Politechnika Wrocławska

Grafika komputerowa i komunikacja człowiek-komputer

Laboratorium nr 6

Teksturowanie obiektów

Szymon Datko

szymon.datko@pwr.edu.pl

Wydział Elektroniki,

Politechnika Wrocławska

semestr zimowy 2020/2021

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wrocławska

Cel ćwiczenia

1. Zapoznać się i zrozumieć zagadnienie teksturowania.
2. Poznać sposób aplikowania tekstury na zdefiniowane powierzchnie.
3. Nauczyć się jak stworzyć własną teksturę dla własnego obiektu.

W jaki sposób narysować złożone scenerie?

Źródło obrazka:
https://magazyn.ceneo.pl/artykuly/Zagraj-bezplatnie-w-Wolfenstein-3D-za-pomoca-przegladarki

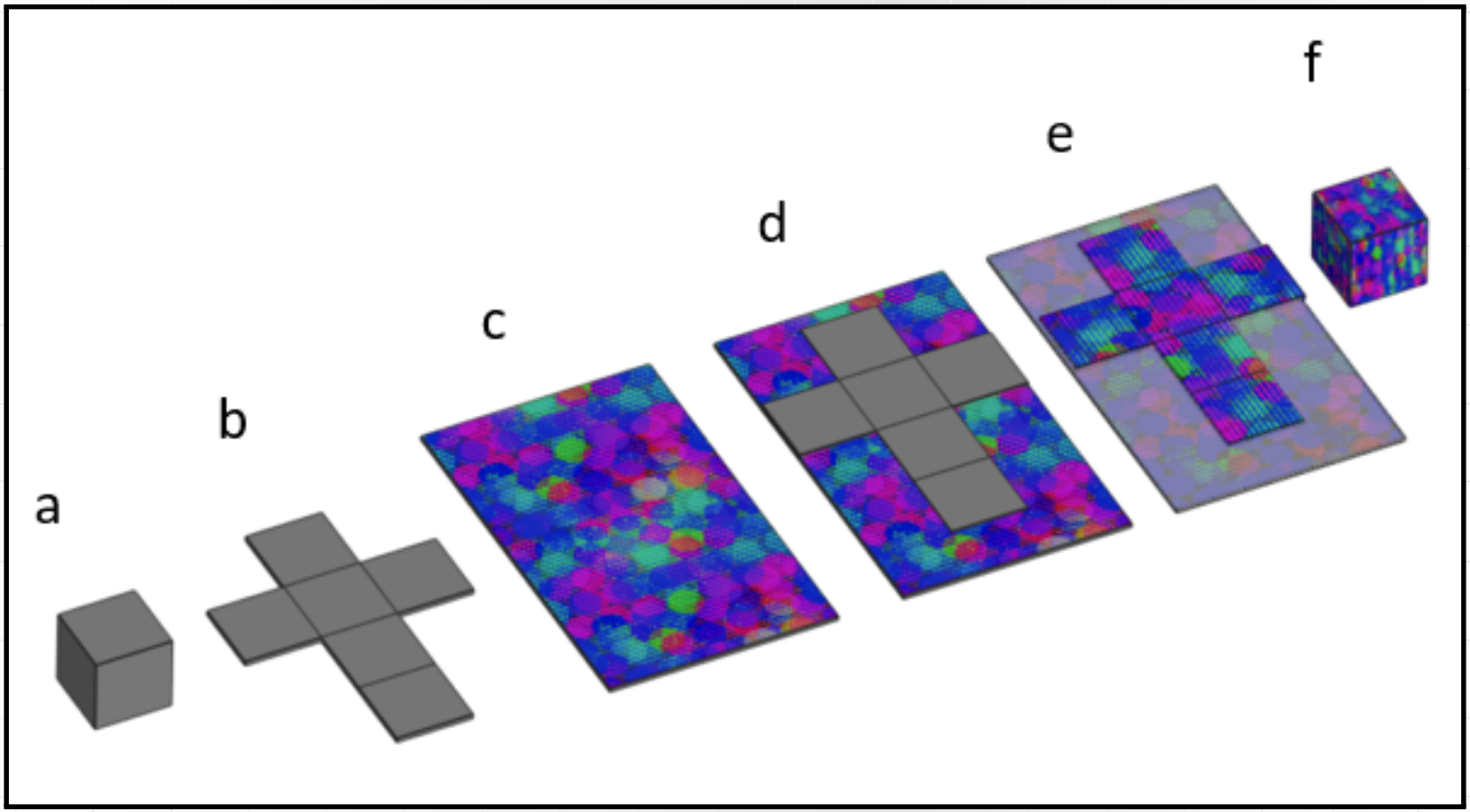
Politechnika Wrocławska

Tekstury

