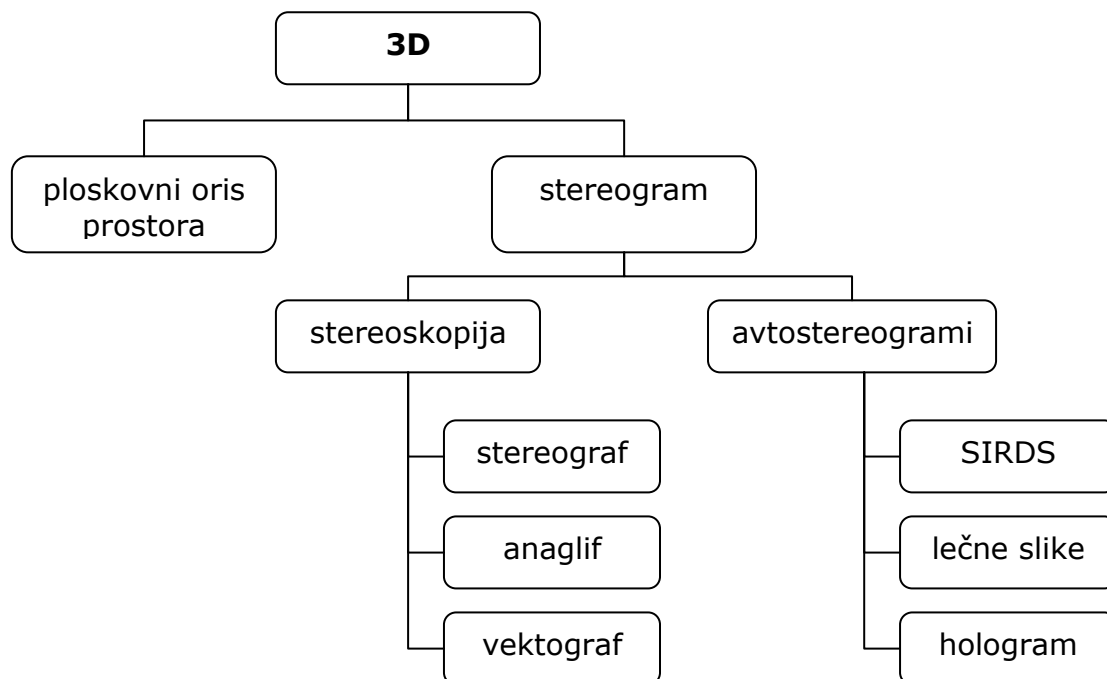


# OSNOVE 3D MODELIRANJA

1. predavanje (16. 2. 2009)



## 1. ploskovni oris prostora

- osnova 3D-programov
- ploskovni nosilec (papir, zaslon...)
- zgodovina:

1960 William Fetter

1963 Ivan Southerland (dal osnove za GUI)

1974 HSR

= hidden surface removal - združuje algoritme, s katerimi odstranjujemo tisto, kar ni vidno. Med HSR spadajo: klasičen z-buffer, tile based rendering, BSP drevesa, portali, okta drevesa,... Vse te metode skrbijo za odstranjevanje odvečne navlage na ekranu.

Henri Gouraud

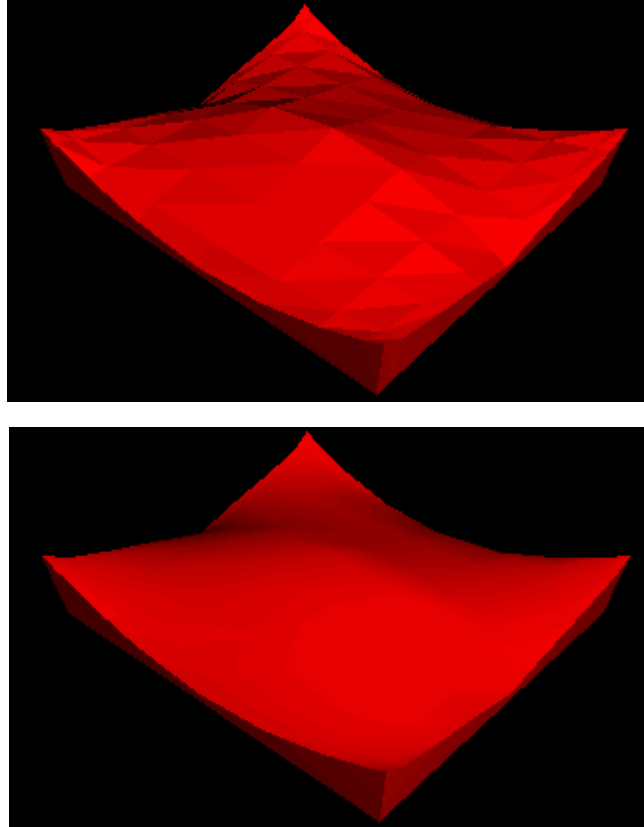
- 1971 objavil *Gouraud senčenje* ( Slika 1)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Gouraud\\_shading](http://en.wikipedia.org/wiki/Gouraud_shading)
- <http://www.nbb.cornell.edu/neurobio/land/OldStudentProjects/cs490-95to96/guo/report.html>

