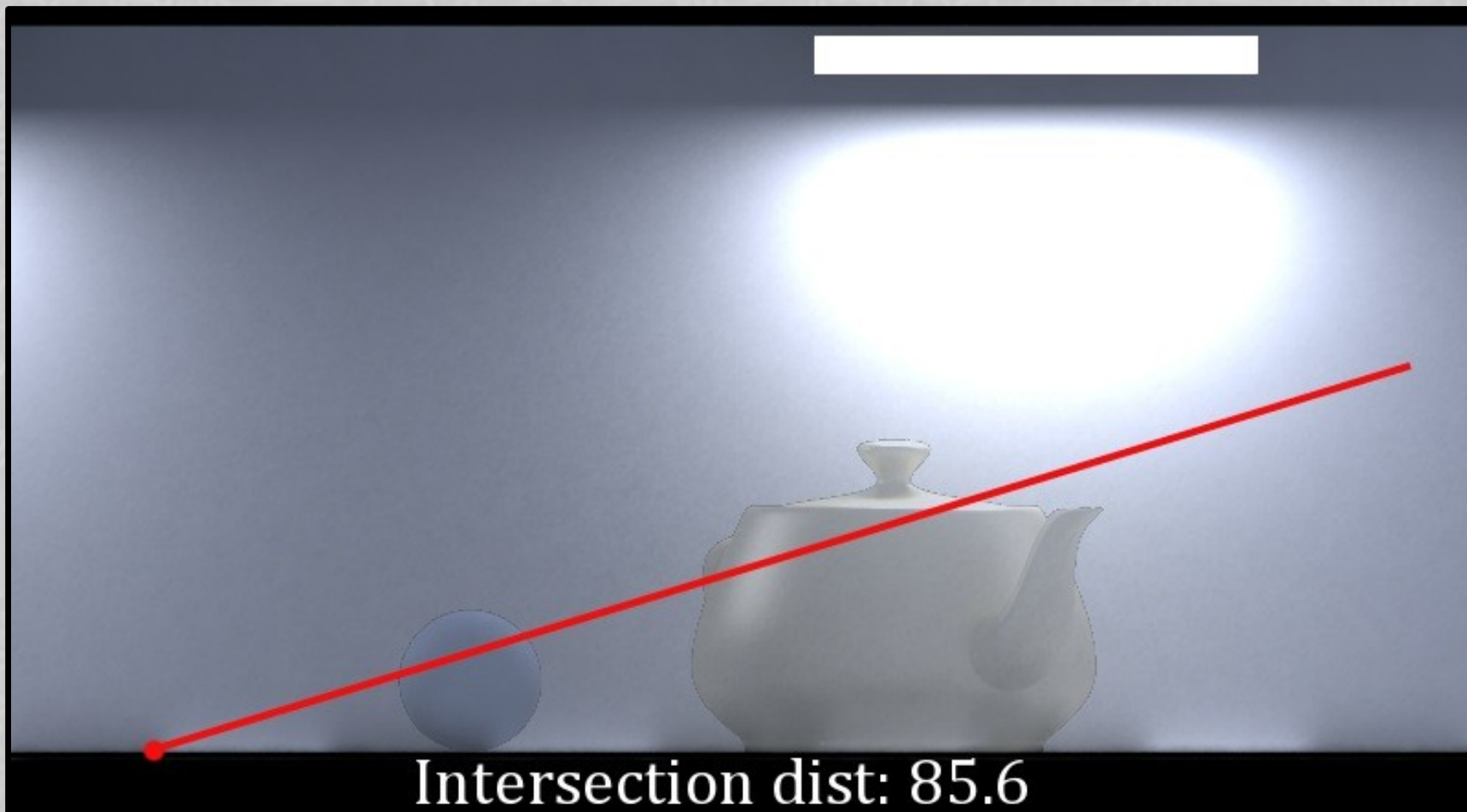
The background of the slide features a 3D rendered scene. On the left, there is a grid floor. In the center, a wireframe sphere is visible. To the right, a teapot is rendered. The title 'Геометрия' is overlaid on this scene.