- bufory ze zdefiniowanymi mapami kolorów,
- intuicyjnie: obrazki rozciągane pomiędzy wierzchołkami,
- mogą stanowić dane wejściowe, jak i miejsce na zapis wyniku prac,
- najczęściej wykorzystywane w shaderze fragmentów, poprzez:
  - obiekty typu `uniform sampler` (odniesienie do bufora),
  - określenie koloru fragmentu przez współrzędne w teksturze;
- podstawowe rodzaje tekstur:
  - 1-wymiarowe,
  - 2-wymiarowe,
  - 3-wymiarowe;
- kiedyś ograniczone: kwadratowe, rozmiary boków jako potęgi liczby 2,
  - wciąż jednak lepiej jest trzymać się tych założeń co do tekstur.

Teksturowanie – idea

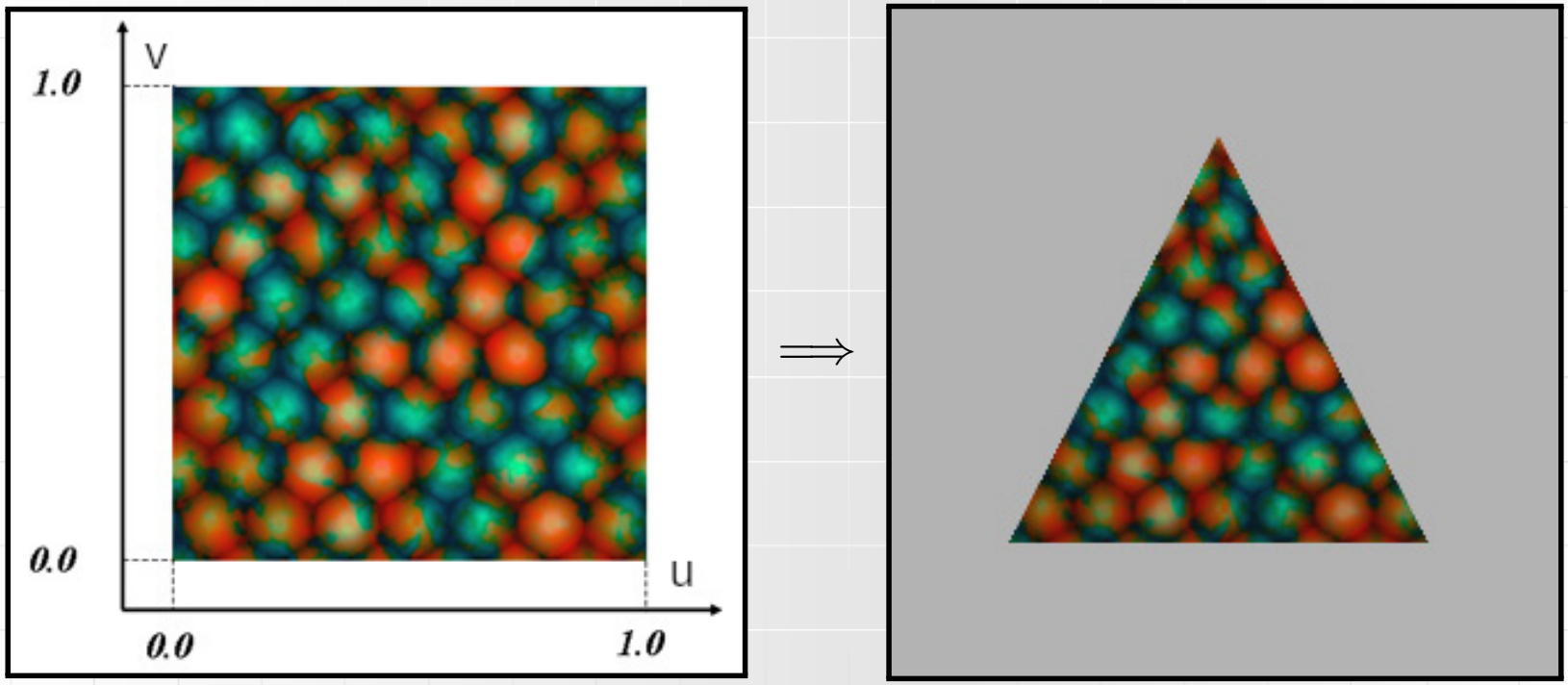
- do wierzchołków modelu mapuje się punkty z przestrzeni UV tekstury,
- w Legacy OpenGL stosuje się do tego funkcję `glTexCoord()`,