Bui Tuong Phong

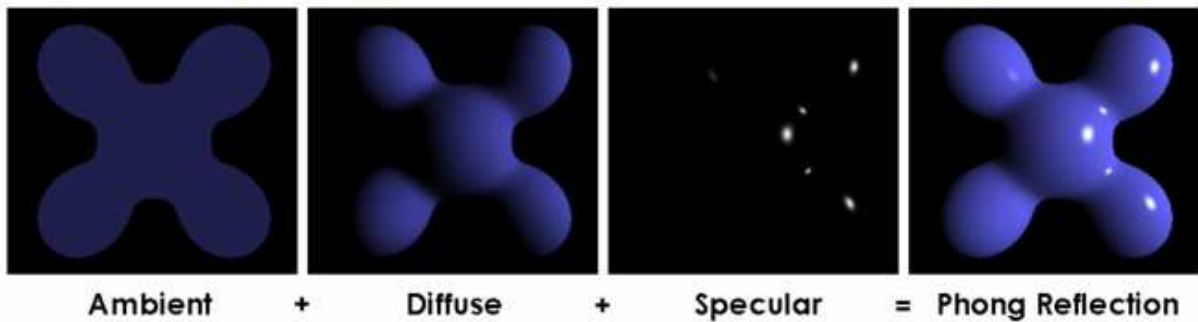
- 1973 objavil metodo *Phong senčenje* (Slika 2)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Phong\\_shading](http://en.wikipedia.org/wiki/Phong_shading)

1975 Benoît B. Mandelbrot

- oče fraktalne geometrije
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Benoit\\_Mandelbrot#Fractals\\_and\\_regular\\_roughness](http://en.wikipedia.org/wiki/Benoit_Mandelbrot#Fractals_and_regular_roughness)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Fractal>



Slika 1: Levo - senčenje z različno svetlostjo ploskovnih poligonov;  
 desno - Gouraud senčenje  
 ([http://freespace.virgin.net/hugo.elias/graphics/x\\_polygo.htm](http://freespace.virgin.net/hugo.elias/graphics/x_polygo.htm))



Slika 2: Vizualna ilustracija Phong senčenja  
 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Phong\\_shading](http://en.wikipedia.org/wiki/Phong_shading))

## 2. stereogram

### A. stereoskopija

- potrebujemo naprave, tehniko, da ustvarimo iluzijo prostora

#### A.1 stereograf (stereoscop)

#### A.2 anaglif

#### A.3 vektograf



Slika 3: stereograf View-Master

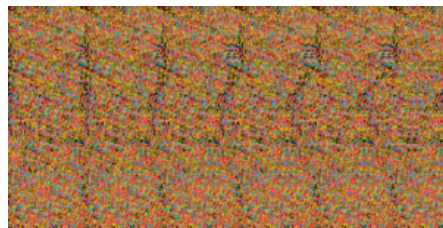
### B. avtostereogram

#### B.1 SIRDS

= Single Image Random Dot Stereogram

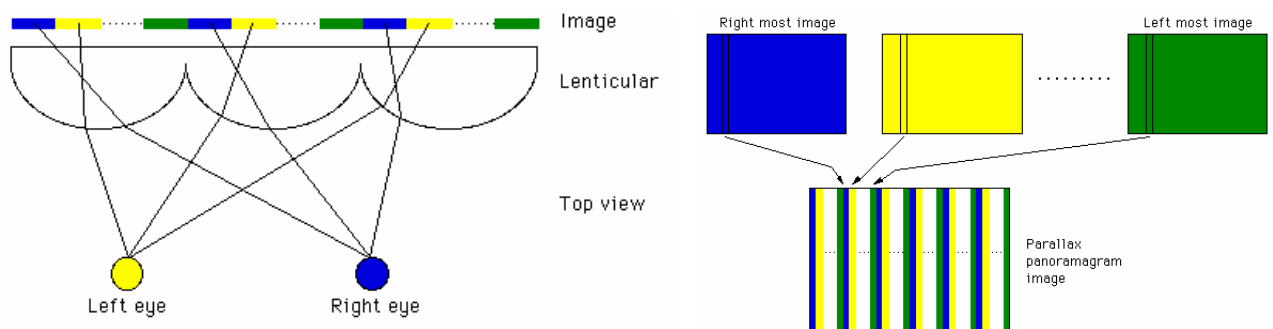
#### B.2 lečne slike (<http://www.cgl.ucsf.edu/chimera/docs/UsersGuide/lenticular.html>)

#### B.3 hologram



Slika 4: Avtostereogram

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Autostereogram>)



Slika 5: lečne slike

### **3D programi**

- Maya
- 3D studio Max
- Soft Image
- Cinema 4D
- LightWave 3D
- Blender
- Houdini - Side Effects
- Curious Labs Poser (za animacijo, postavitev objektov)
- Bryce 3D (generator pokrajine)
- Terragen
- Z-Brush
- [www.e-onsoftware.com](http://www.e-onsoftware.com)

## OSNOVNA GEOMETRIJA

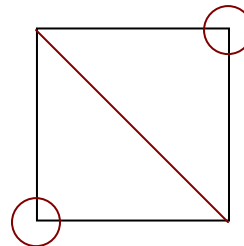
### 4 vrste koordinatnih sistemov:

- 1) kartezični
  - 2) sferni
  - 3) cilindrični
  - 4) polarni
- } (2 in 3 pomembna pri teksturiranju)  
(pomemben pri rotacijah)

### 1) Kartezični koordinatni sistem

Koordinati **x** in **y** določata ravnino, z koordinato **z** pa določimo globino.  
Osnovni elementi:

- **točka**
  - **daljica**
  - **premica**
  - **vektor**
  - **ravnina:**
    - določimo jo s 3 točkami ali premico + točko
    - poligon = ravnina, večkoten ploskovni element
    - s poljubnim rotiranjem poligonov dobimo/oblikujemo telo (= 3D modeliranje)
- } vsaj 2 točki  
v animaciji za smer pomika, rotacije
- poligon s 3 stranicami = triset
  - poligon s 4 stranicami = quadriset
  - 1 quadriset je iz 2 trisetov
- Če sta točki in vmesna diagonala na isti ravnini, lahko diagonalo izločimo



**Verteks** ni točka, točka je lahko verteks: točke povezane v lik so verteks (ed. *vertex*, mn. *vertices*):

[http://en.wikipedia.org/wiki/Vertex\\_\(geometry\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Vertex_(geometry))

Verteks je točka, ki opisuje vogal (stičišče) ali presečišče geometrijskih oblik.

