

„Žemėlapiai“

T120B167 Žaidimų grafinių specialiųjų efektų kūrimas ir
programavimas

Rytis Maskeliūnas
Skype: rytmask
Rytis.maskeliunas@ktu.lt

© R. Maskeliūnas >2013
© A. Noreika <2013

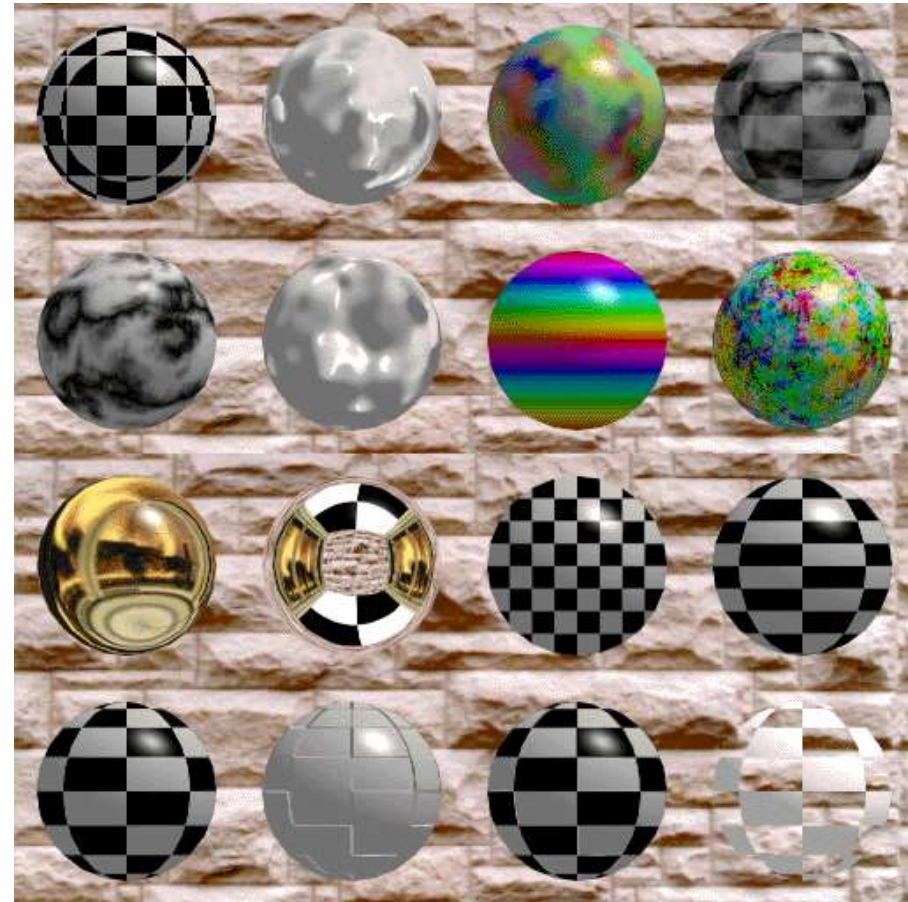
Introduction... ;)



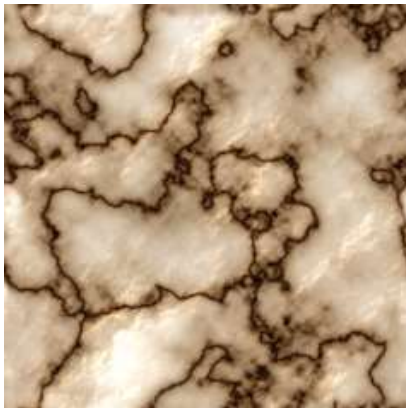
MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



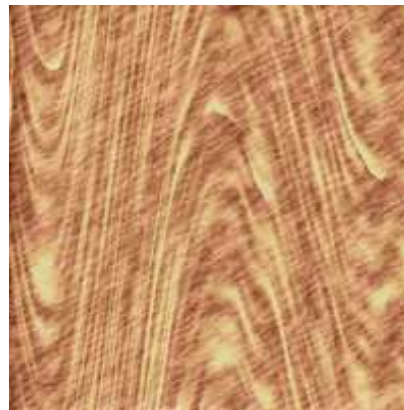
- Žemėlapiai įtakoja įvairias kintamas vertes grafikos renderiavimo procese:
 - Spalviškumas
 - Tekstūrų žemėlapiai
 - Šviesų žemėlapiai
 - Persišvietimas
 - Alpha žemėlapiai
 - Spindesiai
 - Aplinkos (Environment) žemėlapiai
 - Blizgumo (Gloss) žemėlapiai
 - Paviršiaus normalės
 - Normalių žemėlapiai
 - Iškilumų (Bump) žemėlapiai
 - Verteksų pozicijos
 - Poslinkio (Displacement) žemėlapiai



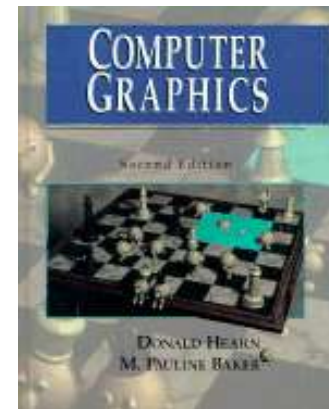
- Reikia priskirti (pažymėti kurioje vietoje nupiešti) tekstūrą nurodytam paviršiui ar jo daliai;
- Paprastas paviršius tampa išvaizdus ir tikroviškas (tekstūruotas);
- Dauguma objektų turi tekstūras;



marble



wood



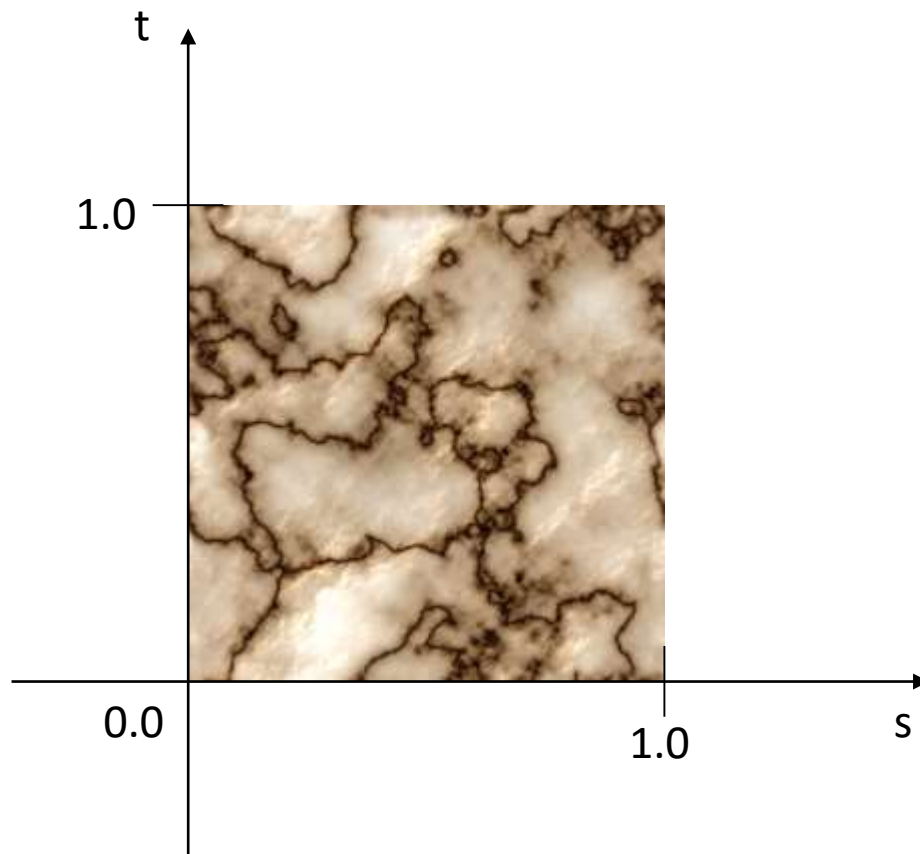
book cover

2D tekstūrų koordinatės



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

- 2D erdvėje tekstūrų koordinatės yra nurodomos s, t (OpenGL) arba u, v (DX) koordinačių sistemose.
- Intervalas nuo 0.0 iki 1.0



uv koordinatės prasideda nuo **viršutinio kairio kampo** (v ašis žiūri žemyn);
 st koordinatės prasideda nuo **apatinio kairio kampo** (t ašis žiūri aukštyn).

$$s = u;$$
$$t = 1 - v;$$

2D tekstūra yra aprašoma 2D RGB masyvu.