Źródło:
https://grabcad.com/tutorials/texture-bump-and-displacement-how-to-make-photorealistic-models

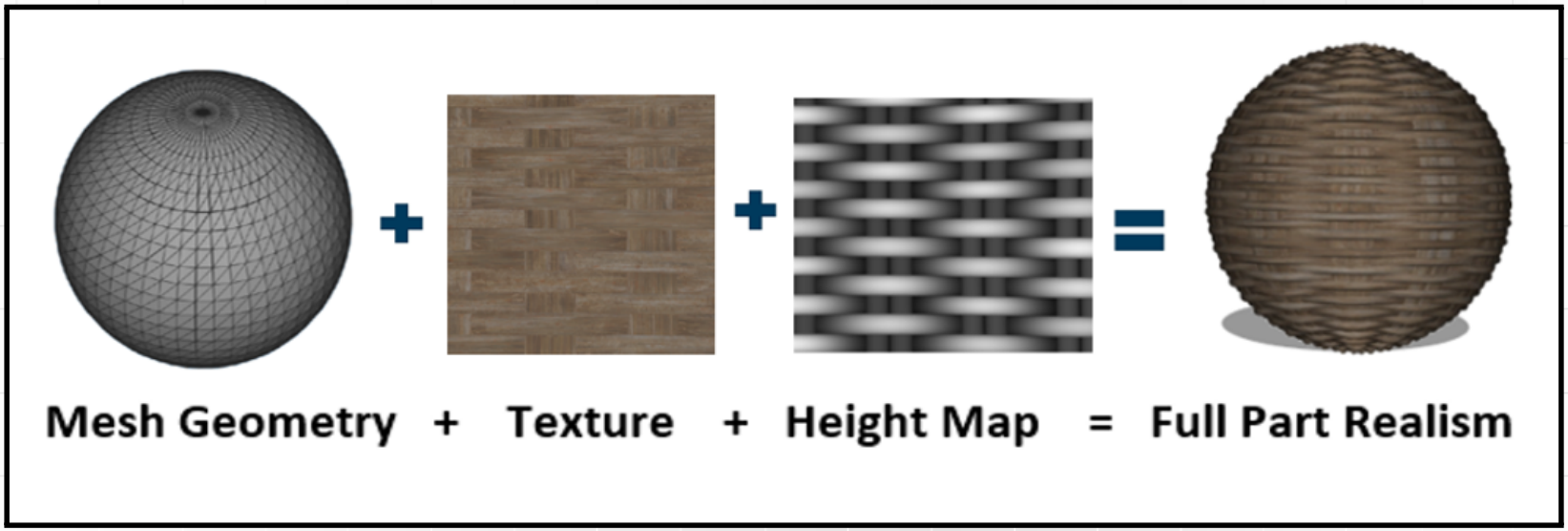
Tekstura w kontekście OpenGL

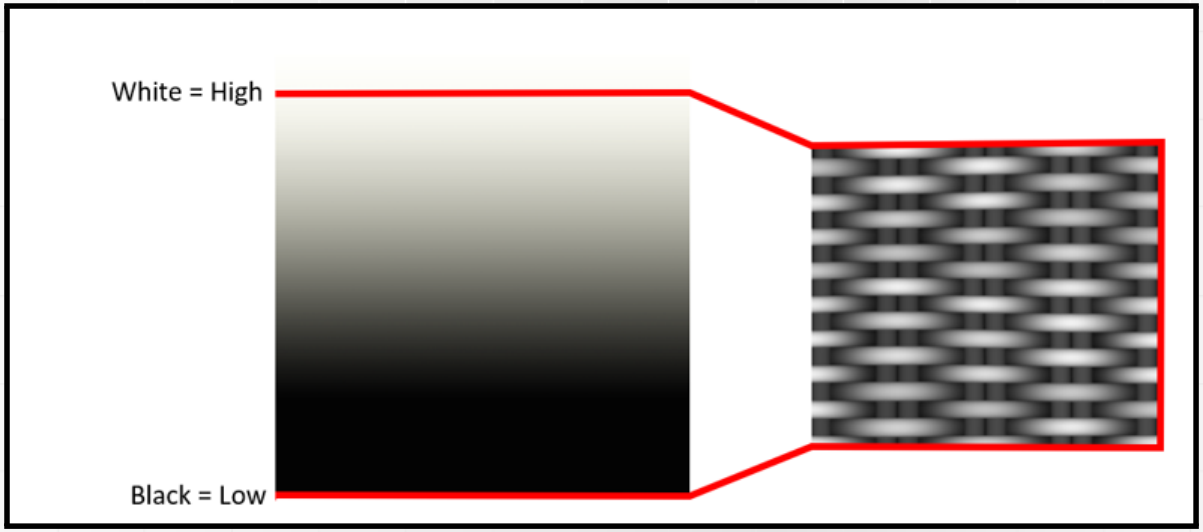
- po wczytaniu, tekstura zostaje zmapowana do przestrzeni jednostkowej,