V računalniški grafiki: vertices so točke, ki določajo vogale površin (običajno trikotnikov) v 3D-modelih, kjer je vsaka od teh točk podana kot vektor. Vertices imajo 3 prostorske koordinate in druge grafične informacije (barvo, refleksijo, teksturo, normale površin) – te info rabimo pri renderingu.

### 4) Polarni koordinatni sistem

- pomemben pri rotacijah
- za rotacijo je potrebno definirati smer in kot:
  - CW = negativna rotacija, v smeri urinega kazalca
  - CCW = pozitivna rotacija

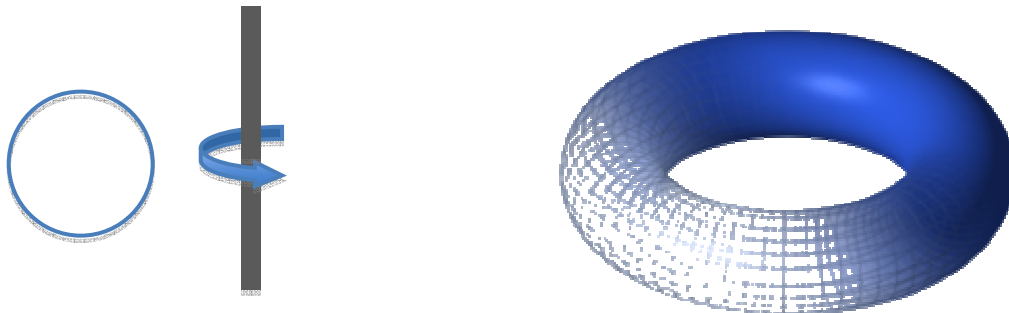
### Trigonometrične funkcije

- sin, cos, tg
- definiramo šume, motnje

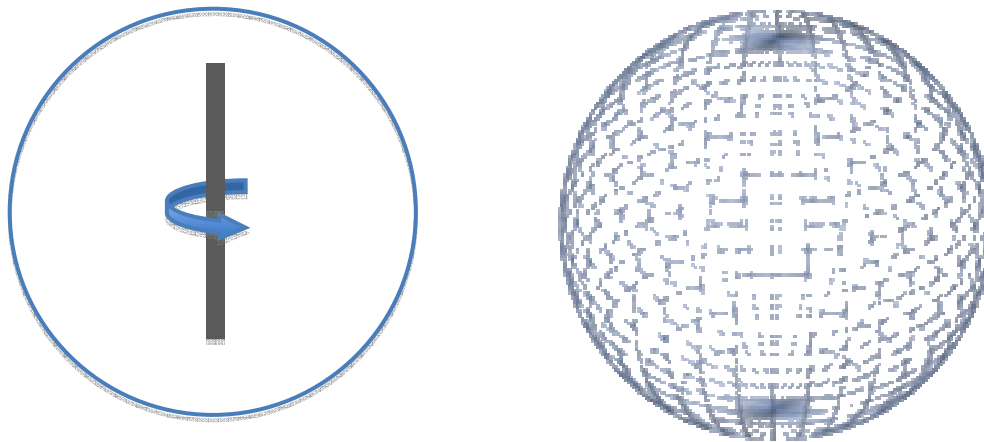
## Primitivni objekti

- objekti, s katerimi zna program operirati
- s temi objekti sestavimo kompleksnejše objekte, kompozitna telesa
- primitivni objekti so:
  - ploskovna telesa
  - platonska telesa = pravilna telesa, vse stranice so enake: tetraeder, heksaeder (kocka), oktaeder, dodekaeder, ikozaeder
  - piramida
  - krogla, elipsoid, torus (donut, obroč, šlauf)
  - stožec, prisekani stožec, valj

1. torus: z rotacijo kroga okrog vertikale dobimo torus

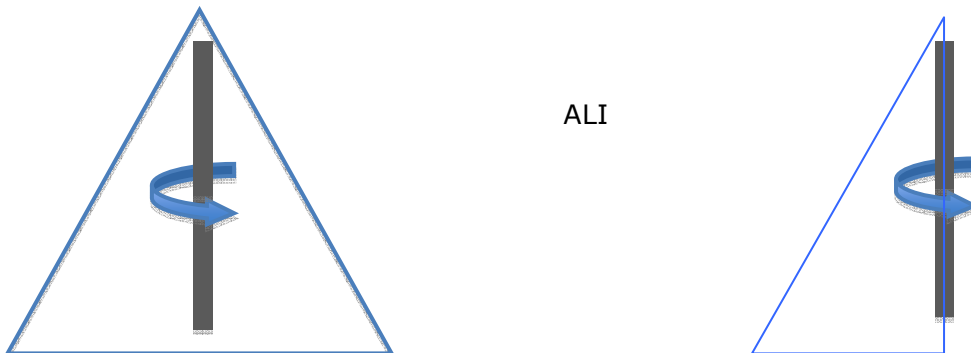


2. krogla: z rotacijo kroga okrog središčne osi dobimo krog

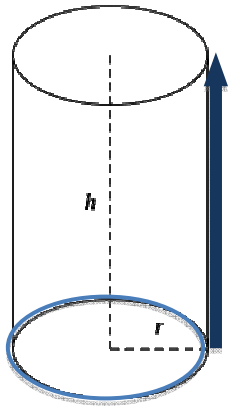


3. elipsoid: dobimo ga z rotacijo elipse okrog njene središčne osi (vertikalne ali horizontalne osi)