Геометрия

- Наивният raytracing алгоритъм пресича даден лъч с геометрията, като обходи всички обекти и пресече лъча с всеки един от тях
- Търси се тази пресечна точка, която е най-близо до камерата
- Ще илюстрираме с пример

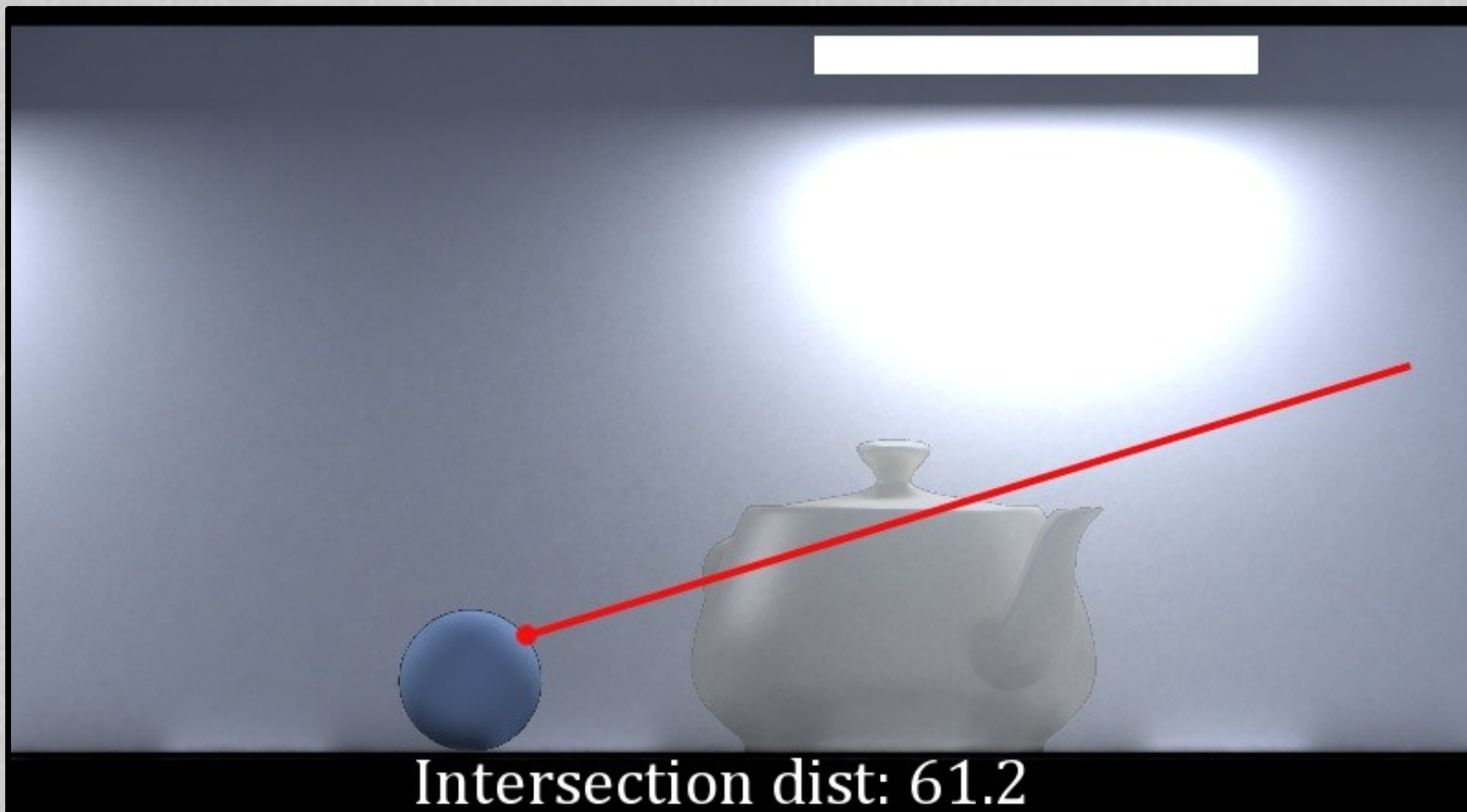
Пресичане с геометрията

- Пресичане с равнината