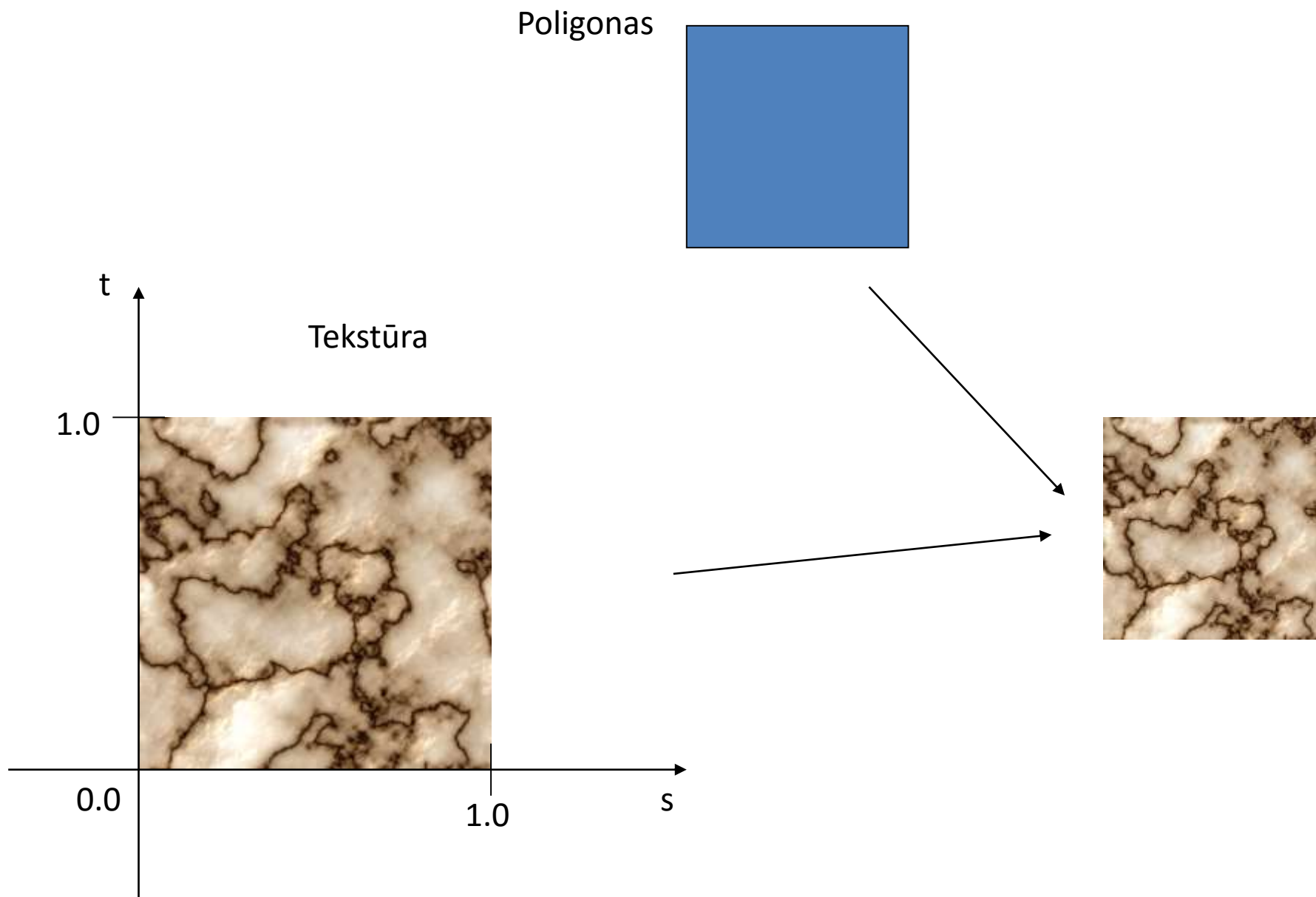
Kiekvienas tekstūros elementas vadinamas tekseliu (angl., texel).

Jei tekstūra turi 256x256 RGB verčių, tuomet ji turi 256x256 tekselių, o kiekvienas jų yra RGB tripletas.

Tekstūros priskyrimas poligonui



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

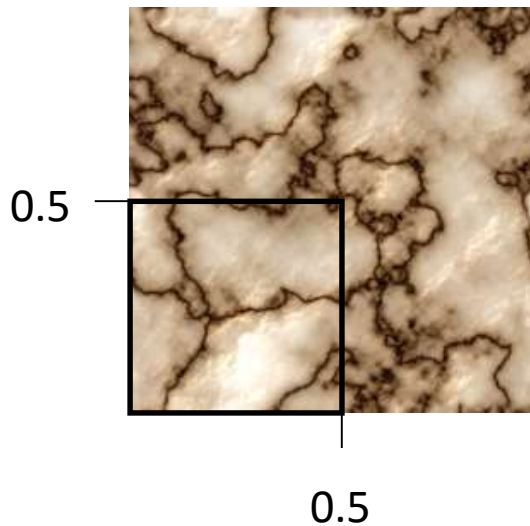


Tekstūrų priskyrimo pvz.



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

Tekstūros gabaliukas (0.0 to 0.5)
priskirtas kvadratiniam poligonui , o
pats poligonas pasuktas



Visa tekstūra (0.0 to 1.0) priskirta
kvadratiniam poligonui, o pats
poligonas pasuktas



- Sudėtingiausios žemėlapių sudarymo schemas yra paremtos daugiakarčiu tekstūravimu (angl., multitexturing);
- Daugiakartis tekstūravimas leidžia GPU vienu metu „užpiešti“ daugiau nei vieną tekstūrą ant paviršiaus vienu renderiavimo etapu;
- Yra aparatūrinis tekstūrų vienetų rinkinys (texture pipeline) kurių kiekvienas užpiešia po vieną tekstūrą.

Multitekstūravimo pvz.



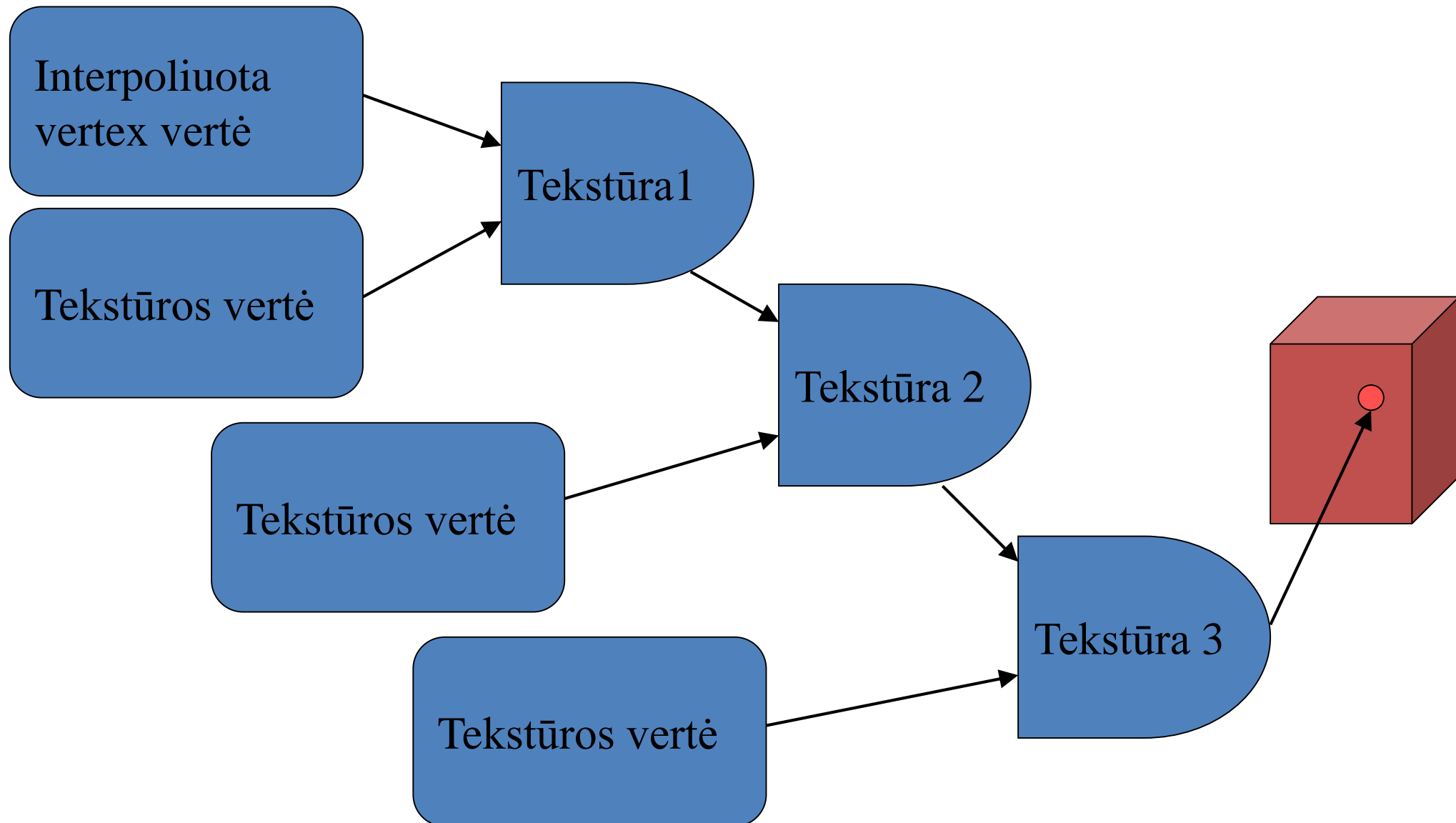
MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



