

Grafika 3D - Etap 2

W tym etapie dostępna jest lista różnorodnych efektów, do zaimplementowania których nie są konieczne shadery (zależy od wybranej technologii). Należy wybrać dowolny zestaw efektów i zrealizować w scenie z pierwszego etapu tak, aby zdobyć odpowiednią ilość punktów. Maksymalnie można uzyskać w tym etapie 20 punktów, więc nie ma konieczności realizowania wszystkich zadań.

W przypadku przekroczenia 20 punktów, nadwyżka (**nie więcej niż 10 punktów**) zostaje przeniesiona na konto etapu trzeciego.

Teksturowanie – wstęp

Teksturowanie pozwala na nałożenie pewnego wzoru na obiekt trójwymiarowy, dzięki czemu zyskuje on na szczegółowości.

Aby otekstutować model należy wyznaczyć tzw. współrzędne tekstury (proces ten nazywa się mapowaniem tekstur). Wierzchołek oprócz wielkości takich jak np. pozycja, wektor normalny czy styczny może posiadać jeden lub więcej zestawów współrzędnych tekstury. Najczęściej spotyka się tekstury dwuwymiarowe; rzadziej trójwymiarowe (mapy sześciennne) i jednowymiarowe. Następnie dokonywane jest przekształcenie odwzorowujące piksele na ekranie w teksele z obszaru tekstury.

Stosując skrót myślowy, teksturowanie to przeprowadzenie procesu nałożenia obrazka na obiekt 3D. Współrzędne tekstury definiują punkty, które muszą się zgodzić w przestrzeni 2D tekstury oraz przestrzeni 3D obiektu.

Ponieważ nie zawsze pojedynczy piksel jednoznacznie odpowiada pojedynczemu teksele, wprowadzony został mechanizm filtrowania tekstur. Podstawowe filtrowanie realizowane jest automatycznie - zadaniem programisty jest jedynie włączenie i ustawienie wybranego typu filtrowania.

Trzy rodzaje filtrów:

- **Filtr powiększenia (MAGFILTER, MAGNIFICATION FILTER)**
 - Stosowany jest w przypadku, gdy obraz piksela jest mniejszy od rozmiaru teksela.
- **Filtr pomniejszenia (MINIFILTER, MINIFICATION FILTER)**
 - Stosowany jeśli obraz piksela jest większy od rozmiaru teksela
- **Filtr mipmap (MIPFILTER, MIPMAP FILTER)**
 - Stosowany w przypadku używania mipmap. Technika wykorzystująca mipmapy używa kopii tej samej tekstury w różnych rozmiarach (poziomach szczegółowości). W zależności od odległości obiektu od kamery wybierany jest odpowiedni poziom mipmapy – najmniejszy zapewniający wystarczającą dokładność lub przeprowadzane jest filtrowanie sąsiednich poziomów.

Ustawienia filtrowania:

- **Wybranie najbliższego sąsiada (nearest-neighbour interpolation)**
 - To najprostsza i najszybsza metoda dająca najgorszy wynik wizualny. Wybierany jest najbliższy texsel lub najbliższa mipmapa bez żadnego mechanizmu mieszania kolorów. W przypadku używania najbliższego sąsiada może pojawić się duża liczba artefaktów i wyraźny aliasing. W różnych API nazywane często NONE, NEAR, NEAREST.
- **Filtrowanie biliniowe**
 - Często w API graficznych nazywane po prostu liniowe (w domyśle biliniowe). Jest to średnia ważona z czterech sąsiednich texseli, pomiędzy którymi znajduje się dokładna pozycja przekształconego piksela. Innymi słowy jest to złożenie dwóch interpolacji liniowych – w kierunku U oraz w kierunku V.
- **Filtrowanie trójliniowe**
 - W przypadku używania mipmap jest to złożenie filtrowania biliniowego (w kierunkach U,V) z dodatkowym użyciem poziomów mipmap. W przypadku używania trójwymiarowych tekstur jest to złożenie filtrowania liniowego w trzech kierunkach U,V,W.
- **Filtrowanie anizotropowe**
 - Najwyższej jakości filtrowanie, bo dodatkowo opisane pewną funkcją zależną od kierunku względem obserwatora. Szczegóły wykraczają poza temat laboratorium.

Tekstury wykorzystywane są nie tylko do przechowywania koloru powierzchni – mogą np. przechowywać:

- wektory normalne (*normal map*),
- wartości współczynnika odbicia soczewkowego (*specular map*)
- wysokości punktów (*heightmap*)
- lokalne przesunięcia, wybrzuszenia punktów na płaskiej powierzchni (*displacement map*, *bumpmap*)
- informacje o cieniach (*shadowmap*)
- dowolne wartości ułożone w siatkę – np. współrzędne macierzy i wiele innych...