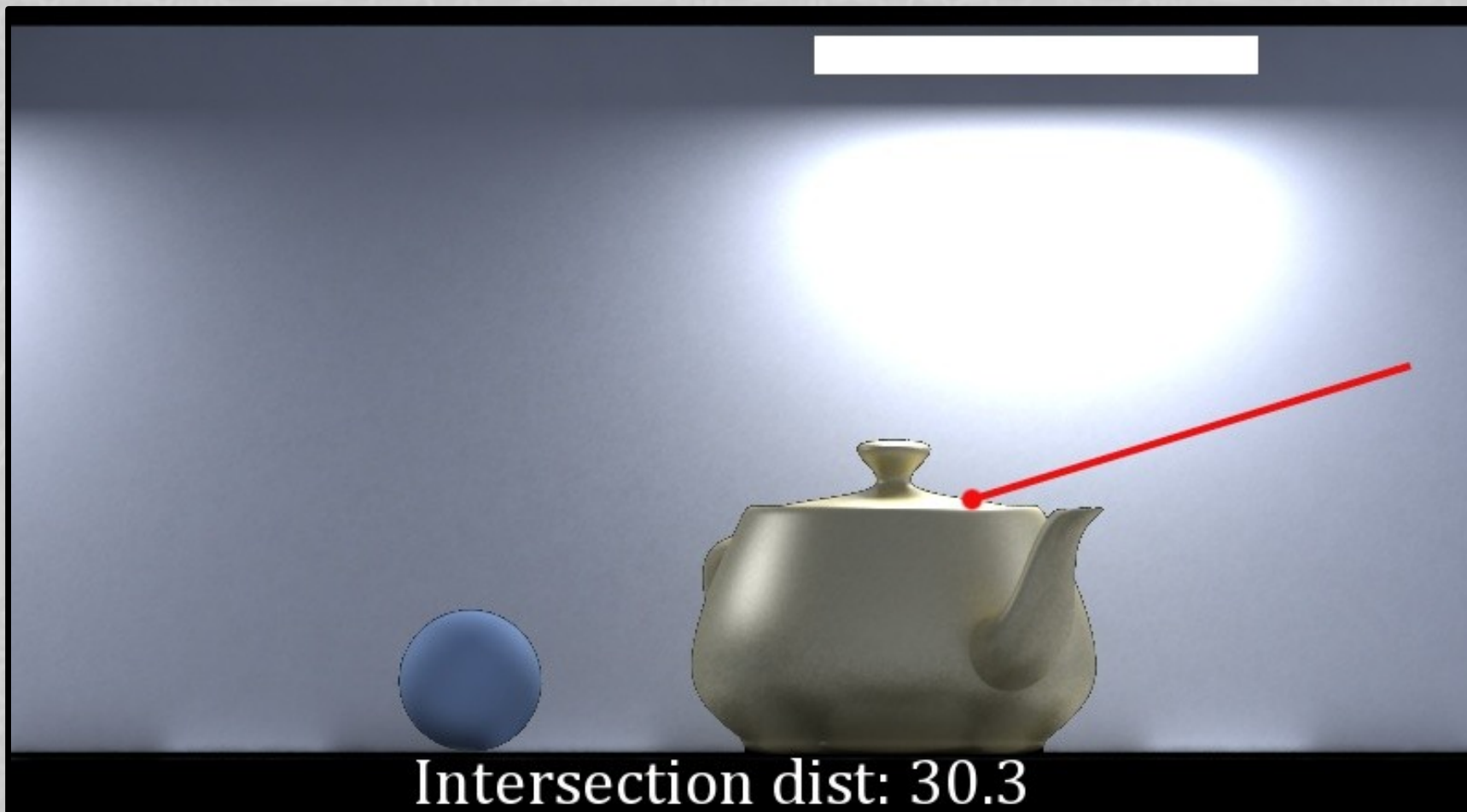
Пресичане с геометрията

- Пресичане със сферата



Пресичане с геометрията

- Пресичане с чайника

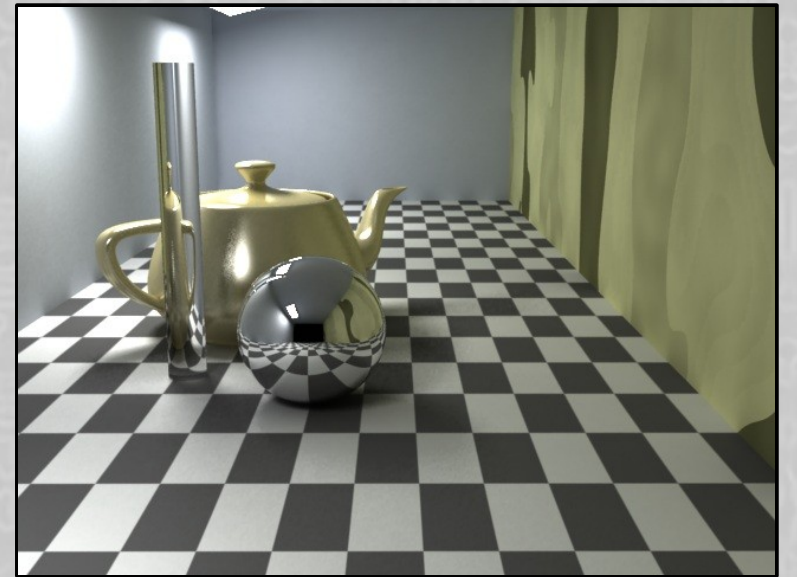
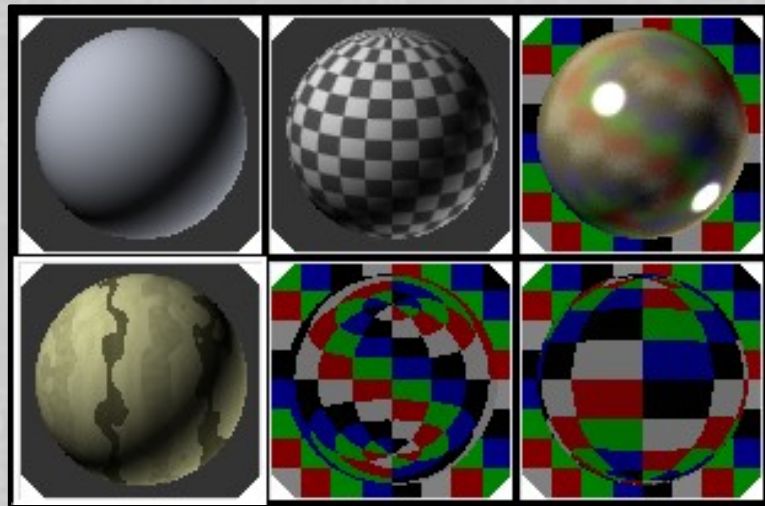
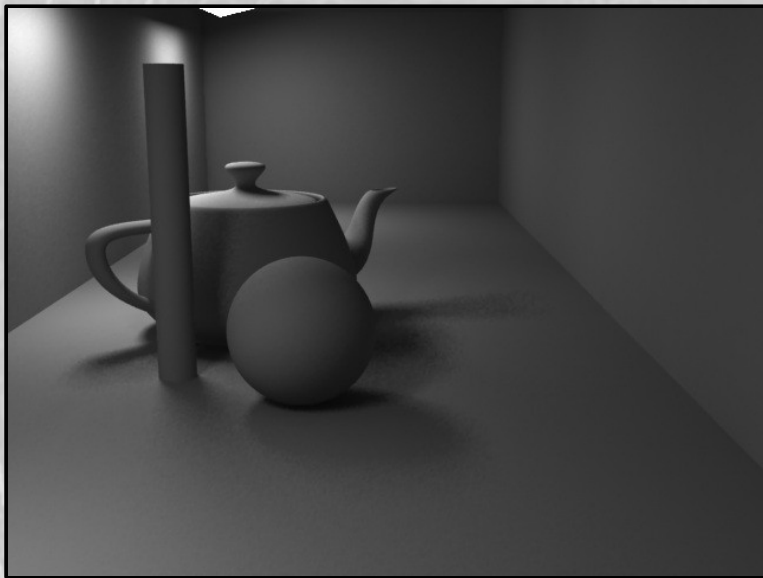


Пресичане с геометрията

- Raytracing-а е много гъвкав алгоритъм, защото позволява да добавим поддръжка за нов тип обекти, като просто реализираме `intersect()` функцията
- Пресичането отнема основна част от времето на един raytracer (обикновено над 50%)
- Информацията от пресичането се ползва за изчисляване на осветлението; но само тя не е достатъчна
 - Как точно се получава осветлението зависи и от материалите

