3D-модели.
Загрузка 3D моделей

Компьютерная графика

Лектор: Демяненко Я.М., 4-й курс ФИИТ, 2026

План

Описание моделей

Форматы для хранения моделей

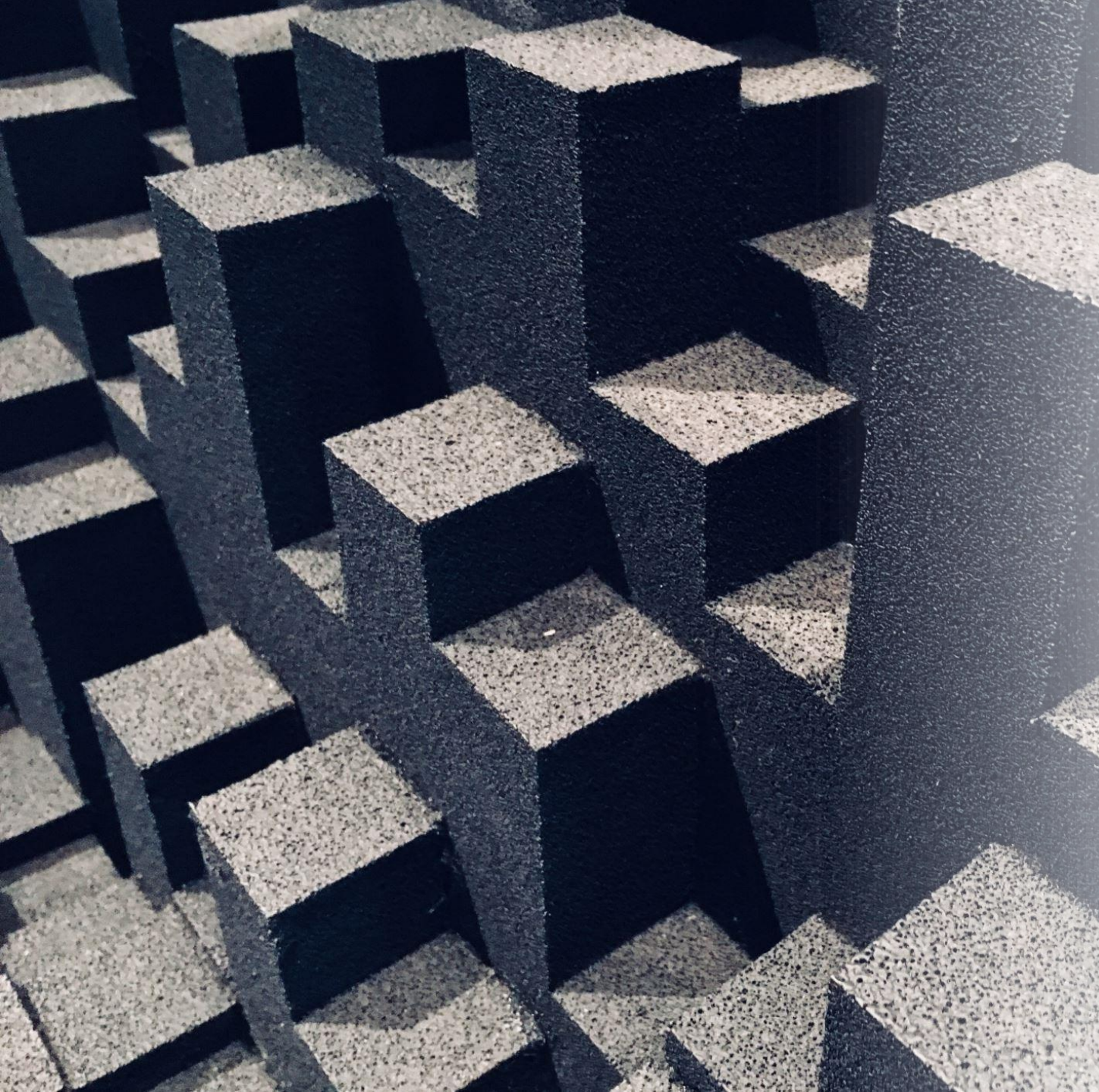
Меши. Что нужно хранить?

Требования к мешам

Форматы OBJ и COLLADA

Типы задания 3D-моделей

- каркасные
- поверхностные
- твердотельные



Твердотельные

- в виде комбинации – поверхностная модель + описание внутренней структуры
- ячеечное представление (используется, если нужны только точные данные)
- в виде графических примитивов
  - конус
  - куб
  - и так далее