Daugiakarčio tekstūravimo schema



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA





- Kiekvienas tekstūros vienetas yra nepriklausomas:
 - „Tekstūros“ parametrai gali būti specifikuoti
 - „Tekstūroje“ saugoma tam tikra informacija;
 - Parametrai renderiavimo procese gali būti modifikuojami pagal „tekstūros“ vertes.



- “Blending”
- Kodas: <http://pastebin.com/AsjFFUG3> arba moodle

- Antra tekstūra ir stiprumas:

```
_DecalTex ("Image", 2D) = "white" {}
```

```
_Blend("Blend", float) = 0.1
```

- Rezultatas:

```
return lerp(textureColor, decalColor, _Blend);
```

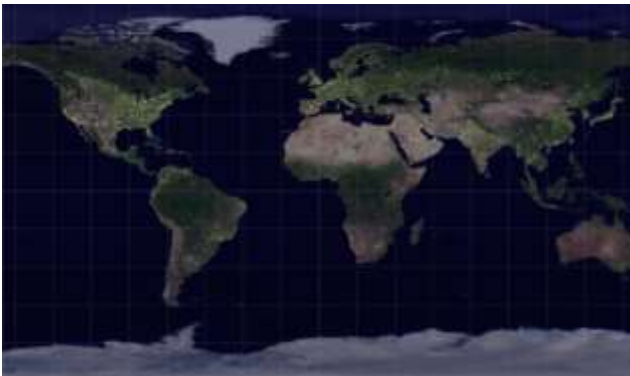
Unity3D tekstūrų blendinimas



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



Diena: 0.0



Vakaras: 0.6



Naktis: 1



- Teoriškai visi apšvietimo lygybės faktoriai yra apdorojami iš karto ir sugeneruojama trokštama spalva
- Praktiškai, skirtingos šviesos lygybės dalys gali būti apdorojamos skirtingais etapais, kai kiekvienas kitas etapas modifikuoja buvusį rezultatą – tai daugiaciklis (multipass) renderiavimas.
 - Rezultatai gali būti saugomi offscreen framebuffer 'yje (a.k.a. colorbuffer)
- Daugiaciklis renderiavimas yra senesnė technologija nei daugiakartis tekstūravimas.

Multipass renderiavimo pvz.



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA





- Pati idėja atsirado perkeliant renderiavimo procesą į GPU
 - Kuomet renderiavimas daromas programiškai galima pilnai valdyti visą procesą, tačiau šis vyksta lėtai
 - Aparatūrinis renderiavimas itin ženkliai padidina našumą tačiau tuo pačiu ir sumažina lankstumą
- Lankstumo problema sprendžiama per šeiderius

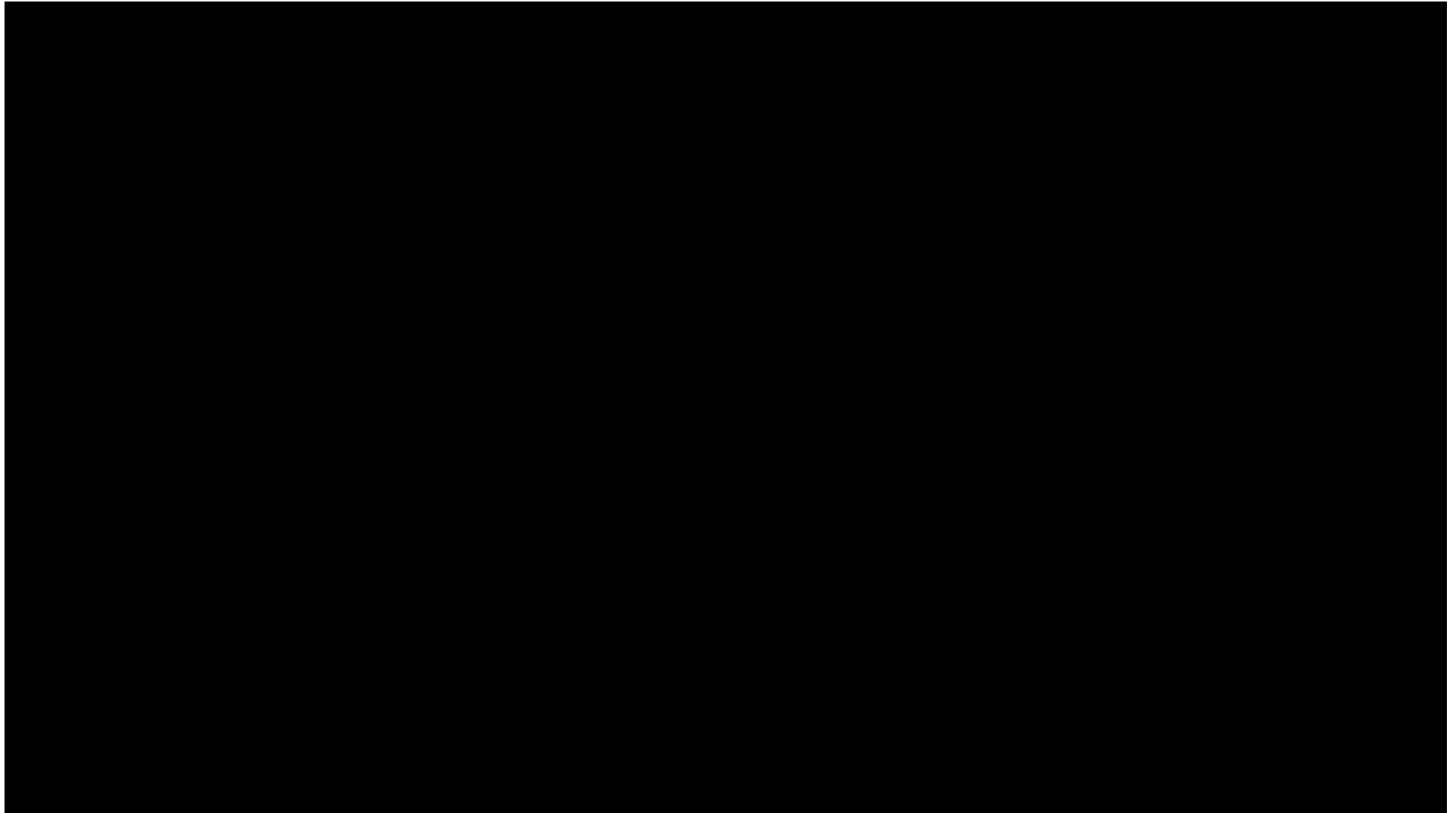


- Teoriškai (jei suprogramuota) programa gali prisiderinti prie grafinės plokštės pajėgumų.
- Iš esmės per tam tikrą ciklą skaičių reikia gauti priimtina grafinį vaizdą.
- Jei dar liko laiko (t.y. kadru per sekundę kiekis yra pakankamai geras (netrūkčioja) galima atlikti papildomą skaičių grafinių operacijų ir taip pagerinti vaizdo kokybę.