- zastosowane tu współrzędne tekstury: $(0.0, 0.0)$, $(1.0, 0.0)$, $(0.5, 1.0)$,
- wywołanie `glTexCoord()` następuje tuż przed `glVertex()`,



Źródło: http://www.zsk.ict.pwr.wroc.pl/zsk/dyd/intinz/gk/lab/cw_6_dz/

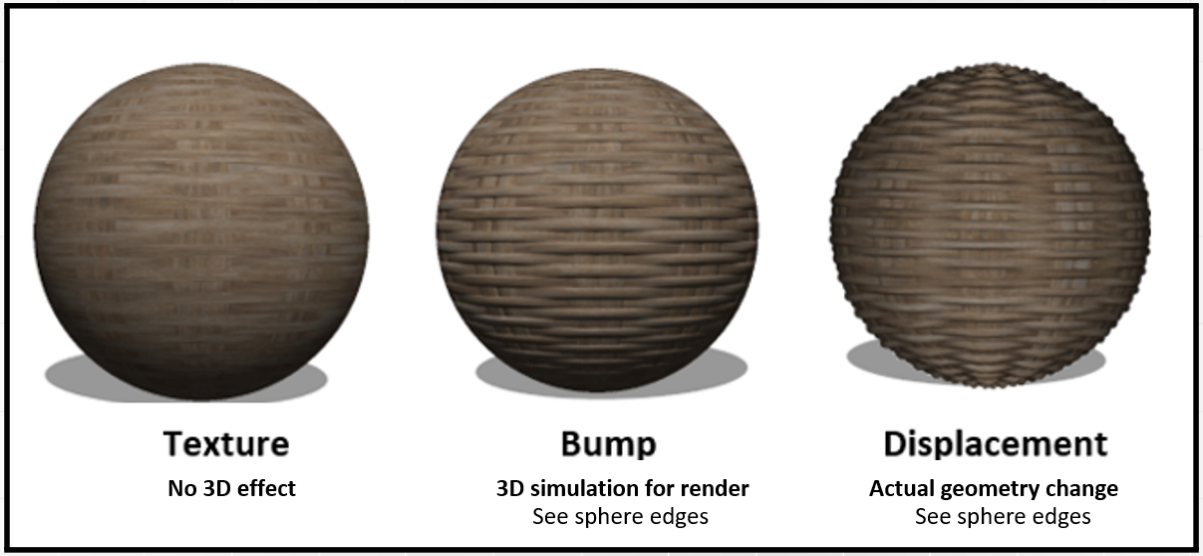
Tekstury to nie tylko mapy kolorów!