Виды описания поверхностей

общий

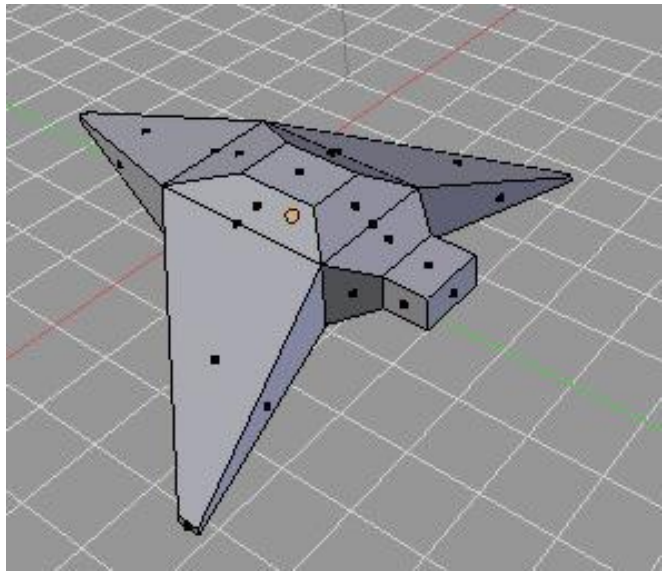
канонический

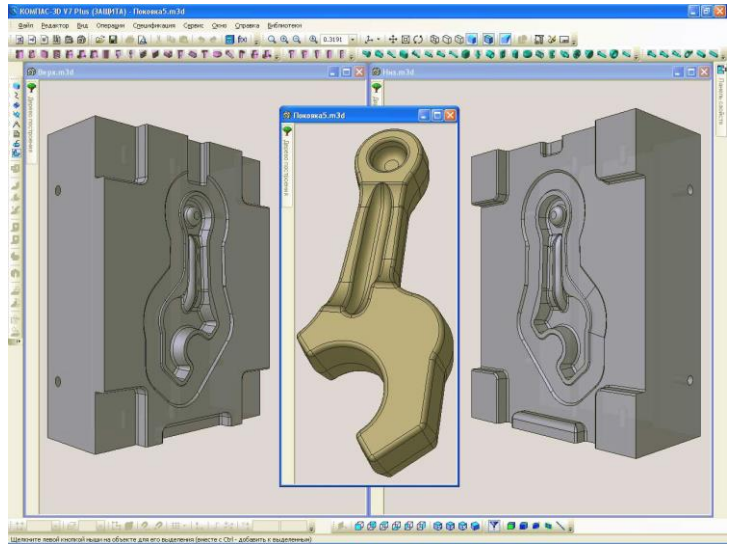
параметрический

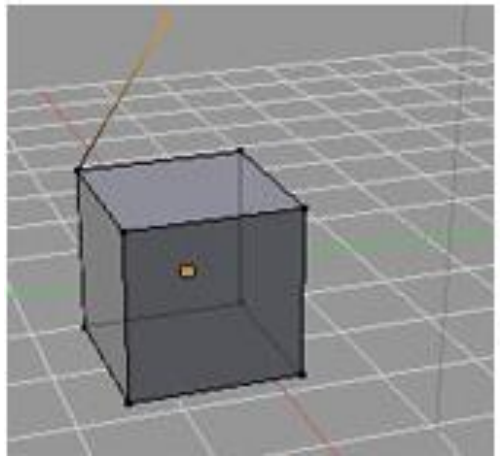
с помощью экструзий