Dodatkowe uwagi:

- Zaleca się używanie tekstur, których wymiary są potęgami dwójki.
- Podanie współrzędnych tekstury z zakresu [0.0...1.0] powoduje rozciągnięcie tekstury na danym fragmencie siatki.
- Podanie współrzędnych z większego zakresu jest poprawne i powoduje zapętlenie kolejnych tekstur sąsiadujących. Efekt zależy od ustawionego trybu adresowania. Dostępne tryby adresowania to np.:

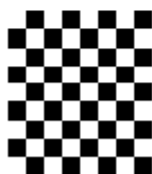
- Wrap (proste powtarzanie wzoru, przykład dla współrzędnych z zakresu $[0.0...3.0]$)



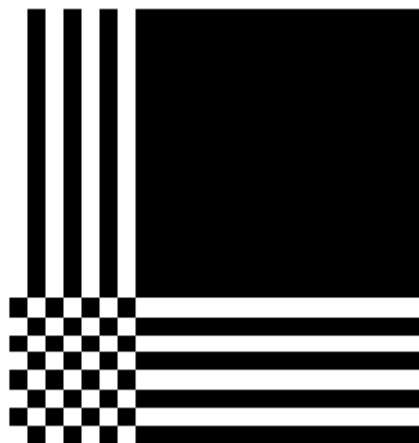
- Mirror



- Clamp



Texture

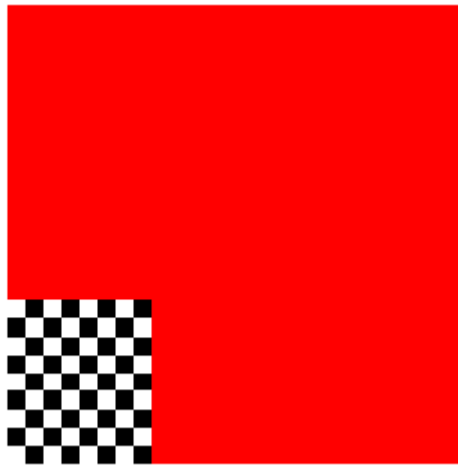


Clamped texture applied to primitive

- Border Color (wybranie dowolnego koloru)



Texture



Texture with red border applied to primitive

Lista zadań

Uwaga: niektóre zadania opatrzone są dodatkową informacją:

[wymaga zadania nr N] - nie można zaliczyć zadania bez zrobienia również zadania nr N

[wyklucza zadanie nr N] – jeśli dwa zadania wzajemnie się wykluczają to można otrzymać punkty tylko za jedno z nich.

A. Podstawowe teksturowanie (max 6 punktów)

Zadanie 1. [+4 punkty]

Wybrać dowolne dwa obiekty na scenie i nałożyć na nie teksturę wczytaną z pliku obrazu w dowolnym formacie (np. *.PNG). Mogą to być nowo dodane obiekty.

Zadanie 2. [+1 punkt] [wymaga zadania nr 1.]

Dodać interfejs umożliwiający:

- włączanie i wyłączanie liniowego filtru dla powiększenia
- włączanie i wyłączanie filtrowania trójliniowego dla mipmap.
- zmianę poziomu mipmap podczas teksturowania – spowoduje to rozmycie lub wyostrenie obrazu na powierzchni obiektu. Słowa kluczowe:
GL_TEXTURE_LOD_BIAS, MipMapLevelOfDetailsBias

Zadanie 3. [+1 punkt] [wymaga zadania nr 1.]

Należy umożliwić włączanie i wyłączanie w trakcie działania programu wygładzania krawędzi przy pomocy multisamplingu (MSAA – MultiSampleAntiAliasing).

B. Multiteksturowanie i mieszanie alfa (max 3 punkty)

Multiteksturowanie polega na wykorzystaniu więcej niż jednej tekstury do obliczenia koloru powierzchni w danym punkcie. Składanie tekstur wykonywane jest dynamicznie, co klatkę a nie w preprocessingu.

Mieszanie alfa polega na wykorzystaniu dodatkowej czwartej składowej koloru jako współczynnika w równaniu, które na podstawie koloru już zapisanego w buforze (destination color - dst_color , destination alpha - dst_alpha) oraz koloru właśnie rysowanego obiektu (source color - src_color , source alpha - src_alpha) obliczy nową wartość koloru w buforze.