Old school pvz. Quake III



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



<http://www.youtube.com/watch?v=vaVhcnBiob0>



- Pavyzdyje Quake III naudoja 10 ciklų:
 - (Passes 1-4: iškilumų žemėlapiai)
 - Pass 5: difuzinė šviesa
 - Pass 6: pagrindinė tekstūra
 - (Pass 7: atspindintis apšvietimas)
 - (Pass 8: spinduliuojantis (emissive) apšvietimas)
 - (Pass 9: volumetriniai/atmosferiniai efektai)
 - (Pass 10: ekrano mirgesiai)
- Ciklus skliausteliuose galima išjungti lėtoms vaizdo plokštėms

- Iš principo šviesų žemėlapiai (Lightmaps) yra tekstūrų žemėlapiai kuriuose yra saugoma apšvietimo informacija (liumeliai arba angl., lumels)
- Kaip tai daroma?
 - Difuzinis komponentas iš šviesos formulės yra nepriklausomas
 - Statiniams šviesos šaltiniams ant statinių objektų apšvietimas yra visada toks pats nepriklausomai iš kur žiūri kamera
 - Šviesa atspindima nuo paviršiaus gali būti iš anksto suskaičiuota ir saugoma šviesų žemėlapyje

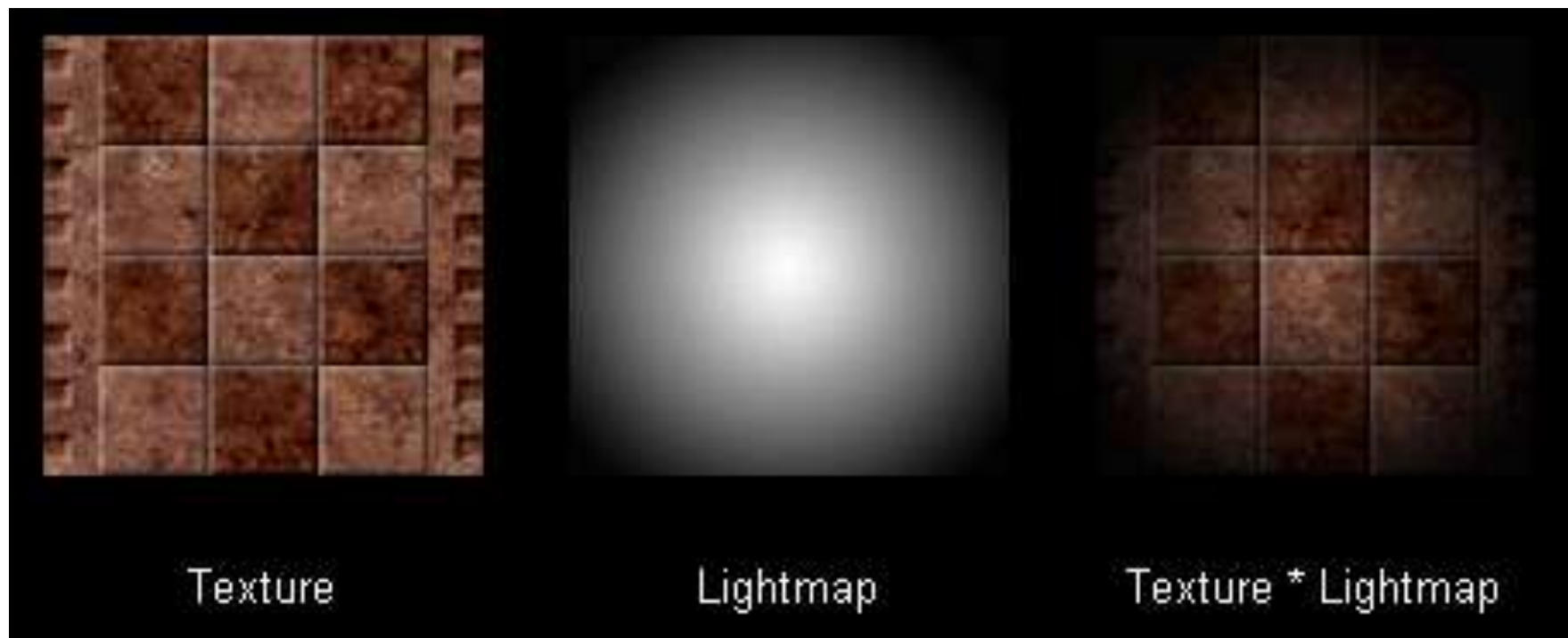
□ Privalumai?

- **Greitis**: šviesos šeiderius galima išjungti jei objektas turi šviesos žemėlapij (mažėja HW apkrova)
- **Kartais realistiškiau**: nes šiuo atveju nėra Phong lokalinio apšvietimo modelio ribojimų
 - Galima panaudoti nuo kameros nepriklausomus modelius

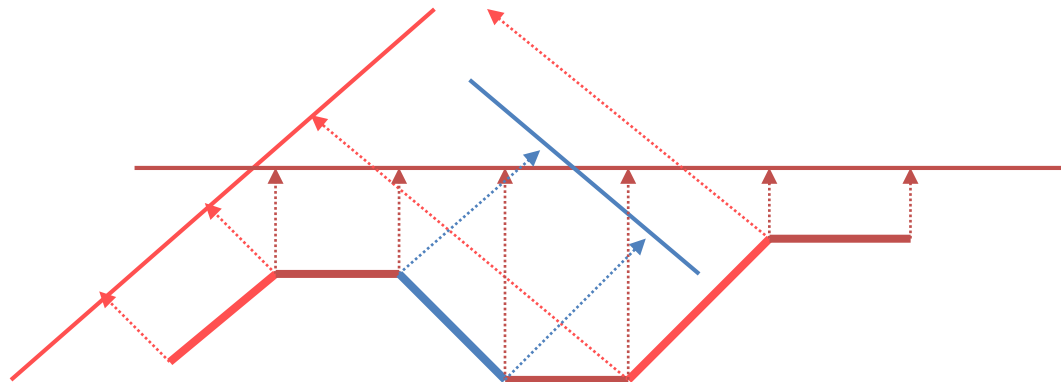


- Iš principo apšvietimo informaciją galima apjungti su tekstūros informacija taip suformuojant vienintelį tekstūrų žemėlapią
- Tačiau neapjungus:
 - Šviesų žemėlapius galima naudoti skirtingoms tekstūroms
 - Tekstūras galima „kitaip“ pernaudoti naudojant skirtingus šviesų žemėlapius
 - Tos pačios tekstūros prastai atrodo kai šviesa irgi kartojasi
 - Šviesų žemėlapiai saugomi maža rezoliucija ir užima mažai resursų
 - Galima sukurti ir dinامينius šviesų žemėlapius

- Jei tekstūros ir šviesų žemėlapiai atskiri – reikia naudoti jau minėtą daugiakartį tekstūravimą (multitexturing) – kelias tekstūras surenderuoti vienu renderiavimo ciklu (etapu).