Геометрия vs Материали

- Само геометрия
- Само материали
- Заедно



Материали

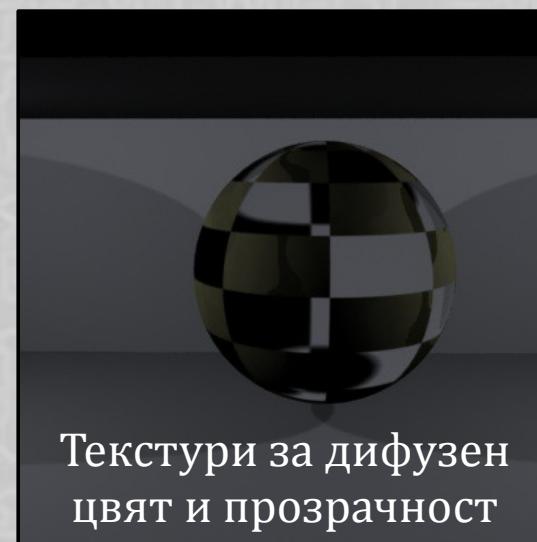
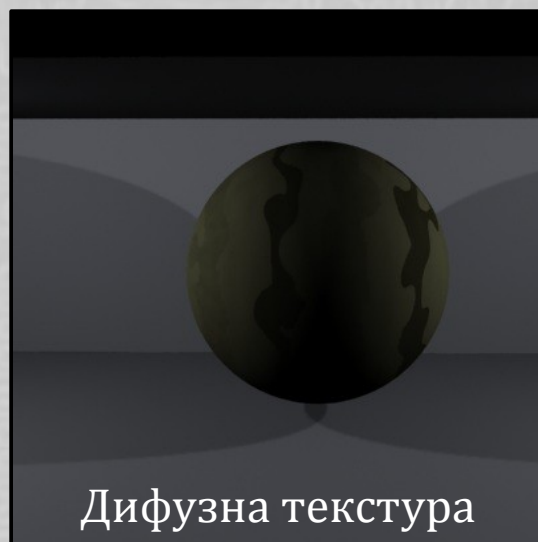
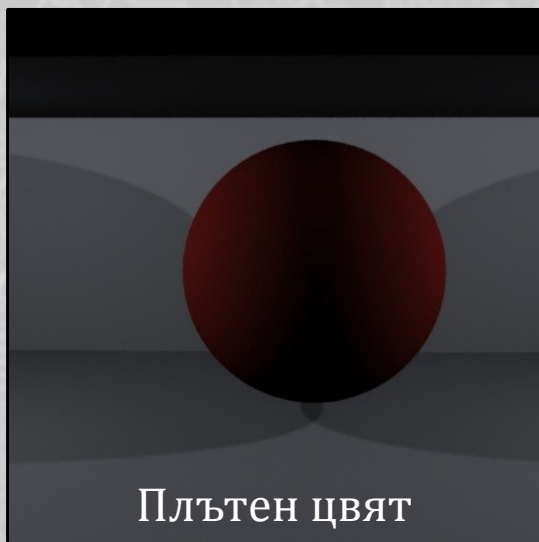
- Материалите описват как повърхностите от геометрията отразяват светлината, т.е., как изглеждат самите повърхности
- Понятието „шейдър“ (shader) има подобен смисъл: шейдърът е математическа функция, която, по зададени позиция, нормали и светлини, изчислява цвета на обекта
 - Т.е., в зависимост от тази функция, обектите изглеждат по различен начин

Материали

- Примери за шейдъри:
 - Шейдър за стъкло / огледален шейдър
 - Шейдър, имитиращ шлифован метал
 - Шейдър, имитиращ лакирано дърво
 - Шейдър, имитиращ авто-боя
 - ...
- Материалите не винаги се описват само с шейдъри
 - В повечето 3D пакети, материалите включват описание и на вътрешността на обекта, не само на повърхността му

Текстури

- Свойствата на материала (прозрачност, дифузен цвят, ...) не винаги са равномерни по целия геометричен обект. Често се ползват текстури, които „облепят“ геометрията



Видове текстури

- Зададени чрез файл
- Процедурни
 - Т.е. чрез зададен алгоритъм за получаване на цвят по (x, y) координати
- 3D текстури
- Витр тар текстури
- ...и други

Материали vs Геометрия

- Материалите и геометрията са два разделени свята
 - Можем да имаме два различни обекта с еднаква геометрия и различни материали
- Node: това е комбинация от геометрия и материал
 - За да се пести памет, обикновено имаме списък със материали и геометрии. В Node обекта се пазят указатели към един материал и една геометрия