W przypadku przezroczystości odpowiedni wzór to $src_alpha * src_color + (1 - src_alpha) * dst_color$. Mieszanie addytywne z kolei to wzór postaci $src_alpha * src_color + dst_color$.

Trudna część realizacji przezroczystości związana jest z tym, że kiedy na ekranie nakłada się na siebie kilka warstw powierzchni przezroczystych nie można ich rysować w dowolnej kolejności. Aby otrzymać poprawny efekt trzeba je uporządkować według relacji zaślania.

W przypadku mieszania addytywnego kolejność rysowania obiektów jest dowolna.

Do wykonania poniższych zadań wymagane jest dodanie do sceny płaszczyzny reprezentującej ocean wokół wyspy.

Zadanie 4. [+3 punkty]

Należy otekstutować stację badawczą przy pomocy co najmniej dwóch tekstur zmieszanych ze sobą. Zadanie może jednocześnie częściowo zaliczyć wykonanie zadania **nr 1** (*stacja automatycznie spełnia warunek jednego z dwóch obiektów do otekstutowania*). Jedna tekstura to tekstura reprezentująca materiał, z którego wykonane są ściany (np. aluminium, tworzywo sztuczne, itp.) – należy przygotować dwie wersje tej tekstury – wystarczy, by różniły się np. nasyceniem kolorów, ale mogą reprezentować też całkiem różne materiały. Druga tekstura (lub kilka tekstur) zawierać powinna narysowane na ścianach linie i znaki (np. napis będący oznaczeniem kodowym stacji). W pozostałych miejscach niech posiada ustalony kolor i kanał alfa ustawiony na 0. Nazwijmy tę teksturę **teksturą oznaczeń**. Mieszanie tekstur polega na połączeniu tekstury materiału i tekstury oznaczeń.

W zadaniu ma istnieć możliwość łatwej podmiany tekstury materiału w trakcie działania programu (wybrania jednej z dwóch dostępnych) – przy zachowaniu tekstury oznaczeń – dlatego łączenie musi odbywać się dynamicznie – w każdej klatce.

C. Generowanie i przekształcenia współrzędnych tekstury (max 6 punktów)

Zadanie 5. [+2 punkty]

Umieść na powierzchni planetoidy telebim. Z jednej strony nałóż na niego dowolną teksturę korzystając ze współrzędnych XZ wierzchołków w układzie modelu (przy założeniu, że Y prostopadła do powierzchni telebimu). Zamiast ręcznego podawania współrzędnych tekstury wykorzystaj macierz przekształcenia tekstury i dodaj interfejs umożliwiający skalowanie nałożonej tekstury.

Nie ma konieczności, aby rozwiązanie działało jednocześnie z innymi efektami – można się przełączać lub przygotować dwie wersje skompilowanej wersji programu. Można to zadanie (telebim i teksturę) połączyć z zadaniem 22.

Zadanie 6. [+4 punkty]

Jeden z reflektorów na scenie poza byciem źródłem światła niech posłuży jako projektor. Zapewnij możliwość obracania go. Wykonaj rzutowanie perspektywiczne pewnej tekstury na pozostałe

elementy sceny zgodnie z orientacją reflektora. Dla ułatwienia można wyłączyć wszystkie pozostałe tekstury na scenie.