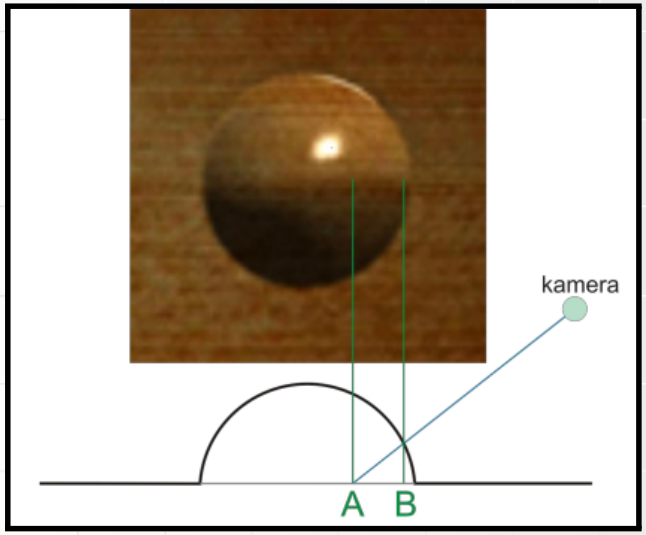


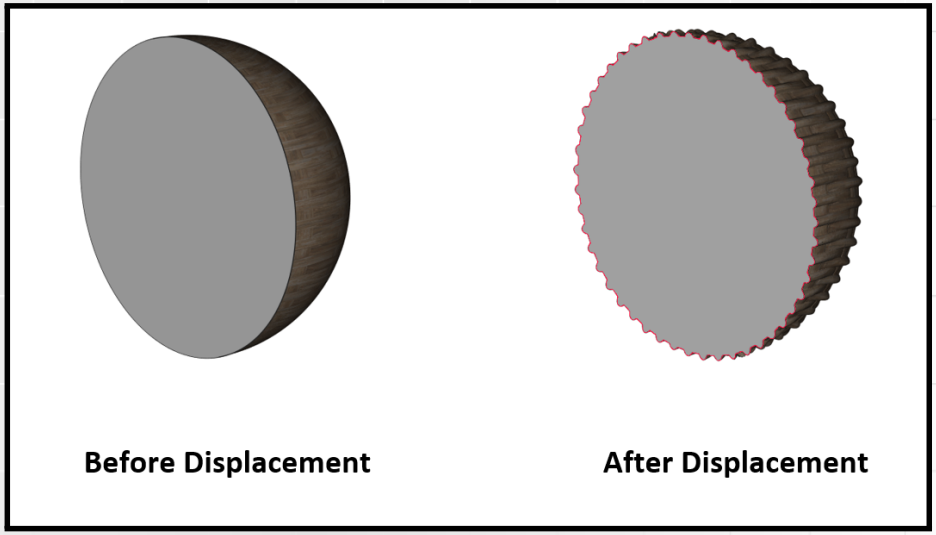


Źródło:
https://grabcad.com/tutorials/texture-bump-and-displacement-how-to-make-photorealistic-models