- Ką daryti?
- Jei objektas ne plokščias (o jei plokščias?) reikia:
 - Sudalinti objektą į trikampiukus su panašiomis išdėstymo kryptimis
 - Tokius trikampiukus lengva suženklinti viename šviesų žemėlapyje

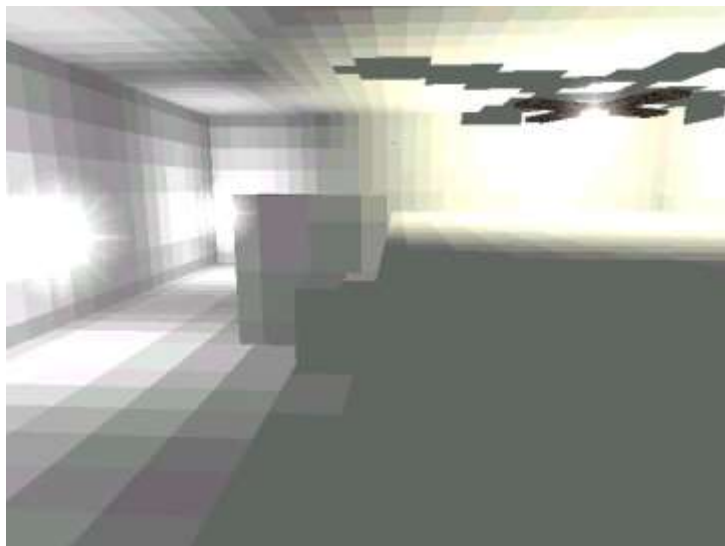


- Jeigu objektas plokščias:
 - sienos
 - lubos
 - dėžės
 - stalai
- Visai plokštumai panaudojam vieną tekstūrų žemėlapi

Šviesų žemėlapiai



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



- Ar toks būdas leidžia imituoti dinaminį apšvietimą?
- Jeigu šviesa juda (pvz., pridėta prie kameros) tuomet paviršiaus apšvietimas irgi keisis priklausomai nuo jos judėjimo
 - Šviesų žemėlapius galima kaitalioti dalinai dinamiškai programos metu
 - Galima iš anksto apskaičiuoti kelis šviesų žemėlapius su skirtingais intensyvumo lygiais ir parinkti priklausomai nuo šviesos šaltinio atstumo iki apšviečiamo paviršiaus

Ne tik CGI



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



<http://www.youtube.com/watch?v=U1mVGzDHSN0>

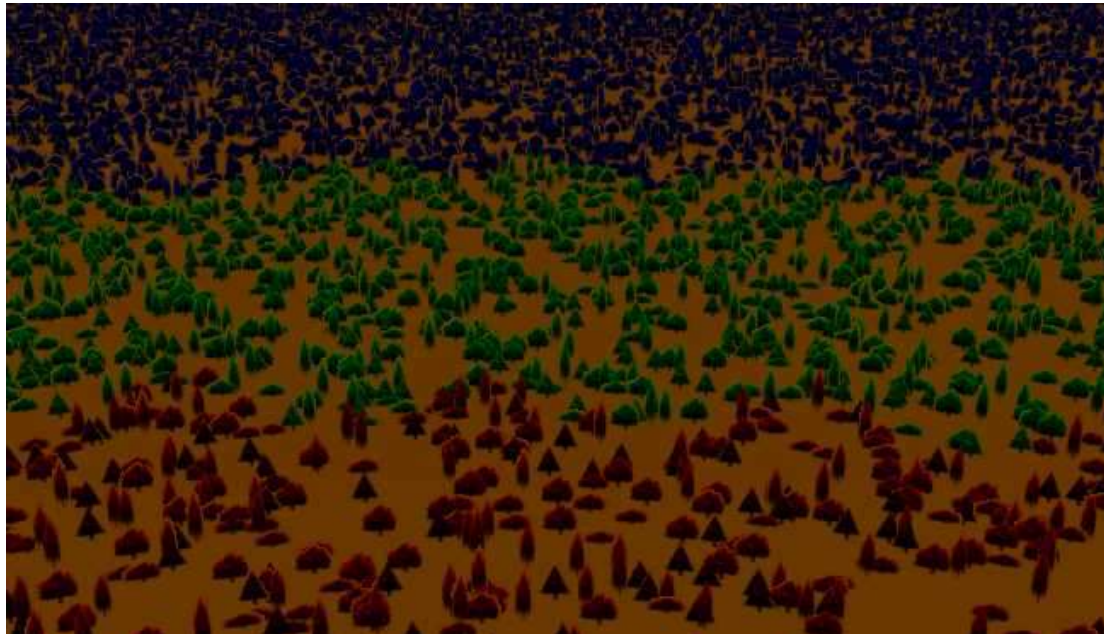
- Alpha žemėlapyje saugomas parametras su permatomumo informacija
 - 0 → pilnai permatomas
 - 1 → visiškai neskaidrus
- Naudojama tam tikrų objekto dalių padarymui permatomomis
- Gali būti naudojama kartu su standartiniais tekstūrų žemėlapiais bei generuojant „karpinius“
 - Medžiai
 - Tvorą



Alpha žemėlapiai



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA





- Kaip matėte visi medžiai sužymėti į plokščius poligonus
- Atsiranda iliuzija jei kamera žiūri į tokį „medį“ šonu
- Paprastai dar naudojama kartu su „reklamos lentos“ principu (angl., “billboarding”)
 - Poligonas visad automatiškai pasukamas į kamerą
- Nors alpha žemėlapis naudojamas tam tikrų tekstūros žemėlapio spalvų permatomumo valdymui, galima apjungti visus 4 informacijos vienetus (R,G,B,A) į vieną tekstūrų žemėlapij

Unity3D neapšviestos vietos iškirpimas



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

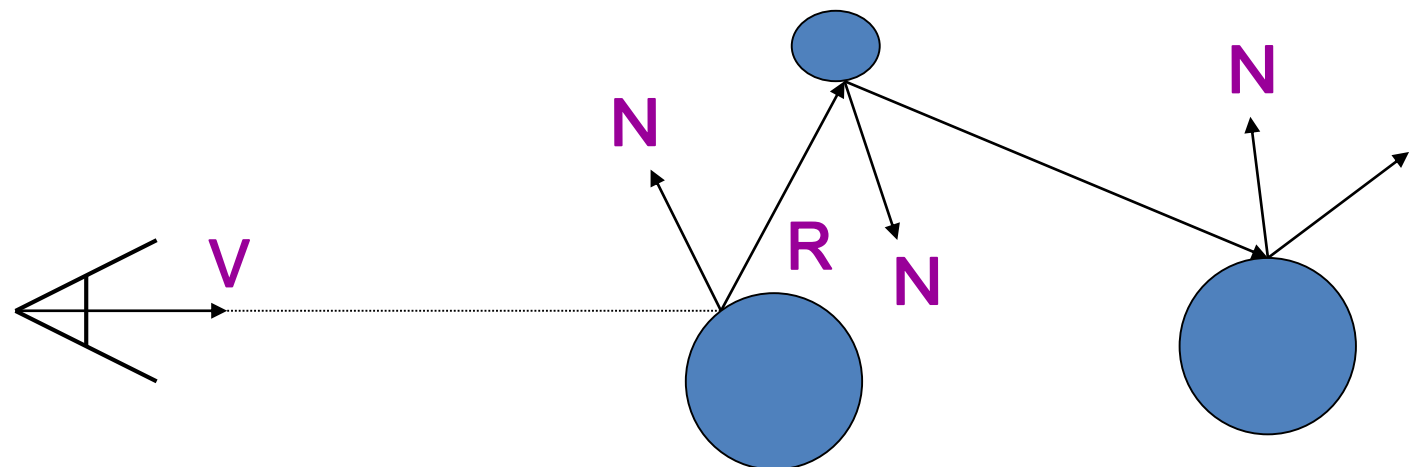
- „Unlit cutout“
- Kodas: <http://pastebin.com/vKD55SdE> arba moodle
- Panaikinimas pagal alpha:

```
if(textureColor.a < _CutOff) discard;
```

- Aplinkos (angl., Environment) žemėlapiai naudojami veidrodinių paviršių aproksimavimui (supaprastinimui).