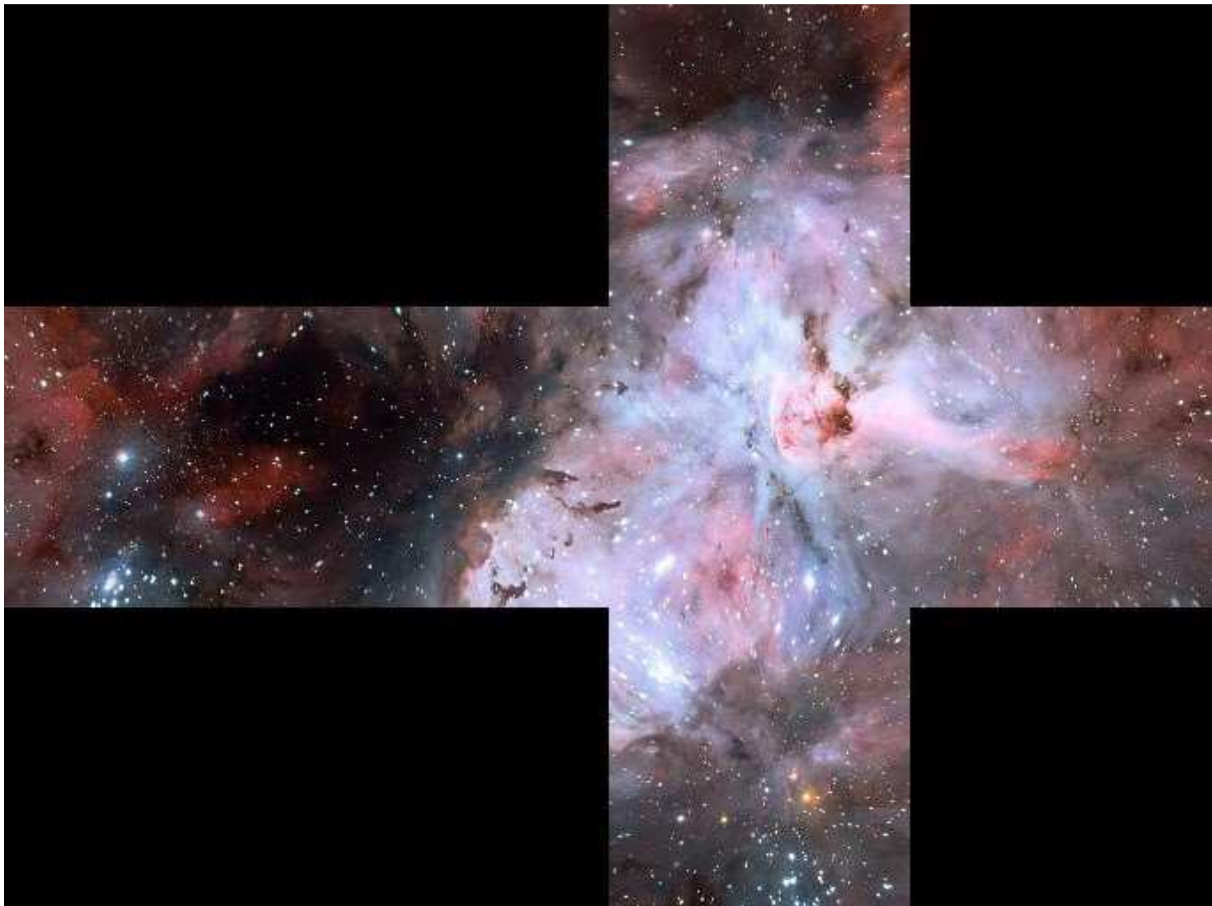
W celu wyznaczenia współrzędnych tekstury dla obiektu na który rzutowany jest obraz należy potraktować reflektor jako „kamerę”. Współrzędne punktu należy przekształcić podobnie jak przy renderowaniu, ale otrzymane współrzędne ekranowe „widziane” przez reflektor posłużą za współrzędne tekstury. Jeżeli podczas teksturowania obiektu wykorzystamy te właśnie współrzędne tekstury efektem będzie projekcja pewnego obrazu rzucanego przez reflektor na powierzchnię obiektu.

D. Tekstury sześciennie i proceduralne generowanie tekstur (max 10 punktów)

Zadanie 8. [+2 punkty] [wyklucza zadanie 8.]

Zadanie polega na dodaniu do sceny skyboxa. Jest to jedna z podstawowych technik wyświetlania nieba. Polega na utworzeniu sześcianu, który jest nieruchomy względem pozycji kamery (jeżeli kamera się przesuwa, to sześcian przesuwa się tak samo).

Idea jest taka, aby „zamknąć” obserwatora w pudełku, którego ścianki są bardzo daleko i przedstawiają niebo dookoła sceny. Tekstutowanie skyboxa polega na dostarczeniu sześciu tekstur przedstawiających horyzont w sześciu kierunkach świata lub mapy sześciennnej. Aby nie było widać złączenia krawędzi tekstury muszą idealnie pasować, ponadto na czas renderowania należy wyłączyć światło.



Zadanie 8. [+3 punkty] [wyklucza zadanie 7.]

Zadanie jest identyczne z zadaniem nr 7. z tym, że należy użyć mapy sześciennnej do renderowania skyboxa. Mapę sześcienną można utworzyć w kodzie z sześciu oddzielnych tekstur lub wczytać w specjalnym formacie do map sześciennych np. *.DDS (dla DirectX).