Praca na fragmentach, a praca na geometrii







Źródło: Dr inż. Rafał Wcisło "Rendering czasu rzeczywistego" (AGH) [Mapowanie paralaksy], https://grabcad.com/tutorials/texture-bump-and-displacement-how-to-make-photorealistic-models

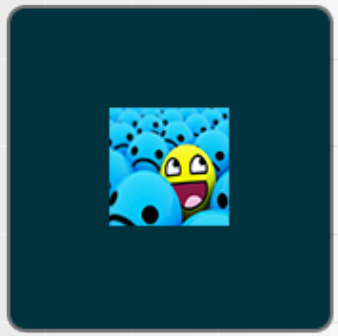
Zawijanie i filtrowanie tekstur

- domyślnie każda tekstura, niezależnie od rozmiaru w pikselach, jest mapowana do układu współrzędnych jednostkowych,
- wybrane wartości i zaokrąglenia mogą skutkować artefaktami.

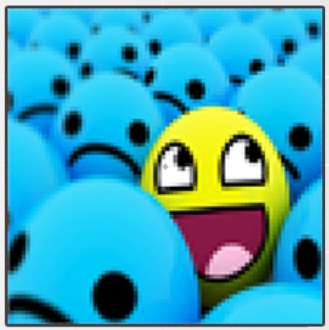
GL_REPEAT

GL_MIRRORED_REPEAT

GL_CLAMP_TO_EDGE



GL_CLAMP_TO_BORDER



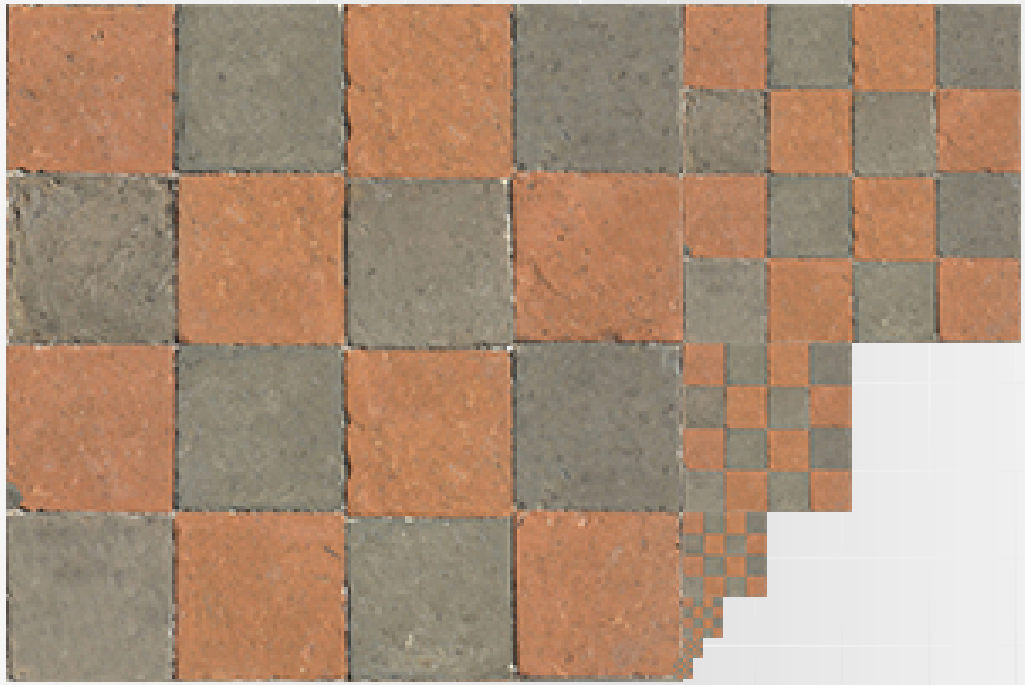
GL_NEAREST

GL_LINEAR

Źródło: https://learnopengl.com/Getting-started/Textures

Mipmapy

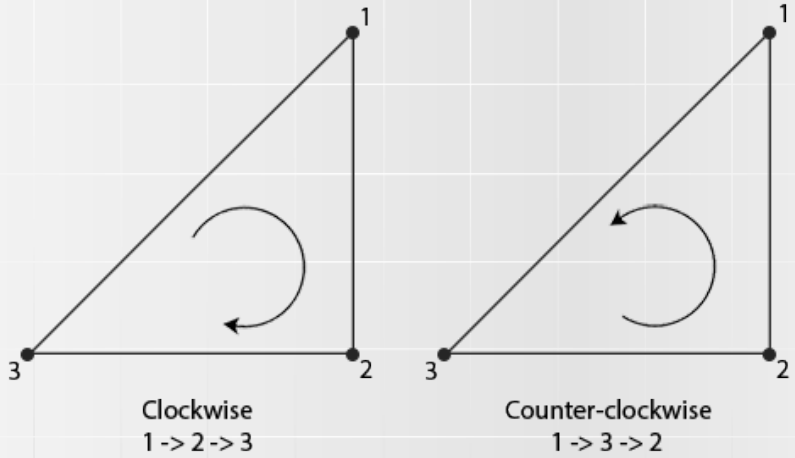
- nawet przy zastosowaniu filtrowania, mogą się pojawić problemy, na przykład przy rysowaniu małych, daleko odległych obiektów,
- problemy zaokrągleń rozwiązuje wtedy użycie mniejszych tekstur,
- mogą one być wczytane, lub wygenerowane z oryginalnej tekstury.



Źródło: https://learnopengl.com/Getting-started/Textures

Usuwanie niewidocznych ścian

- podczas renderingu rysowane są wszystkie powierzchnie w bryle widzenia,
- jedna strona z tych powierzchni najczęściej nie jest widoczna nigdy,
- tzw. *Face Culling* pozwala zaoszczędzić na nich część obliczeń GPU,
- jest to także pomocne przy rysowaniu bardzo cienkich obiektów,
- działanie mechanizmu (to, co być widoczne i kiedy) jest konfigurowalne.



Źródło: https://learnopengl.com/Advanced-OpenGL/Face-culling

Nowości w przykładowym programie (1/2)

- Załadowano moduł, pozwalający wczytywać obrazy w języku Python.