- Standartinė Phong apšvietimo lygybė „nevaldo“ kitų atspindžių
 - Tik specular!
- Spindulių sekimo modelis (angl., Raytracing) įvertina kaip spinduliai atšoka nuo stebimo objekto į kitus objektus



Bandome „Raytracing“

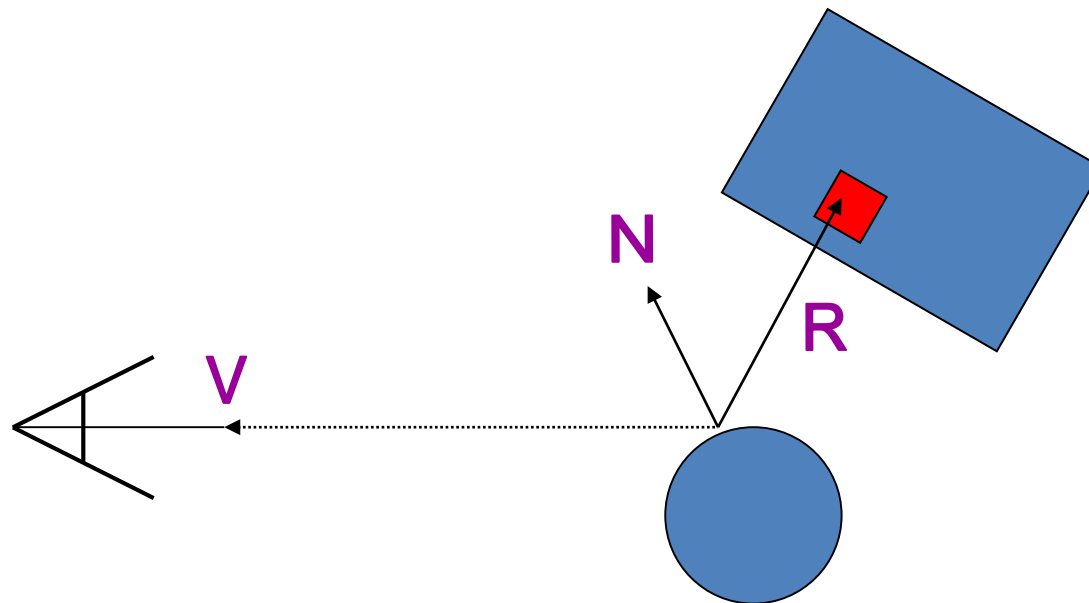


MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA



http://www.rigidgems.sakura.ne.jp/index_en.html
<http://www.youtube.com/watch?v=pm85W-f7xuk>

- Aplinkos žemėlapiai aproksimuoja procesą, „aplinką“ saugant tekstūrų žemėlapyje ir panaudojant atspindžio vektorių indeksavimui.



- Daroma taip:
 - Sugeneruojamas ar užkraunamas 2D aplinkos žemėlapis
 - Kiekvienam pikseliui kuriame yra atspindintis objektas suskaičiuojama normalė objekto paviršiuje
 - Skaičiuojamas atspindėjimo vektorius nuo kameros vektoriaus (V) ir normalės (N) paviršiaus taške
 - Atspindžio vektorius naudojamas suskaičiuoti indeksą aplinkos žemėlapiui, kuriame nusakomi objektai atspindžio kryptimi
 - Duotojo pikselio nuspalvinimui naudojama tekselių duomenys iš aplinkos žemėlapių

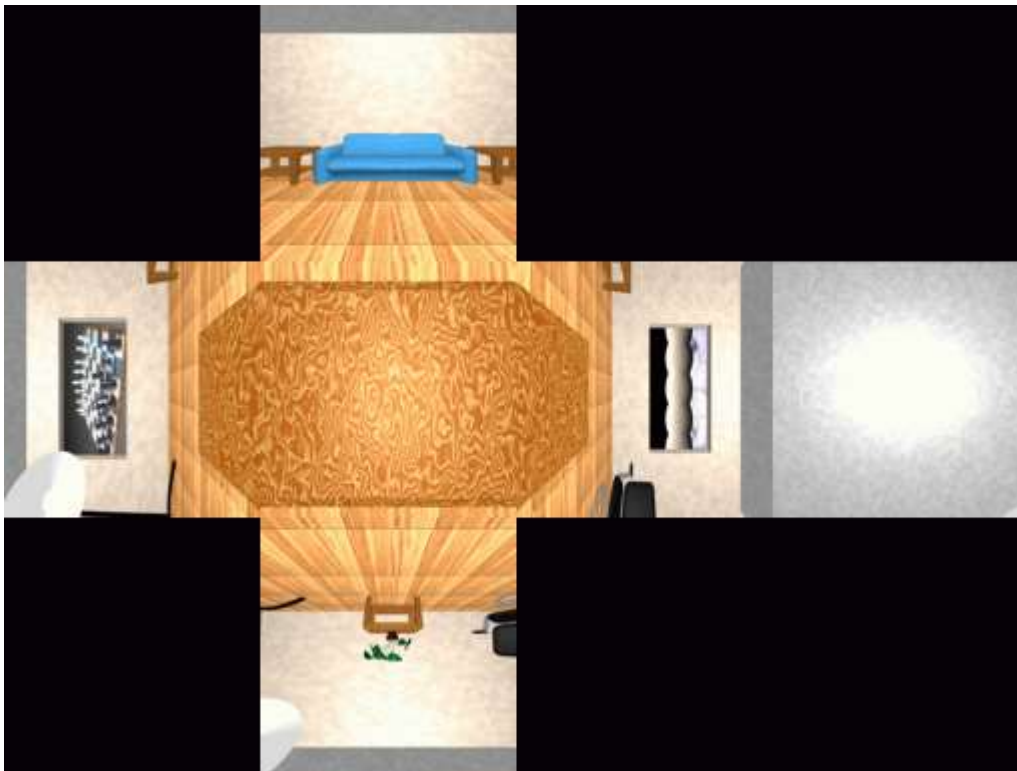
- Tekstūrų ženklavimo terminais:
 - Projekcinė funkcija paverčia atspindžio vektorių (x, y, z) į tekstūros parametrų koordinates (u, v)
- Tokių funkcijų yra keletas, pvz.,:
 - Cubic (kubinis) Mapping
 - Spherical (sferinis) Mapping
 - Parabolic (parabolinis) mapping

Kubinis aplinkos žemėlapis

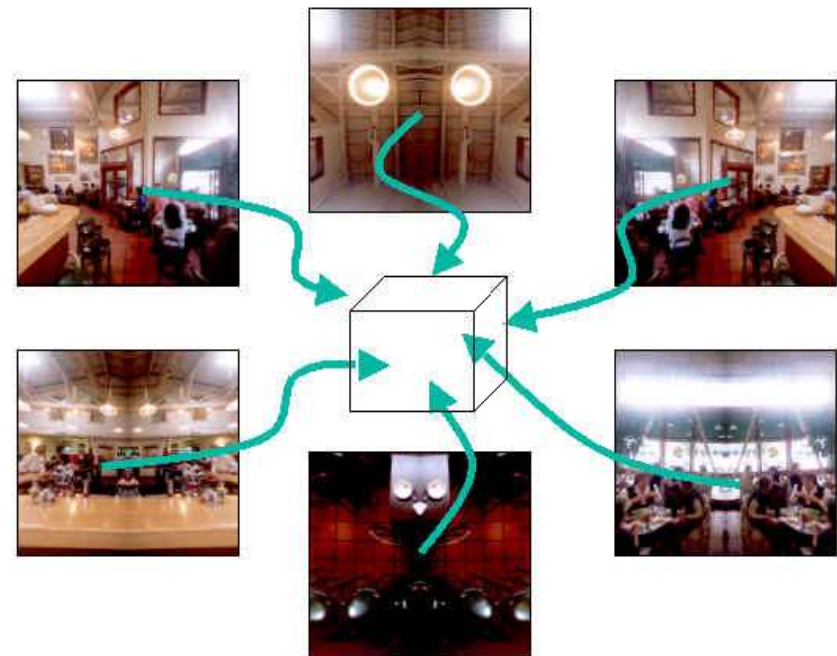


MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

- Toks žemėlapis sukonstruojamas pastatant kamerą objekto centre ir nufotografuojant paveikslus 6 kryptimis



- Arba iš realių fotografijų (Abyss, T2, Star wars)





- Kuomet objektas juda, reikia pakeisti žemėlapius
 - Tai galima daryti realiu laiku naudojant daugiacyklį renderiavimą
 - 6 renderiavimo ciklai per kuriuos surenkamas aplinkos žemėlapis
 - 1 renderiavimo ciklas tą žemėlapij priskirti objektui
- Galima daryti su realiomis fotografijomis
 - Fotografuojama 6 nuotraukos
 - Nuotraukos apjungiamos į išklotinę



- Projekcijos funkciją galima apibrėžti taip:
 - Atspindžio vektorius su didžiausia magnitudo (vektoriaus ilgiu) nustato atitinkamą plokštumą
 - Dvi likusios koordinatės yra padalinamos iš absoliutinės didžiausios koordinatės vertės
 - Vertės svyruoja intervale $[-1..+1]$
 - Toliau jos perženklinamos į $[0..1]$ ir naudojamos kaip tekstūros parametrų erdvės koordinatės duotajai plokštumai.