Zadanie 9. [+4 punkty]

Należy wygenerować dwuwymiarowy szum Perlina wewnątrz programu, a następnie na jego podstawie zmodyfikować siatkę trójkątów powierzchni planetoidy. Siatka powinna reprezentować trójwymiarowy wykres funkcji dwóch zmiennych, gdzie wartość funkcji odpowiada wartości szumu Perlina, nałożony na powierzchnię sfery, gdzie poszczególne wierzchołki przesuwane są w przód lub w tył wzdłuż swojego wektora normalnego w zależności od wartości funkcji. Zadanie wykonać można modyfikując siatkę raz po jej stworzeniu, lub dopiero podczas rysowania (przy użyciu shadera wierzchołków – jeśli jest wykorzystywany).

Zadanie 10. [+3 punkty]

Dodaj na scenie satelitę planetoidy (naturalnego bądź sztucznego o nietrywialnym kształcie). Należy na bazie szumu Perlina wygenerować trójwymiarową teksturę przypominającą marmur (lub inny materiał) i użyć do otekstutowania wybranego obiektu. Współrzędne tekstury powinny być współrzędnymi wierzchołków teksturowanego obiektu w lokalnym układzie współrzędnych związanym z obiektem, ewentualnie po odpowiednim przeskalowaniu i przesunięciu tak, aby mieściły się w przedziale wartości [0;1].

E. Lustro oraz Mapowanie środowiskowe (max 12 punktów)

Lustro

Zrealizowanie poprawnego (nieprzybliżonego) efektu płaskiego lustra wymaga wykonania trzech przebiegów rysowania geometrii:

- najpierw rysowana jest oryginalna scena
- następnie rysowana jest powierzchnia płaskiego lustra (test bufora głębokości musi być w tym przebiegu ustawiony na mniejsze lub równe, jeśli rysujemy drugi raz te same piksele; przed rysowaniem należy wyczyścić bufor szablonu i ustawić operację bufora szablonu tak, aby piksele lustra miały w nim ustawioną niezerową wartość; bufor szablonu – „stencil buffer” – to kolejny bufor obok bufora głębokości i buforów koloru bufor związany z kontekstem renderowania, więc tworząc kontekst renderowania trzeba upewnić się, że zostanie utworzony także bufor szablonu)
- wreszcie rysowana jest cała scena jeszcze raz, ale odbita względem płaszczyzny lustra (przed rysowaniem trzeba wyczyścić bufor głębokości, oraz ustawić test bufora szablonu tak, aby rysowanie odbywało się tylko tam, gdzie widać piksele lustra, a więc gdzie w buforze szablonu jest niezerowa wartość; jeśli za lustrem znajdują się obiekty w oryginalnej scenie, to albo trzeba je zignorować w tym przebiegu, albo włączyć obcinanie rysowanej geometrii płaszczyzną lustra).
- Można dodać ewentualnie czwarty przebieg i narysować półprzezroczystą powierzchnię lustra w określonym kolorze lub określoną teksturą (np. teksturą rys).

Przy rysowaniu odbitej sceny należy pamiętać o odbiciu również światła. Odbicie geometrii (i światła) zyskuje się poprzez ustawienie odpowiednio macierzy przekształcenia kamery. Po wykonaniu tego

dodatkowo zmieni się orientacja trójkątów, zatem trzeba zmodyfikować odpowiednio ustawienia „backface culling”. Szczególnej uwagi wymaga rysowanie billboardów odbitych w lustrze.

Zadanie 11. [+4 punkty]

Zrealizowanie podstawowego efektu lustra, zgodnie z powyższym opisem.

Zadanie 12. [+1 punkt] [wymaga zadania 11.]

Jeśli za lustrem znajduje się geometria i jest prawidłowo obcinana.

Zadanie 13. [+1 punkt] [wymaga zadania 11.]

Jeśli lustro jest półprzezroczyste i ma kształt elipsy.

Zadanie 14. [+1 punkt] [wymaga zadania 11. oraz 17.]

Jeśli w lustrze widać efekt cząsteczkowy z zadania nr 17.

Zadanie 15. [+5 punktów]

Umieść na scenie kulę (lub inny niepłaski obiekt) i dokonaj mapowania środowiskowego (*Environmental Mapping*). Jest to efekt symulowania dynamicznych odbić zwierciadlanych na trójwymiarowym obiekcie. Szczegóły omawiane są na wykładzie a także dostępne w Internecie. Do wykonania tej techniki używana jest mapa sześcienna (*cubemap*, *cube texture*) zawierająca aktualny widok otoczenia we wszystkich kierunkach wokół obiektu.