4. stožec dobimo z rotacijo trikotnika okrog središčne osi



5. valj dobimo z ekstrudiranjem kroga po vertikali h



Valovanje

- sinusoidni extrude npr. pri renderiranju vode, zavese

## BARVNI MODELI V RAČUNALNIŠKI GRAFIKI

- realno predstaviti barve
- volumsko predstaviti barve, objekt v prostoru
- približati se člov. zaznavanju barve
- kako predstaviti odsev: interakcija svetloba-objekt
- neujemanje barvnih prostorov
- dimenzije barvnih modelov

Pri 3D modeliranju se v splošnem uporablja RGB barvni prostor. Z aplikacijo 3D modeliranja v arhitekturo, tekstilstvo pa pride do uporabe drugih barvnih prostorov.

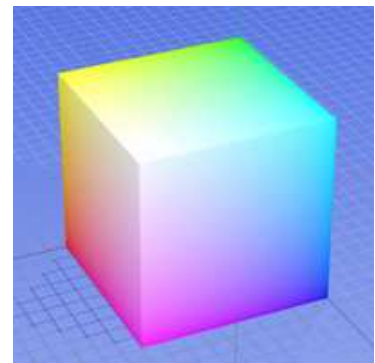
- modeli = aproksimacija člov. zaznavanja

### RGB

- 3D-model je kocka
  - osnova je črna
  - aditivno barvno mešanje
  - $c = RR + GG + BB$
- c (posamezna barva)  
R (koliko posamezne barvne komponente)  
R (vektor)

Problem:

- različni monitorji -> različni barvni prostori (obsegi)
- neidealni svetlobni vir v monitorju
- v temnih tonih ne zaznavamo razlik enako dobro kot pri svetlih tonih
- prostor ni linearen (neenotnost razlik med barvami)
- težko je spremeniti nianso barve s spreminjanjem RGB vrednosti



Slike: po kanalih spreminjamo

- RGB
- alpha (transparenca)

Histogram = številčna razporeditev sivin

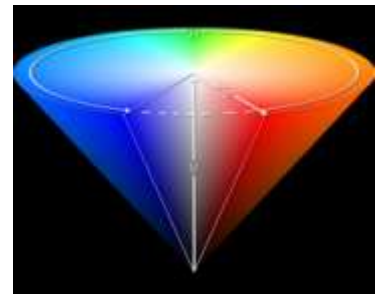
## HSL

- **H**ue **S**aturation **L**ightness
  - pri nič je modra
  - lažje dosežemo željeno nianso barve s spreminjanjem vrednosti HSL, ker si lažje predstavljamo spremembe posameznih dimenzij vnaprej
  - + prijaznejši do uporabnika
- Problemi:
- nelinearna transformacija: RGB  $\rightarrow$  HSL, ki je tudi nelinearen
  - tone, ki imajo v prostoru isto svetlost, dojemamo kot različno svetle



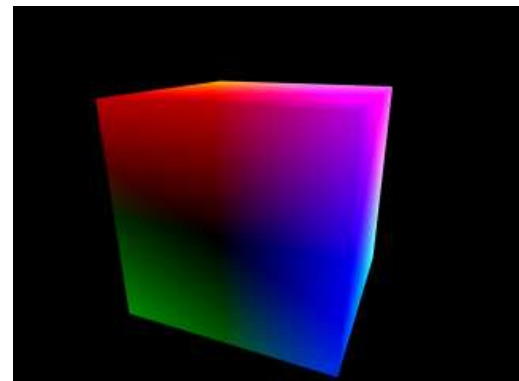
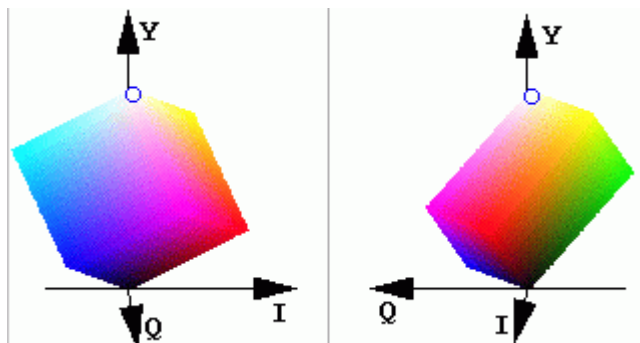
## HSV

- **H**ue **S**aturation **V**alue
- pri nič je rdeča
- nelinearna transformacija RGB prostora
- value = svetlost
- podajanje vrednosti:
  - > H kot
  - > S } 0-1 ali 0-255
  - > V }



## YUV

- **Y** = svetlost
  - U, V = vključujeta barvne informacije
  - linearna transformacija RGB prostora
  - pri nič je črna
- YIQ = ameriška različica  
YUV = evropska različica



Color conversion:

<http://web.forret.com/tools/color.asp>



## Percepcijski barvni modeli

### Kontrasti

- dojemamo, da je tople barve več
- količinski kontrast...

SPD = spectral power distribution

Svetlobni vir predstavimo z vrednostmi SPD ali XYZ.