```
from PIL import Image
```

- Dodano funkcje związane z uaktywnieniem teksturowania.

```
1| def startup():
2|     ...
3|
4|     glEnable(GL_TEXTURE_2D)
5|     glEnable(GL_CULL_FACE)
6|     glTexEnvi(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE)
7|     glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR)
8|     glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR)
9|
10|    image = Image.open("tekstura.tga")
11|
12|    glTexImage2D(
13|        GL_TEXTURE_2D, 0, 3, image.size[0], image.size[1], 0,
14|        GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, image.tobytes("raw", "RGB", 0, -1)
15|    )
```

– Linie 4-8 włączają mechanizm teksturowania i opisują jego ustawienia.

– Linie 10-15 to wczytanie obrazka z dysku i załadowanie go do pamięci.

Nowości w przykładowym programie (2/2)

- W funkcji `render()` narysowano trójkąt z mapowaniem tekstury.

```
1| def render(time):
2|     global theta
3|
4|     glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT)
5|     glLoadIdentity()
6|
7|     gluLookAt(viewer[0], viewer[1], viewer[2],
8|               0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0)
9|
10|    if left_mouse_button_pressed:
11|        theta += delta_x * pix2angle
12|
13|    glRotatef(theta, 0.0, 1.0, 0.0)
14|
15|    glBegin(GL_TRIANGLES)
16|    glTexCoord2f(0.0, 0.0)
17|    glVertex3f(-5.0, -5.0, 0.0)
18|    glTexCoord2f(1.0, 0.0)
19|    glVertex3f(5.0, -5.0, 0.0)
20|    glTexCoord2f(0.5, 1.0)
21|    glVertex3f(0.0, 5.0, 0.0)
22|    glEnd()
23|
24|    glFlush()
```

Politechnika Wrocławska

Koniec wprowadzenia.