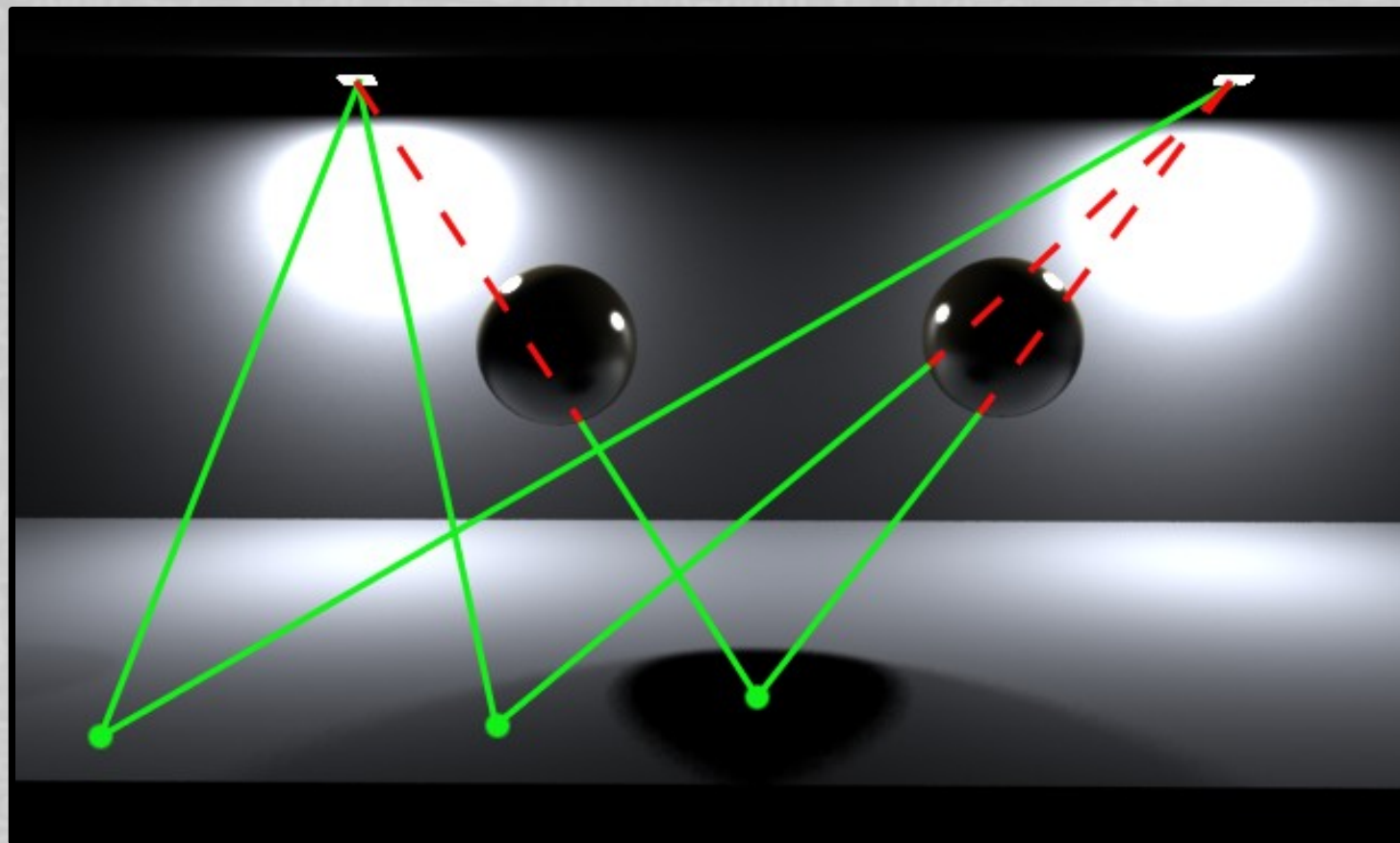
A 3D rendered scene featuring a wireframe sphere in the foreground and a teapot in the background. A bright light source is visible, casting a beam of light onto the sphere. The scene is set against a grid background.

Светлини

- Във всяка сцена има поне една светлина
- Светлините са като лампите в реалния свят – определят колко ярки са отделните части от сцената
- Осветлението в дадена точка обикновено се получава като сума от светлините, видими от дадената точка
 - Но това си зависи от шейдъра

Освещение

- Пример



Осветлението

- От какво зависи осветлението, идващо от единична лампа?
 - Сила на лампата
 - Разстояние до нея
 - Ъгъл, под който пада лъча от лампата
 - Други (shader-specific) фактори

Видове лампи

- Точкова (omni light)
- Сферична
- Правоъгълна
- Насочена (spotlight)
- Със зададена дистрибуция
 - Подобна на spotlight, но разпределението на светлината около централната посока е конкретно зададена функция
 - Полезно за имитиране на истински лампи