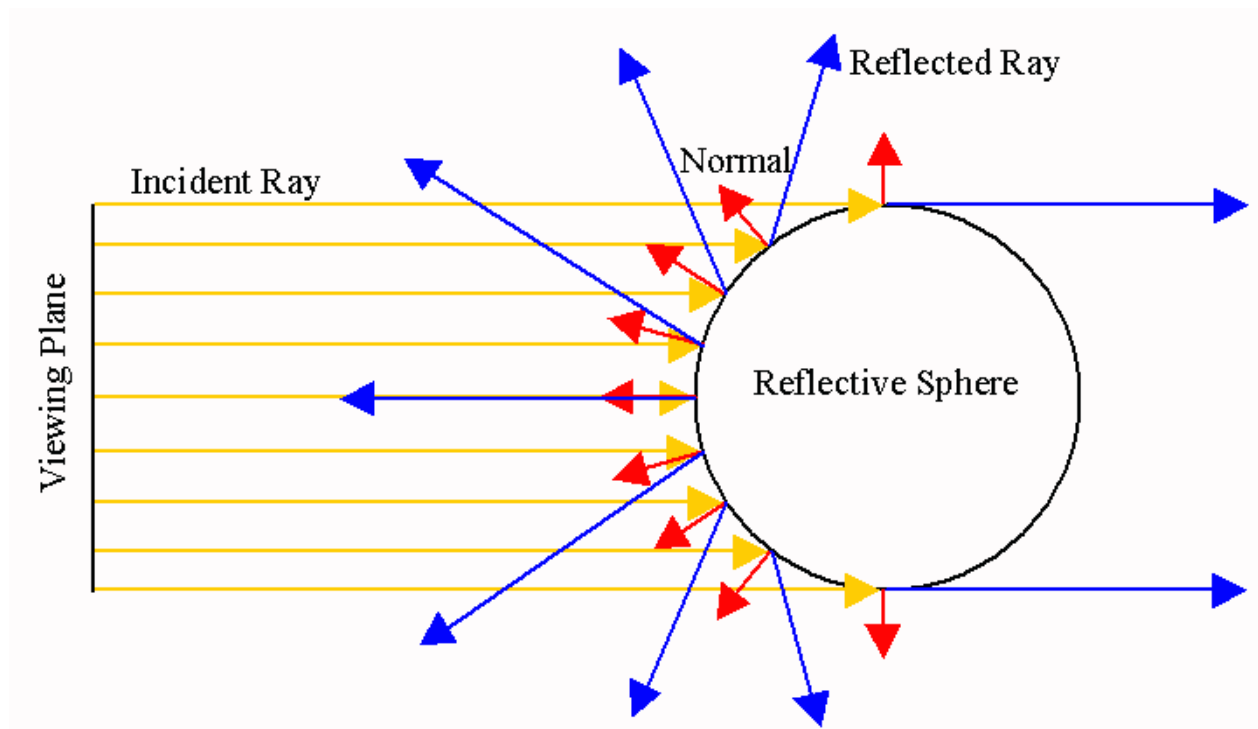


- Kaip įprastiniame tekstūrų žemėlapiu atveju, tekstūrų koordinatės suskaičiuojamos viršūnėlėse ir yra interpoliuojamos (mat. nustatomos apytikslės tarpinės reikšmės)
- O ką daryti kai 2 viršūnėlės atspindi į vieną skirtingus kubinius paviršius?
- Programiškai galima padalinti tokį poligoną per kubo kraštinę
- Aparatūriškai tai daroma per GPU



- Privalumai
 - Labai lengva sugeneruoti (ir realiu laiku)
 - Nepriklauso nuo kameros kampo
- Trūkumai:
 - Praeito amžiaus HW nepalaiko plokštumos parinkimo ir atspindžio vektoriaus aproksimavimo (ar tai vis dar trūkumas? ;)

- Toks žemėlapis gaunamas ortografiškai (trijų dimensijų vaizdą į dvi dimensijas) projektuojant vaizdą į veidrodinę sferą
- Žemėlapyje saugomos spalvos nuo atspindėtų spindulių





- Tokius žemėlapius galima sugeneruoti naudojant:
 - Raytracing
 - Automatiškai sugeneruotų kubinių žemėlapių „apsukimą“ apie objektą
- Arba realaus pasaulio terminais:
 - Nufotografuojant veidrodinę sferą 😊



Sferiniai aplinkos žemėlapiai



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

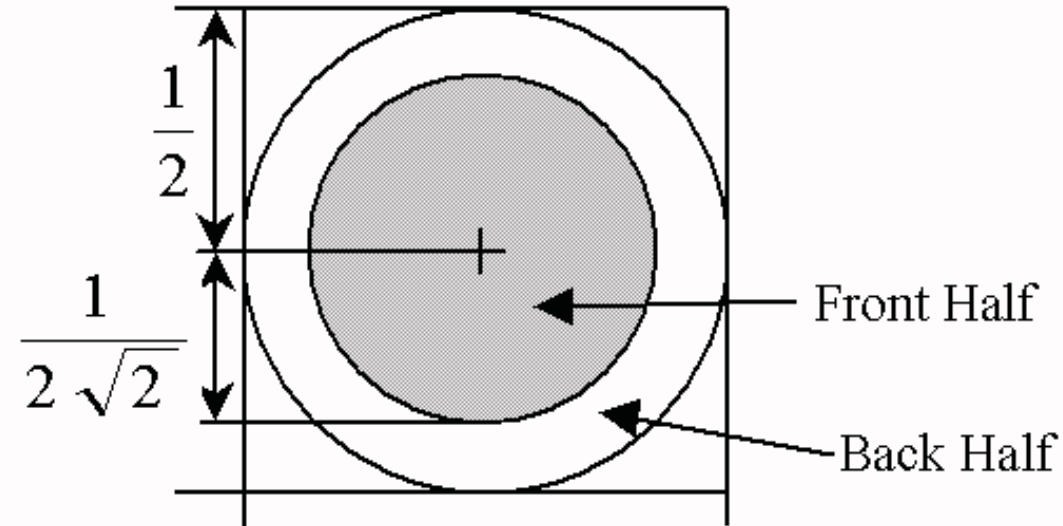
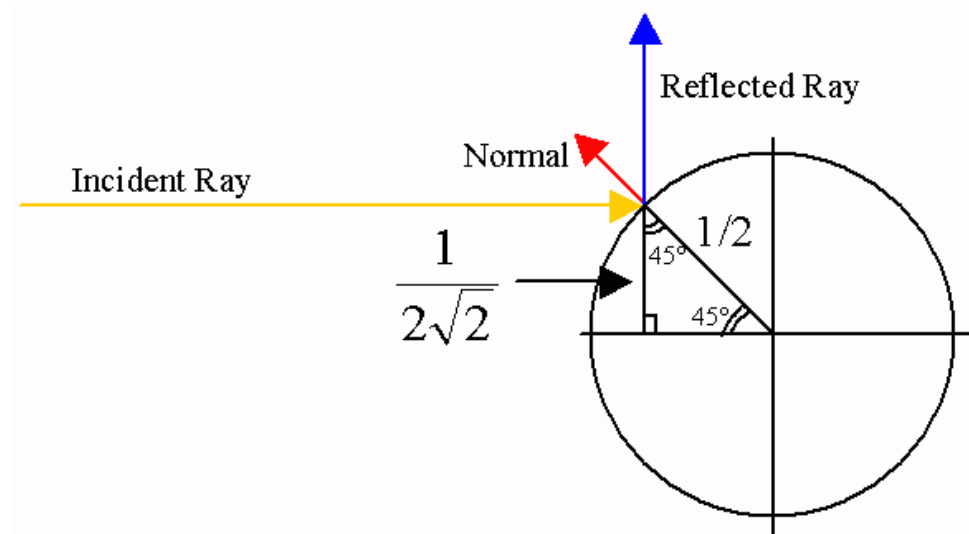


Sferiniai aplinkos žemėlapiai



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

- Sferiniame žemėlapyje yra saugoma informacija tiek apie informaciją sferos priekyje, tiek sferos galinėje pusėje.