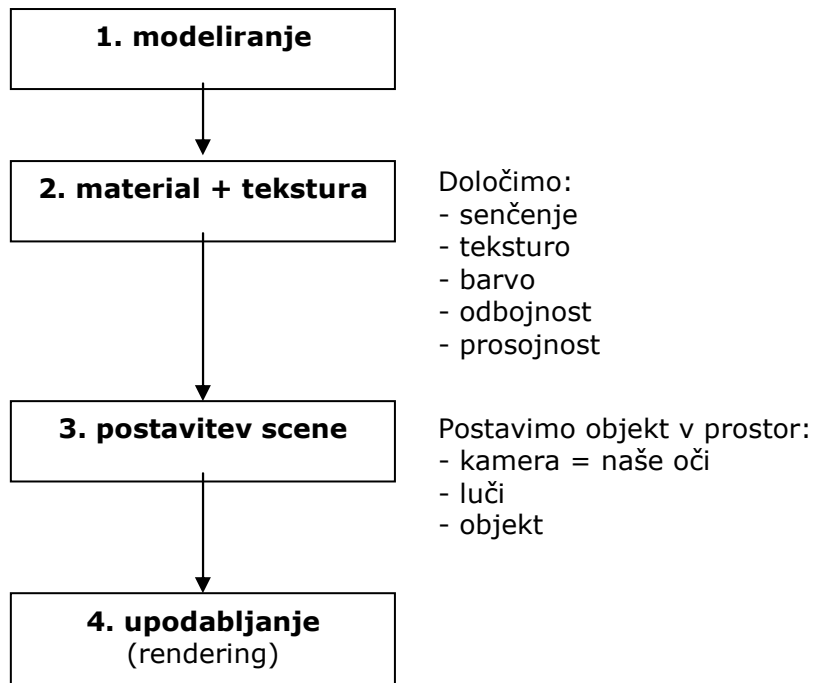
Risanke: RGB

Arhitektura, avtomobili: XYZ

Blender, Maya: RGB, HSV

## OD IZDELAVE MODELA DO UPODABLJANJA

Potek:



- Po fazah se lahko poljubno vračamo nazaj.
- Trajanje upodobitve je odvisno od:
  - velikosti slike: za 2x večjo sliko porabimo 4x več časa za upodabljanje
  - kvalitete slike (ali je približek ali detajlna slika)

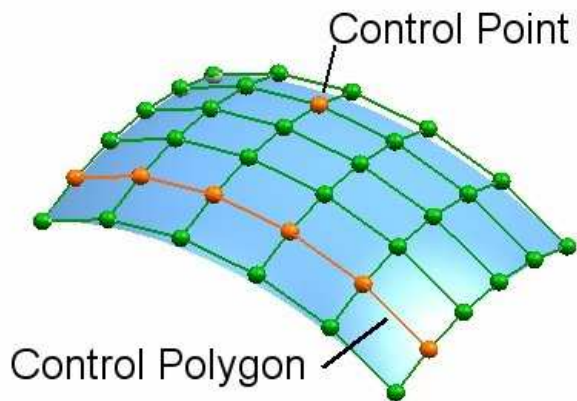
Resolucije:

- TV: PAL, NTSC, HDTV
- računalnik: VGA, SVGA, XVGA...
- tisk: DPI

**a. poligoni**

**b. NURBS**

- "Non Uniform Rational Basis Spline" = neuniformna racionalna osnovna krivulja (npr. Bezierova krivulja)
- krivulje, izražene s formulo
- kontrolne točke = točke vektorjev, ki določajo potek krivulje
- za opisovanje organskih/mehkih form (npr. človek)
- porabimo manj prostora na spom. mediju
- hitrejši izračun



**c. DEM**

- za izdelovanje pokrajine, DMR

**d. Metaballs**

- osnovni gradnik je kroglja
- operiramo s tem osnovnim elementom, gradimo kompleksnejše
- opisujemo tekočine
- namesto krogle lahko drug element
- uporaba: združiš krogle v linijo, ki predstavlja tekočino - curek

**Osnovni operatorji na objektu**

- sprememba velikosti
- rotacija
- premik

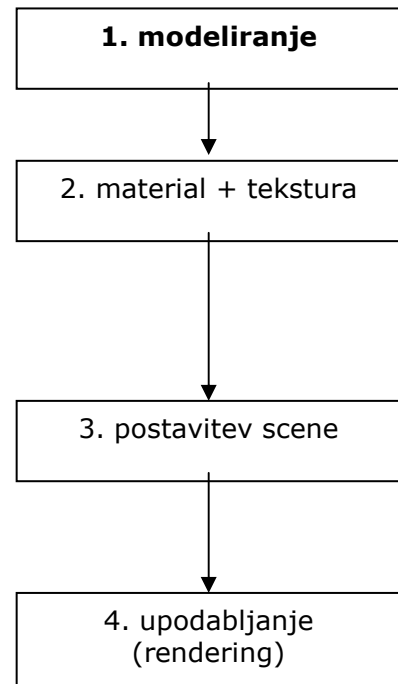
**Boolove operacije (boolean)**

- IN (= presek dveh množic)
- ALI (= kar ni v preseku dveh množic)
- NE (= kar je v eni in hkrati ni v drugi množici)

**Množenje ploskih objektov**

- rotacija okrog osi (stružnica...)
- izrivanje (= extrude)

Weld = združevanje točk



## 4. predavanje

### MATERIALI IN TEKSTURE

Z višanjem iteracije fraktala površina limitira proti nič, obseg proti neskončno.