Видове лампи (примери)



Точкова



Правоъгълна (area)



Насочена (spot)

- С произволна форма:



С произволна форма

Обкръжение (environment)

- Обкръжението се грижи за частта от изображението, която не принадлежи на никой обект
 - При затворени сцени, нямаме нужда от обкръжение
- Обкръжението обикновено не се влияе от позицията на камерата, а само от посоката ѝ
 - Пример [[humus-metaballs](#)]

Видове обкръжение

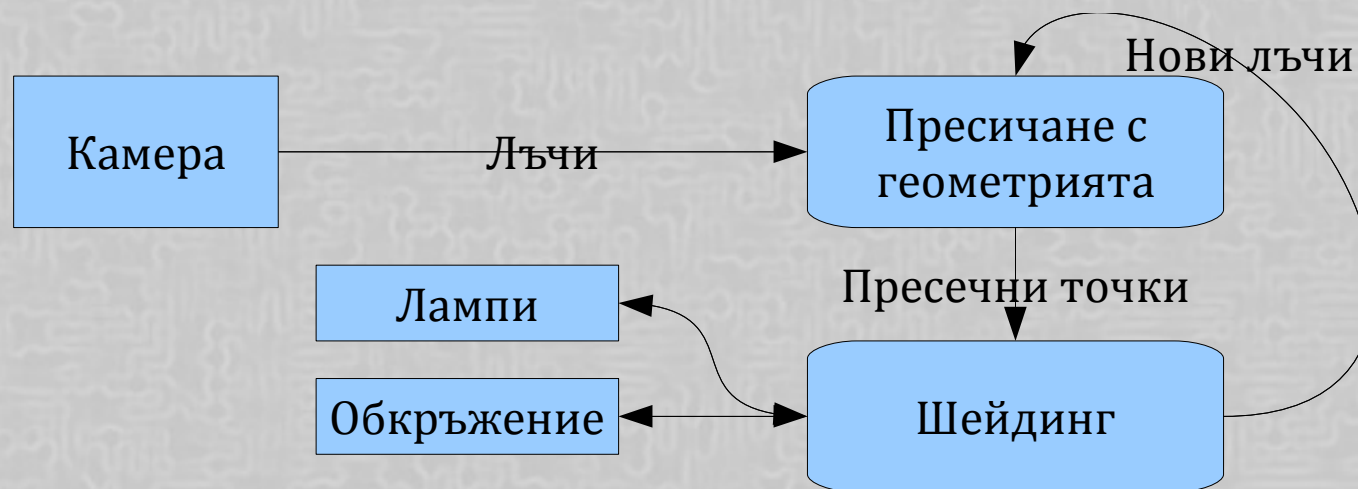
- Солиден цвят
 - При черен цвят, все едно нямаме обкръжение
- Градиент
- Environment map – използват се текстури
 - Spherical map – използва се една текстура, облепена сферично
 - Cube map – обкръжението е с формата на куб, ползват се 6 текстури за всяка стена на куба
- Sun/Sky environment – симулира свойствата на небето

Влияние на обкръжението

- Обкръжението обикновено влияе на изчислението на осветлението
 - Например, сцена със сиво обкръжение ще е по-ярка от такава с черно
- При Image-based lighting, цялата светлина идва от обкръжението – нямаме лампи

Базова инфраструктура на рейтрейсъра

- Камерата генерира първоначалните лъчи за определяне на цветовете на пикселите в картината
- Шейдърите могат да поискат да трасират нови лъчи (например, за изчисляване на сенки или отражения)



Показване на графика на екрана

- За целите на нашия курс, ще ползваме библиотеката **SDL** (Simple Directmedia Layer)
- Компактна C библиотека с широка поддръжка
 - Windows, Linux, Mac OS X, FreeBSD
- Не изисква специална инсталация, достатъчно е просто да влачим един DLL с програмата ни
- Повечето неща стават лесно, без да четем тонове документация
- <http://libsdl.org>

A 3D rendered scene featuring a wireframe sphere on the left, a teapot in the center, and a teacup on the right. The scene is set against a grid background. The text 'SDL' is overlaid in the center of the image.

SDL

- Демонстрация – проста програма, показваща графика чрез SDL
- Посетете сайта за инструкции как да си свалите сорс-кода от SVN базата