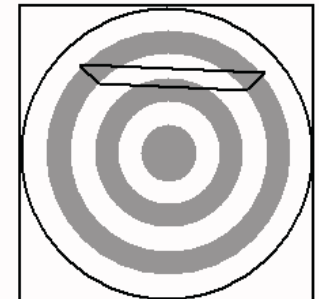
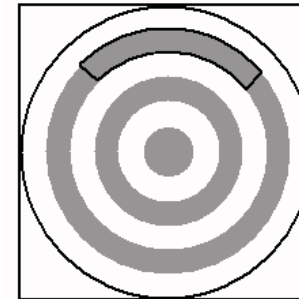


- Norint suženkinti atspindžio vektorį į sferos žemėlapyje naudojama tokia „baisi“ lygtis (paremta atspindžio vektoriumi R):

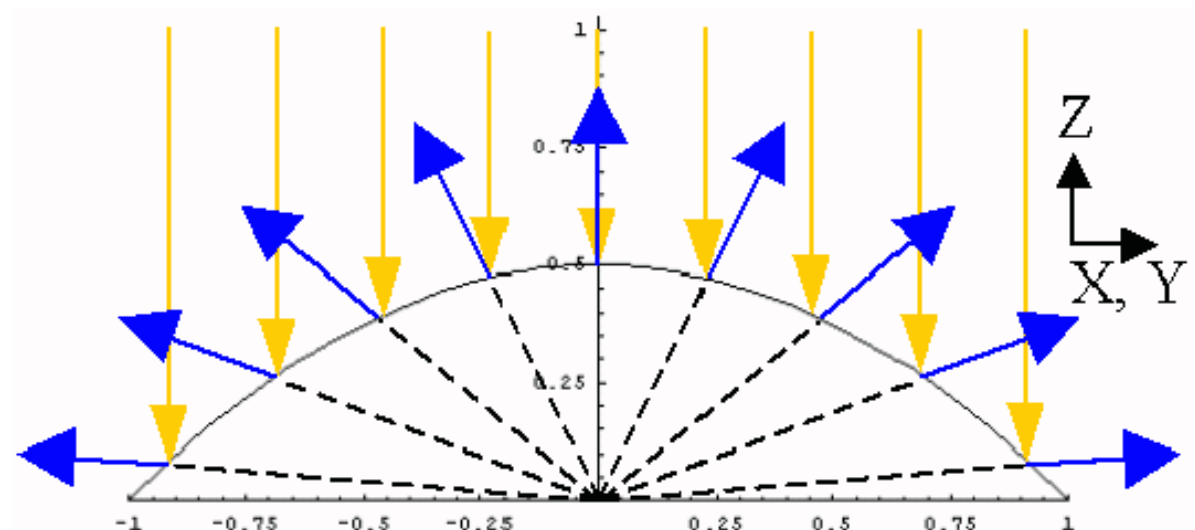
$$\begin{pmatrix} s \\ t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{r_x}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2} \\ \frac{r_y}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$



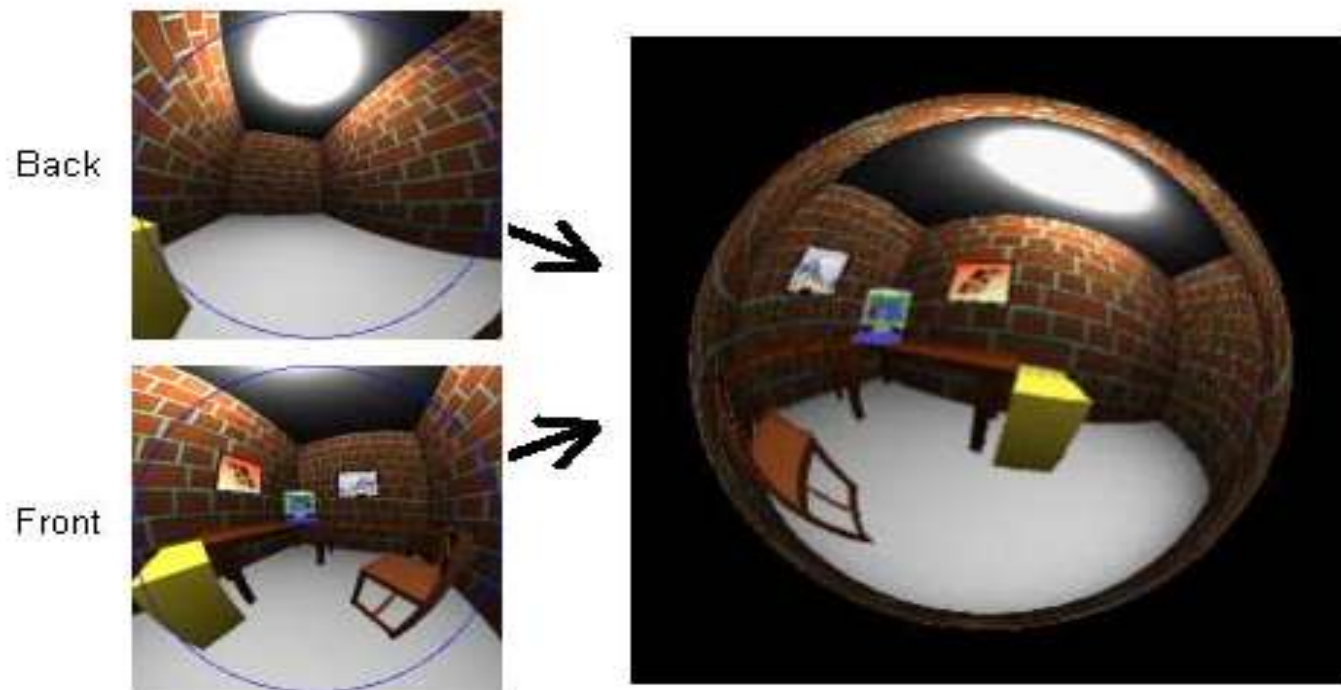
- Sferinių žemėlapių trūkumai:
 - Sunkiau sugeneruoti procese
 - Generavimas (atskaitos) yra netiesinis:
 - Generavimas yra nevienodas
 - Priklauso nuo kameros kampo!
- Privalumai:
 - Nėra interpoliacijos per žemėlapių „siūles“
 - Palaiko visą HW kuri palaiko normalų tekstūrų žemėlapyje (šiai dienai - visą)



- Panašūs į sferinius, tačiau čia naudojama 2 parabolės vietoje vienos sferos
- Kiekviena parabolė suformuoja aplinkos žemėlapij
 - Vienas priekiui, kitas galui
 - Rodomas vaizdas yra viena parabolė



- Žemėlapiai yra apskritimai 2D erdvėje
 - Apačioje parodytas 2 parabolinių žemėlapių skirtumas (kairėje) nuo vieno sferinio žemėlapių (dešinėje).





- Pagrindiniai privalumai:
 - Atskaityto vaizdo generavimas gana vienodas
 - Nepriklauso nuo kameros kampo!
 - Gali būti naudojami visose HW kur palaikomos tekstūros
 - Galima padaryti interpoliacija tarp viršūnėlių net ir per „siūlę“ tarp priekio ir galo
- Pagrindiniai trūkumai:
 - Sunkiau sugeneruoti žemėlapius



- Gerai tinka tik mažiems objektams (pigi resursams optinė iliuzija)
- Neduoda atspindžio nuo savęs
- Kiekvienam objektui reikia atskiro žemėlapio...
- Tuos žemėlapius dar dažnai reikia pakaitalioti jei keičiasi kameros kampas... (priklauso nuo žemėlapio tipo)
- O kaip jei objektas labai sudėtingas?

- Ne visi objektai vienodai atspindi
 - Skirtingai nudilę grindys
 - Šlapios grindys
 - Metalų korozija
- Atspindžių žemėlapis yra būdas kaip sureguliuoti atspindžio vertę šviesos lygtyje





- Šviesų matematika gali būti suskaičiuota viršūnėlėse, o gautos vertės interpoliuotos paviršiuje
- Difuzinę ir atspindžio dedamąsias būtina atskirai interpoliuoti pikseliuose
- Taip yra todėl, kad atspindžių žemėlapis turi vieną vertę kuri valdo atspindžio pasiskirstymą pikselių pagrindu
 - Reguluojama K_s vertė, bet ne n (spindesys) vertė

Atspindžių žemėlapiai



MULTIMEDIJOS
INŽINERIJOS
KATEDRA