Fraktal – besedo si izmislil Mandelbrot, pomeni delec

Fraktala:

Cantorjev nabor

Fraktal plusov

Kochova snežinka

Sierpinskijev fraktal

Mandelbrotov fraktal

Juliaev fraktal (po franc. Fiziku Gaston Julia)

Lyapunov fraktal

Se povezujejo s teorijo kaosa – majhna sprememba povzroči velik vpliv na končni rezultat.

S fraktali lahko naredimo naključnostno enačbo (šumi, motnje)

Plazma: če uporabiš plazmo kot podatek za DEM, preprosto dobiš teksturo, ni treba modelirati pokrajine.

Fraktali v naravi: polžja hišica, žile lista, drevo...

Opisovanje narave s fraktali: fraktal plazme pretvorimo v DEM

Primer: delamo Y v neskončno

Generator fraktalov: dela Y

Temu dodamo še en generator, ki ga imenujemo npr. »motnja« in ta pravi, da se bo en parameter spreminjal naključno (npr. kot med vejicama).

[www.planetside.co.uk](http://www.planetside.co.uk)

### MATERIALI

**1. SENČENJE** = proces alteracije barve objekta bazirajoč se na kotu in oddaljenosti luči od le-tega.

- Flat senčenje -> Gouraud senčenje -> Phong senčenje
- Gouraud: barve sosednjih poligonov, ki so različno senčeni, zlije v tekoč/mehek prehod – ni ostrih prehodov.
- Phong: na enem poligonu so normale vzporedne -> nariše krivuljo, ki gre skozi vogale poligonov (fiktivno) in dobimo normale, ki niso več vzporedne, s tem pa bolj realno, lepše senčenje.
- Blinn – nadgradnja Phongovega algoritma -> hitrejši preračun

### 2. BARVA

Barva in material definirata, kako se bo objekt odzival v okolici.

### 3. SPEKULARNOST in DIFUZNOST

- Sta obratno sorazmerni
- Difuznost - luč, ki pade na objekt se razpršeno odbije od objekta
- Spekularnost - luč, ki pade na objekt, se usmerjeno odbija od objekta
- 100% difuznost => 0% spekularnost in obratno
- Kovinski: odboj = barvi materiala
- Bleščeč nekovinski: odboj = barvi svetlobe

### 4. ODSEVNOST

Zmožnost materiala, da odbija okolico

## 5. PROZORNOST in LOMNI KOLIČNIK

- Lomni količnik – ang. refraction index
- Fresnelova enačba – žarek, ki pade na objekt, se razdeli na žarek, ki se odbije od objekta, in žarek, ki ga objekt odbija.
- Lomni količnik redkejše snovi je nižji od l. količnika gostejše snovi.

## 6. RELIEFNOST (bump)

- Temno – vbočeno, nižje
- Svetlo – izbočeno, višje
- To upoštevamo npr. pri generiranju pokrajine.
- Normal Map: mapa, ki se ukvarja z reliefnostjo in deformacijo materiala.

## TEKSTURE

Dodana info o raznih lastnostih materiala. ???

Mapiranje:

- ploskovno
- krogelno
- cilindrično
- kubično
- UV

Projeciramo npr. sliko vzorca na ploskev.

### 1. Ploskovno mapiranje

Projekcija po osi y: problem na objektih kot je kocka ipd. Bolje je na 2D objektih.

Parametri za določanje mapiranja:

- Smer: xyz
- Velikost: npr. velikost=objektu, lahko pa se manjši vzorec ponavlja v x in y smeri
- Nagib: kot nagiba

### 2. Krogelno mapiranje

Iz središča objekta žarkovno projeciramo vzorec.

### 3. Cilindrično mapiranje

### 4. Kubično mapiranje

- Podobno ploskovnemu (po eni osi)
- Pri kubičnem mapiramo v vse tri osi naenkrat.

### 5. UV mapiranje

- Neodvisno od oblike.
- 3D objekt (Telo x, y, z) pretvorimo v 2D objekt z dimenzijama U in V: dobiš iz telesa plašč telesa. Uporabimo eno teksturo, ki jo potem različno usmerimo oz. projeciramo v različnih smereh.
- Z modifikacijo vertexa se modificira tudi tekstura.

Tekstura = info o barvi, transparentci, reliefnosti

VGA resolucija: 640 x 480 = 307 KB

## Omenjene teksture so bitne slike.

Slaba lastnost teh: problem pri zoomiranju, ker se počasi posodablja

### **Proceduralne teksture**

Nimamo prej zajete slike kot teksturo, ampak uporabimo enačbo, za ustvarjanje teksture.

Primer:

- Naj bo po osi x vsak četrti piksel bel
- Po y osi delaj isto

Slabost: izračunavanje teksture v realnem času + 3d modeliranje v realnem času => počasno delovanje

## SVETLOBA IN LUČI V 3D-PROSTORU

### SVETLOBA IN MATERIJA (slide 4-21)

slide 5

#### Elektromagnetno valovanje

slide 6

#### Svetloba = delci in valovanje

energija fotona:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$$

E = energija

h = Planckova konstanta:  $h = 6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,13567 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$

v = frekvenca fotona

c = hitrost

$\lambda$  = valovna dolžina

p = gibalna količina

slide 7

#### Interakcija svetlobe z materijo

slide 8

Izotropično (steklo, voda): lomni količnik ni odvisen od kota opazovanja

Anizotropično: izgled odvisen od kota opazovanja

**Refleksija** = selektivni odboj svetlobe od površine

slide 9

**Lom** svetlobe = uklon zaradi drugačne frekvence valovanja svetlobe v tem drugem mediju

$$n_1 \sin \Phi_1 = n_2 \sin \Phi_2$$

slide 10

**Transmisija** = prehod svetlobe skozi snov:

- skozi steklo – gre za zrcalno transmisijo, ker izhaja svetloba pod enakim kotom kot vstopa

slide 11

**Difrakcija** = upogib, uklon svetlobe ob robovih ali majhnih odprtinah:

- spremeni se orientacija in intenzivnost svetlobe

slide 12

**Interferenca** je sestavljanje iz dveh ali več koherentnih valovanj, pri čemer nastane nov valovni vzorec.

Seštevanje ali odštevanje valov.