Jeżeli rozwiązane zostało zadanie **nr 7** lub **8**, to wystarczy użyć mapy sześciennnej, użytej do otekstutowania skyboxa, do odbicia na pewnym wybranym obiekcie sceny. W zupełności wystarczy, aby odbijało się jedynie niebo zdefiniowane przez tę teksturę.

http://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_mapping

http://http.developer.nvidia.com/CgTutorial/cg_tutorial_chapter07.html

F. Billboardy / System cząsteczkowy (max 14 punktów)

Billboard to półprzezroczysta bitmapa nałożona na prostokąt, którego orientacja w przestrzeni dopasowuje się automatycznie do widoku kamery, podczas gdy położenie środka billboardu oraz jego rozmiary w układzie świata są stałe. W starych grach komputerowych wiele obiektów (które obecnie byłyby reprezentowane przez siatki trójkątów) było billboardami. Billboardy nadal są wykorzystywane do modelowania np. odległych obiektów (które nie muszą być dokładne) takich jak drzewa na horyzoncie, publiczności w grach sportowych, kęp trawy, chmur, słońca i w wielu innych sytuacjach.

W przypadku stosowania tej techniki należy pamiętać o poprawnym rozwiązaniu problemu przezroczystości, aby wyciąć tło z obrazu i wyświetlać jedynie obiekt. Istnieją dwa sposoby: test alfa (*alpha-test*) oraz mieszanie alfa (*alpha-blending*).

W przypadku testu alfa, w kanale alfa tekstury zapisana jest maska kształtu, który chcemy wyświetlić. Piksele, które nie przechodzą testu alfa nie są rysowane na ekranie ani uwzględniane w buforze

głębokości. Brzeg kształtu uzyskany w ten sposób często jest poszarpany, ale nie ma konieczności wyświetlania obiektów w odpowiedniej kolejności. W przypadku alpha-blendingu konieczne jest sortowanie obiektów po współrzędnej głębokości w układzie kamery i rysowanie od najdalszych do najbliższych, ale efekt jest gładzijszy i bardziej atrakcyjny

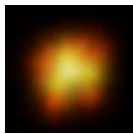
Zadanie 16. [+3 punktów]

Umieszczenie na scenie od kilku do kilkudziesięciu obiektów w postaci półprzezroczystych billboardów. Billboardy mogą reprezentować pewne małe obiekty, dla których nie trzeba tworzyć oddzielnej geometrii (np. drobiny skalne unoszące się w przestrzeni wokół planetoidy).

Zadanie 17. [+5 punkty]

Utworzenie prostego efektu cząsteczkowego przy jednym z obiektów na scenie. Może on reprezentować iskry (emitowane np. przez łazik), dym/parę wodną (wydostającą się z nieszczelnej stacji) lub ogień (np. flara na powierzchni planetoidy). Efekt realizowany jest poprzez tzw. system cząsteczkowy.

Cząsteczki modelują mały, pojedynczy obiekt lub grupę obiektów. Geometria cząsteczek to dwa trójkąty lub w niektórych API - sprzętowo wspierane PointSprites. Tam gdzie nie jest to dostępne należy upewnić się, że billboardy ustawione są zawsze prostopadłe do kierunku patrzenia kamery. Przykładowa tekstura (tło ma kanał alfa równy 0):



Z cząsteczkami mogą być związane przeróżne właściwości fizyczne takie jak: kolor, rozbłysek, prędkość postępową, prędkość kątową (obracające się cząsteczki), przyspieszenie, masa, ciepło...

Zakładając, że współrzędna Y to kierunek wektora normalnego do powierzchni planetoidy w miejscu, gdzie umieszczony jest emiter (umowny kierunek „do góry”) w zadaniu wystarczy wprowadzić prostą animację cząsteczek polegającą na:

- tworzeniu cząsteczek w okolicy wybranego obiektu na scenie
- losowaniu wektora prędkości $[X,Y,Z]$ bliskiego $[0,1,0]$. Cząsteczki wystrzeliwują w górę.
- po przebyciu ustalonej odległości cząsteczka ginie, a w jej miejsce tworzona jest nowa
- można ustalić limit cząsteczek (quota)
- ilość cząsteczek powinna być wartością łatwo sterowalną w kodzie

W ogólnym przypadku do kontrolowania cząsteczek służą dwa obiekty:

- ParticleEmitter – który stanowi źródło cząsteczek
- ParticleAttractor – obiekt, który wpływa na zachowanie cząsteczek

Systemy są szeroko stosowane w grafice 3D a także wizualizacjach fizycznych, automatów komórkowych itd.

http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_system

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

<http://www.youtube.com/watch?v=tuj4bGc5ZTk>

<http://www.youtube.com/watch?v=7wWsYTYGX78>

Zadanie 18. [+2 punktów] [wymaga zadania 17.]