Zadania do wykonania...

Zadania do wykonania (1)

Na ocenę **3.0** należy narysować oteksturowany kwadrat.

Wskazówka:

- kwadrat powinien być widoczny tylko z jednej strony,
  - chodzi o zobaczenie działania tak zwanego *face cullingu*,
  - jeśli występuje problem z widocznością, należy zmienić kolejność wierzchołków (czyli wywołań `glVertex()` i z nimi związanych),
- cały plik tekstury powinien zmieścić się na powierzchni kwadratu,
  - bez żadnych widocznych artefaktów łączenia, itd.

Zadania do wykonania (2)

Na ocenę **3.5** należy przygotować oteksturowany ostrosłup.

Wskazówka:

- podstawą bryły powinien być kwadrat z poprzedniego zadania,
  - z boków kwadratu powinny wychodzić trójkąty do wspólnego wierzchołka,
  - ten dodatkowy wierzchołek powinien znaleźć się nad środkiem kwadratu,
- teksturę zmapować w taki sposób, aby cała ona znalazła się na wystającej stronie tworzonej bryły (przy patrzeniu "z góry" widoczna jako kwadrat),
  - każdy trójkąt powinien zawierać ćwiartkę wejściowego obrazu,
  - widocznym efektem będzie przestrzenny obraz z podstawy,
- należy umożliwić ukrywanie i pokazywanie przynajmniej jednej ze ścian,
  - obsłużyć to na przykład za pomocą zdarzenia naciśnięcia klawisza,
- *face culling* powinien pozostać aktywny w ramach tego zadania.

Zadania do wykonania (3)

Na ocenę **4.0** należy stworzyć i zastosować własną teksturę.

Wskazówka:

- utworzyć plik graficzny o rozmiarze na przykład 256x256 pikseli,
- wykorzystać na przykład program **Gimp** (GNU Image Manipulation Program),
  - zapis pliku za pomocą Plik > Eksportuj jako...,
  - format TGA,
  - orientacja Bottom Left (Dolny Lewy),
  - eksport koniecznie BEZ kompresji,
- dodatkowe punkty można uzyskać za przygotowanie własnej tekstury z motywem Tosi (kota w pralce) oraz innego znanego celebryty ;-)

Politechnika Wrocławska

Zadania do wykonania (4)

Na ocenę **4.5** należy wprowadzić możliwość przełączania tekstur.

Wskazówka:

- końcowy efekt, jaki chcemy uzyskać, to
  - dwa niezależnie oteksturowane obiekty obok siebie,
  - lub przełączanie (np. klawiszem) tekstur na jednym obiekcie,
- pliki tekstur (obrazki) mogą być wczytane wcześniej w programie,
  - przechowywane w pamięci RAM, czyli w ramach zmiennych,
  - nie otwierać pliku na dysku i nie czytać go w funkcji `render()` (!),
- teksturę w pamięci karty graficznej można podmienić za pomocą wywołania `glTexImage2D()` ze wskazaniem nowych danych tekstury.

Politechnika Wrocławska

Zadania do wykonania (5)

Na ocenę **5.0** należy nałożyć teksturę na jajko.

Wskazówka:

- współrzędne wierzchołków modelu są wyznaczane z przestrzeni jednostkowej (u, v), która nieprzypadkowo jest również jednostkowa,
  - można to wykorzystać do zmapowania współrzędnych tekstury,
- znając budowę naszego modelu, zasadniczo podejścia są dwa:
  - odpowiednio przeliczyć współrzędne tekstury na powierzchni jajka,
  - przygotować teksturę, pasującą do wykorzystania zmiennych u i v,
- *face culling* powinien pozostać aktywny w ramach tego zadania,
  - na połówce konieczna może być zmiana kolejności wierzchołków.