slide 13

**Sipanje** = pojav, pri katerem se svetloba, ki vpada na snov, razsuje na vse strani  
Sončeva svetloba se na poti skozi atmosfero siplje na molekulah plinov in na majhnih delcih trdne ali tekoče narave. Prevladuje Rayleighovo sipanje, ki je mnogo bolj izrazito za kratkovalovni del vidnega spektra. Modrina neba sicer vsebuje vse barve spektra,

vendar je delež predvsem vijolične in modre svetlobe prevladujoč. <http://www.gore-ljudje.net/novosti/36471/>

*slide 14*

**Difuzija** = razpršen odboj od površine

*slide 15*

**Absorbicija**

*slide 16*

**Polarizacija** = selektivna transmisija  
Polarizirana svetloba niha samo v eni smeri.

*slide 17*

**Disperzija** = pojav, ko se svetloba razdeli na posamezne valovne dolžine

*slide 18*

**Obratni kvadratni zakon sevanja svetlobe** = z oddaljevanjem od svetlobnega vira se sevanje svetlobe proporcionalno obratno zmanjšuje s kvadratom razdalje.

*slide 19*

**Weinov zakon** = hladnih objektov ne vidimo v temi, ker sevajo svetlobo višjih valovnih dolžin.

Po Wienovem zakonu je za toplejše telo valovna dolžina, pri kateri bo oddalo večino svojega sevanja, manjša.

Wienov zakon

Črno telo je telo, ki absorbira vso svetlobo, ki pade nanj. Segreto črno telo seva svetlobo vseh valovnih dolžin; z naraščajočo temperaturo so v spektru vse bolj zastopane manjše valovne dolžine. Wienov zakon podaja zvezo med temperaturo črnega telesa  $T$  in valovno dolžino svetlobe, ki je v spektru najbolj zastopana  $\lambda$ .  
(<http://209.85.129.132/search?q=cache:MIBUxzjpsDoJ:www.dmfa-zaloznistvo.si/sigma/1556-vademekum.pdf+Weinov+zakon&cd=2&hl=sl&ct=clnk&gl=si&client=firefox-a>)

*slide 20*

**Senca in polsenca**

**senca** = po intenzivnosti najtemnejša in najostrejša senca, izza objekta

**polsenca** = je manjše intenzivnosti in manj ostra, okrog objekta

*slide 21*

**Kompleks svetlobnih objektov**

## **LUČI V 3D-PROSTORU** (slide 22-50)

*slide 23*

### **Karakteristike luči**

Prostorsko pojemanje =

- kvadratno
- linearno

Mapiranje: program izračuna najprej sence, potem še ostale objekte (ne uporabimo v naravi).

Ekskluzivnost luči glede na objekt = določimo, da svetlobni vir osvetljuje le ena od objektov.

*slide 24*

### **Luči po izvoru**

*slide 25*

### **Ambientalna svetloba**

*slide 26*

### **Usmerjena luč:**

- v programu definiramo le vektor
- enakomerna osvetljenost
- oddaljena luč
- npr. za sceno na soncu
- senca je vzporedna, ker je vir svetlobe oddaljen

*slide 27*

### **Točkovni izvor svetlobe**

- pomembno je, kam ga postavimo
- senca je ostra, ni vzporedna, ker je izvor svetlobe bližje

*slide 28*

### **Reflektor**

- = spotlight
- usmerjenost
- širina žarka
- velikost plosence reflektorja

*slide 29*

### **Linijska luč**

- npr. neonka
- plosenca se linearno konča, zaključí se ostro

*slide 30*

### **Površinska luč**

- plosenca pojenja, ne zaključí se ostro
- najpogosteje uporabljena
- če zmanjšujemo ploskev svetlobnega vira, se senca zaključí bolj ostro

*slide 31*

*slide 32*

*slide 33*

### **Mapirana senca**

- resolucija



- ostrina
- na sliki vidimo pri korenu polsenca, kjer pa je ne bi smelo biti

*slide 34*

### **Volumetrična svetloba**

Volumetričnost = simulacija gostote atmosfere (prah, delci,...npr. laser vidimo, če je v prostoru dim, sicer vidimo le piko na steni)

*slide 35*

### **Odsev svetlobe v leči**

*slide 36*

### **Dvojni reflektor**

- na sliki: desna senca je manj intenzivna od leve

*slide 37*

### **Negativna svetloba**

- ni v naravi
- luč, ki odžira svetlobo
- na sliki: na levi je reflektor, na desni pa vir negativne svetlobe, ki sceno temni
- uporabimo, ko osvetljujemo sceno, na kateri je en objekt preveč vpadljiv

*slide 38*

### **Odboj luči od objektov = radiosity**

- odbiti žarek izkoristimo kot vir svetlobe

*slide 39*

### **Primeri osvetljevanja prostora** slide 40-50

na sceni je 8 (9) svetlobnih virov:

- zgoraj ploskovni izvor svetlobe
- 2 reflektorja
- linijska luč med reflektorjema
- točkast izvor svetlobe pod mizico, ker je sicer pod njo pretemna senca
- 2 ekskluzivni linijski luči (leva osvetljuje le levi stol, desna le desnega)
- po ena negativna luč nad vsakim stolom, ker sta presvetla

Simulacija radiosity

- uporabimo jo, da privarčujemo s časom izračunavanja
- kjer naj bi prišlo do odboja svetlobe od objekta, postavimo še en vir svetlobe, namesto da uporabimo radiosity

## 6. predavanje

### KAMERA IN UPODABLJANJE

#### Delovanje fotoaparata in kamere

Človeško oko zazna 25 sličic/sekundo (25 fps)

Če je 25 fps in

$180^\circ$  zaklop ( $180^\circ = 360^\circ * 1/2$ )

izračunamo čas odprtosti:

$$1/(2*25) \text{ s} = 1/50 \text{ sekunde}$$

- Histrost zaklopa v videoprodukciji je 1/48 s.
- Odprtina zaslonke = goriščna razdalja/premer odprtine
- f-stop: z večanjem f-stop zmanjšujemo odprtino zaslonke
- globinska ostrina = od kje do kje vidi kamera ostro
- manjša je številka v imenovalcu pod f (f/1.2), manj objektov oz. manjše je območje, ki ga vidimo ostro

FPS = frames per second

PAL = phase alternating line (v EU)

SECAM = Sequential Color with Memory

NTSC = National Television System Committee

<http://www.high-techproductions.com/pal,ntsc.htm>

#### **P A L N T S C S E C A M**

***Each one is incompatible with the other.***

For example, a recording made in the France could not be played on an American VCR or DVD player.

If you or your clients view video tapes or DVD's that are from outside of the United States, or send videos abroad, you must first **convert** the tape or disc to or from the foreign television standard.

The system used in America & Canada is called "**NTSC**". Western Europe and Australia use a system called "**PAL**", and Eastern Europe and France use "**SECAM**". Without standards conversion, it is impossible to view a video program that is recorded in a foreign country without first converting it..

#### Meglenje premika / motion blur

- v eni sliki prikažemo gibanje
- uporablja se npr. 50-70% motion blur

#### Video Fields

slika se razdeli na parne in neparne vrstice -> dobimo 2 sliki -> 2x več slik na sekundo =

PAL = 50 (2\*25) FPS

<http://www.3drender.com/glossary/fields.htm>

**Field** - one half of a video frame, consisting of either all of the odd-numbered scanlines or all of the even-numbered scanlines in the frame.

**Interlaced Video** - Video systems in which each frame consists of two video fields. Regular TV sets use interlaced video.



[delaj v progressive načinu]

- video kamera 2 sliki v 1/25 s (50 fps)
- filmska kamera 1 slika v 1/25 s

### Postavitev scene, 3d kamera

- ločljivost: v pikslih, koliko v vertikali, koliko v horizontali
- objektiv: določiš goriščno razdaljo
- razmerje točk: kvadratna, pravokotna kamera

Bolj širokokoten je objektiv, bližje gremo lahko s kamero, več zajamemo v širino. Ortografska kamera ima neskončno gorišnico, ne vidiš 3d, npr. stranski pogled, pogled od spredaj...

A4 v 300 dpi  
inch = 2,54 cm  
 $(29,7/2,54)*300 = 3500$

Sferični premik: bolj realno, a bolj zahtevno  
uporaba globinskega kanala

### Upodabljanje

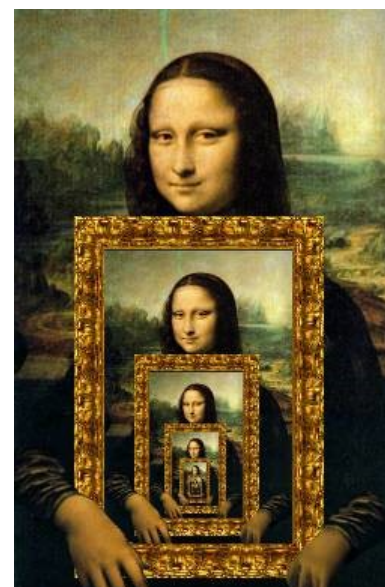
- ray tracing = sledenje žarku
- globina rekurzije = dve ogledali nasproti, vmes sveča -> plamen se ponavlja v neskončnost
- antialiasing

### Shranjevanje

save:

- x
- animacija
- slika:
  - special IFF
  - zgubna: JPG, PNG, GIF
  - brez izgub: TIF, BMP, TGA

Z-buffer = info o globini  
barva  
alpha



Slika: rekurzija

### **Dodatni učinki**

- radiosity
- kavstika: projekcija žarka, ko pride skozi nepravilen objekt, npr. dragulj
- megla: narejena na podlagi info o globini: 2 nastavitvi:
  - r1 – oddaljenost od kamere
  - r2 – do kje seže megla, bolj oddaljeni objekti niso več vidni
  - nastavimo še način potovanja megle: linearno, po krivulji

### **Okolica**

Navidezna okolica: na površini sijočega objekta vidiš odsev navidezne okolice

Postprocesiranje:

- interno (v prostoru, notri)
  - anaglyph
  - boom/corona žarenje predmeta na točki...?
  - sketch
  - soften reflection: uporabi kanal z info o odbojnosti -> zamegli le odbojnost
- eksterno (zunaj)
  - uporabi alpha in z-buffer

7. predavanje

**ANIMACIJA**

(odsotna)