Zastosowanie **alpha-blending** i sortowanie cząsteczek względem kamery.

Zadanie 19. [+1 punkt] [wymaga zadania 17.]

Dopracowanie trajektorii cząsteczek:

- w początkowej fazie życia cząsteczki, dominują kierunki na boki (losowo promieniście)
- Wszystkie cząsteczki mają pewną małą masę. Przy braku atmosfery wpływa na nie tylko grawitacja przyciągająca je w kierunku środka planetoidy, więc każda z nich porusza się po krzywej stożkowej.

Zadanie 20. [+2 punkty] [wymaga zadania 17.]

Tekstura cząsteczki jest animowana w czasie. Wystarczy przygotować jedną, większą teksturę zawierającą minimum 8 klatek animacji cząsteczki (sugerowane jest użycie przynajmniej 32 klatek). W danym momencie wykorzystywany jest tylko fragment dużej tekstury zawierający bieżącą klatkę.

Zadanie 21. [+1 punkt] [wymaga zadania 20.]

W danym momencie **t** wynikowa tekstura cząsteczki jest interpolowana pomiędzy dwoma sąsiednimi klatkami względem czasu między wystąpieniem tych klatek.

G. Renderowanie do tekstury (max 12 punktów)

Do tej pory była mowa tylko o domyślnym procesie renderowania sceny do bufora koloru, który następnie przrzucany jest do bufora ramki i wyświetlany na ekranie.

Karty graficzne umożliwiają również ustawienie tekstury jako celu renderowania.

Technika często stosowana jest między innymi w tzw. renderowaniu odłożonym (*Deferred Shading*) oraz w połączeniu z prostokątem pełnoekranowym, na który nakładany jest obraz. Prostokąt jest niezależny od widoku i perspektywy i zawsze szczelnie wypełnia ekran. Dzięki wprowadzeniu tego dodatkowego etapu możliwe jest stosowanie przeróżnych filtrów i efektów graficznych w przestrzeni obrazu.

Stosowanie efektów po wyrenderowaniu sceny do tekstury i nałożeniu na ekran doczekało się nazwy „post-processing”.

Innym ciekawym, możliwym do uzyskania w ten sposób efektem jest rozmycie ruchu. W tym celu nie czyścimy bufora koloru ekranu z poprzedniej klatki, a nakładając pełnoekranowy prostokąt, rysujemy go z mieszaniem alfa. Intensywność efektu zależy od wartości kanału alfa prostokąta.

Przydatne, przykładowe instrukcje:

C++ DirectX:

```
D3DXCreateTexture(pd3dDevice, width, height, 1, D3DUSAGE_RENDERTARGET,  
D3DFMT_A8R8G8B8, D3DPOOL_DEFAULT, &pOriginTexture);
```

```
SetRenderTarget(...)
```

```
RenderCopy(...)
```

OpenGL:

W OpenGL warto skorzystać z instrukcji podobnych jak poniżej:

```
glGenFramebuffersEXT(1, &fbo);
glBindFramebufferEXT(GL_FRAMEBUFFER_EXT, fbo);
glFramebufferTexture2DEXT(GL_FRAMEBUFFER_EXT, GL_COLOR_ATTACHMENT0_EXT,
    GL_TEXTURE_2D, colorTex, 0);
glFramebufferTexture2DEXT(GL_FRAMEBUFFER_EXT, GL_DEPTH_ATTACHMENT_EXT,
    GL_TEXTURE_2D, depthTex, 0);
glBindFramebufferEXT(GL_FRAMEBUFFER_EXT, ...);
```

Na prawie wszystkich kartach graficznych można skorzystać z jednej prostej instrukcji:

```
glCopyTexImage2D(...);
```

W tym drugim przypadku odbywa się faktycznie kopiowanie z bufora koloru do tekstury, więc tekstura musi mieć identyczne rozmiary i format jak bufor koloru.

Zadanie 22. [+3 punkty]

Dodaj na powierzchni planetoidy telebim ekran. Jedna jego strona teksturowana powinna być przy pomocy obrazu otrzymanego przez renderowanie do tekstury z pewnej konfiguracji kamery, dla której widać stację badawczą. W każdej klatce poza zwykłym obrazem, renderujemy także do tekstury (z ustalonego miejsca kamery) i wykorzystujemy wynik do teksturowania prostokąta. Zadanie to można połączyć z zadaniem 5.

Zadanie 23. [+4 punkty]

Scenę należy wyrenderować do tekstury i użyć jej do uzyskania efektu rozmycia ruch zgodnie z opisem powyżej.

Zadanie 24. [+5 punkty] [wymagane zadanie 15.]

Teksturę sześcienną użytą do mapowania środowiskowego lustrzanego obiektu należy uzyskać poprzez renderowanie sceny do każdej z sześciu tekstur mapy sześciennnej. Poszczególne tekstury uzyskujemy ustawiając kamerę w środku obiektu (skierowaną odpowiednio w górę/dół/lewo/prawo/przód/tył). Należy upewnić się, proporcje renderowanego obrazu (*aspect ratio*) wynoszą 1:1 (obraz jest kwadratowy) oraz, że kąt widzenia kamery w pionie i poziomie wynosi 90° (tak, aby na sześciu ścianach uzyskać pełny obraz sceny). Przy renderowaniu sceny do tych sześciu tekstur należy upewnić się, że mimo iż kamera znajduje się wewnątrz modelu, on sam nie zasłania całej reszty sceny.

H. Płaszczyzny obcinania (max 4 punkty)

DirectX, XNA oraz OpenGL umożliwiają zdefiniowanie, zwykle do sześciu, płaszczyzn obcinania geometrii sceny („user clipping planes”). Tylko ta część geometrii sceny, która znajduje się po przedniej stronie aktywnych płaszczyzn obcinania jest rysowana. Do definiowania i włączania płaszczyzn obcinania w OpenGL służą polecenia: `glEnable(GL_CLIP_PLANE0+i)`, `glClipPlane(...)`.

Zadanie 25. [+4 punkty]

Płaszczyznę można zdefiniować jednoznacznie podając dowolny jej punkt i wektor prostopadły do niej (normalną). Niech w scenie zostanie wykorzystana płaszczyzna obcinania, którą można przesuwać w trakcie działania programu wzdłuż jednej z osi planetoidy.

Część sceny znajdująca się po jednej stronie płaszczyzny obcinania powinna być rysowana normalnie, natomiast druga część jako wireframe (widok krawędziowy, bez wypełniania trójkątów).

Jak łatwo się domyślić, zadanie wymaga dwóch przebiegów rysowania sceny ☺

I. GUI (max 6 punktów)

Zadanie 28. [+6 punktów] [wymaga zadania 2. oraz 3.]

Zadanie polega na stworzeniu GUI przy pomocy wyświetlania półprzezroczystych prostokątów, które nie są poddawane przekształceniom widoku i projekcji. Dodatkowo niech prostokąty mają zaokrąglone rogi – aby to zrealizować należy użyć kanału alfa (ponieważ tekstura musi być klasycznym prostokątem).

Pozycja i rozmiar prostokątów definiowane są we współrzędnych ekranu:

$[0..1] \times [0..1]$ lub $[-1..1] \times [-1..1]$ (zależnie od przyjętych ustaleń).

Gwoli ścisłości - przez rozmiar należy rozumieć prostokąt opisany na prostokącie z zaokrąglonymi rogami (czyli tak jak intuicja podpowiada).

Prostokąty zawsze zajmują tę samą część ekranu niezależnie od rozdzielczości i rozmiaru okna. Jeżeli przyjmiemy notację $[0..1] \times [0..1]$ oraz przykładowy prostokąt ma pozycję (0.2, 0.2) i wymiary (0.5, 0.5) to zawsze umieszczony jest w punkcie leżącym na 20% długości i szerokości a długość i szerokość ma równe 50% ekranu.

Należy umożliwić łatwą modyfikację rozmiarów prostokątów z poziomu kodu lub w pliku wejściowym. Warstwa graficzno-estetyczna nie jest oceniana i nie musi być dopracowana.

Minimalna funkcjonalność GUI to:

- interfejs dla zadań 2 i 3
- listBox z wyborem rozdzielczości ekranu (co najmniej 3 **różne** rozdzielczości do wyboru; mogą być z góry ustalone np. 1440x900, 1900x1080, 1900x1200).

Po wybraniu danej rozdzielczości, zmiana jest aplikowana w programie.

GUI można otworzyć lub zamknąć przyciskiem np. spacją lub escape.



[Przykład – GUI w silniku OGRE]

Wszelkie pytania, wątpliwości, prośby o dokładniejsze wyjaśnienia konkretnych zadań proszę kierować na adres mailowy: P.Aszklar@mini.pw.edu.pl

Termin oddania projektu: 13. grudnia 2018r.