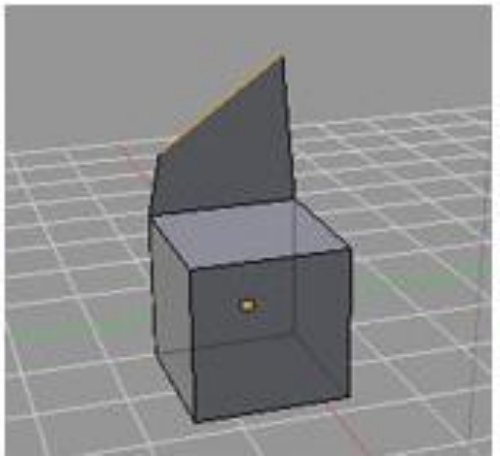
с помощью фракталов

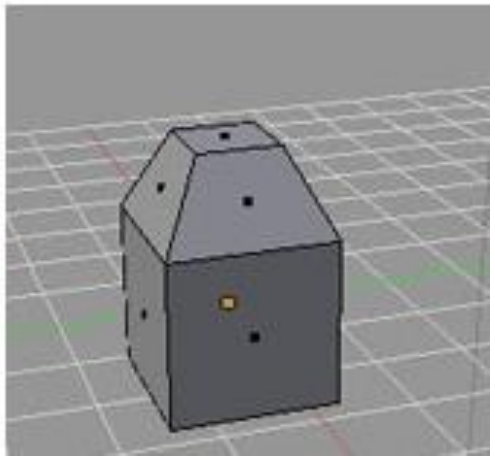
Экструзия



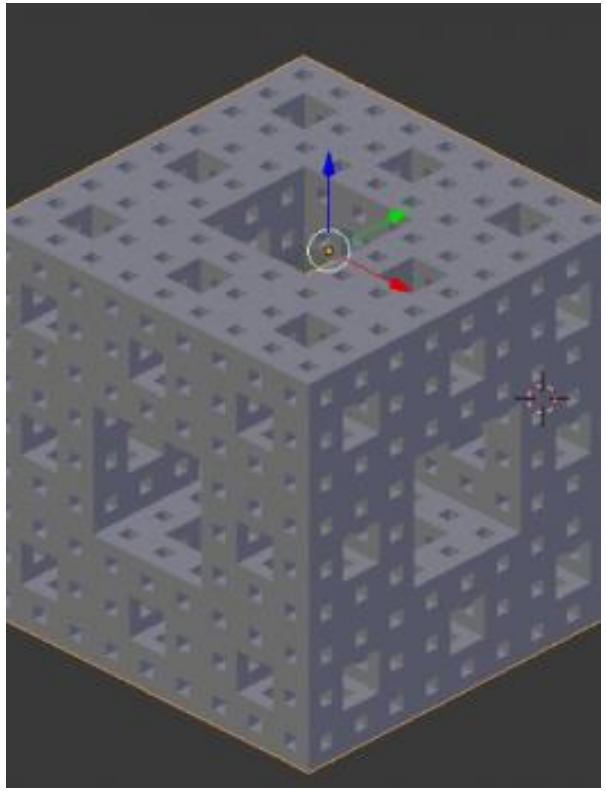
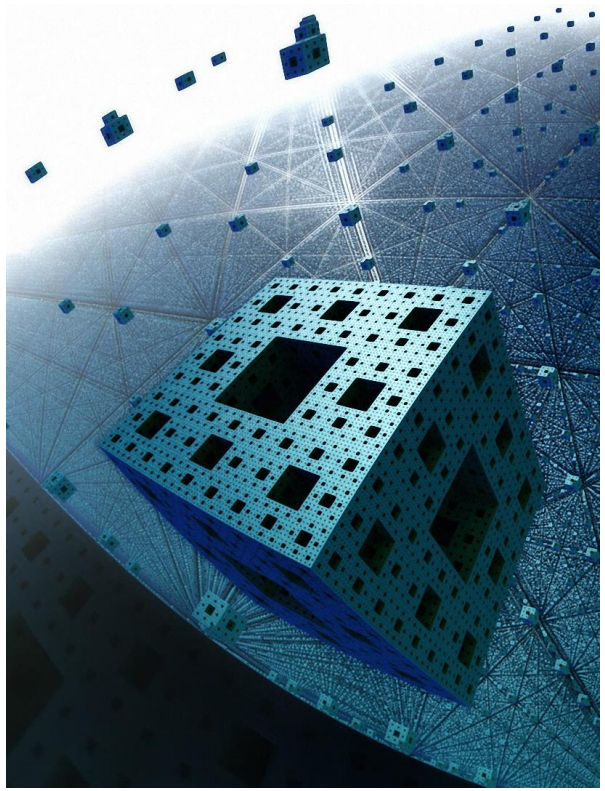






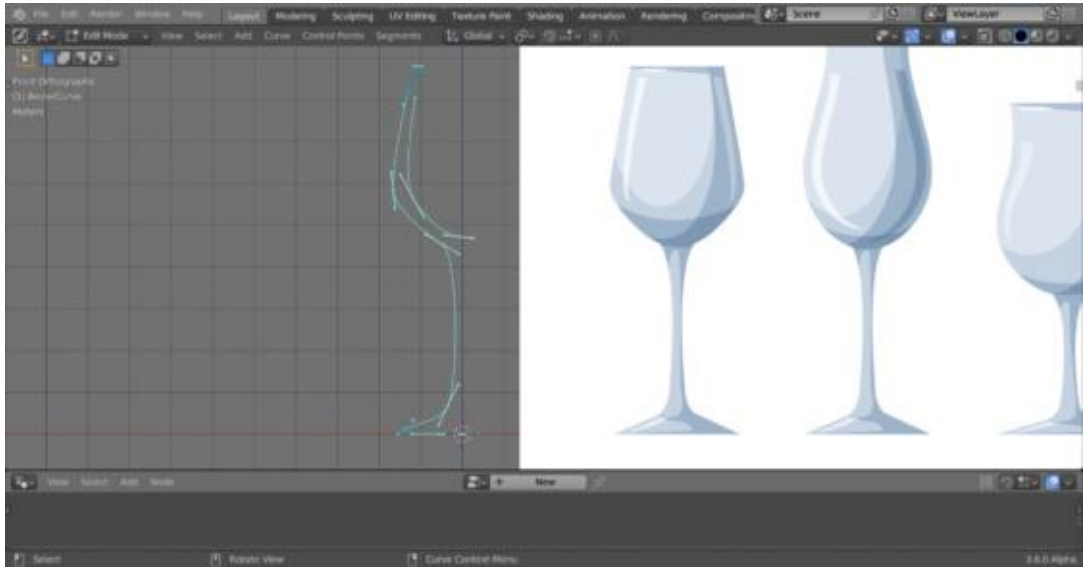


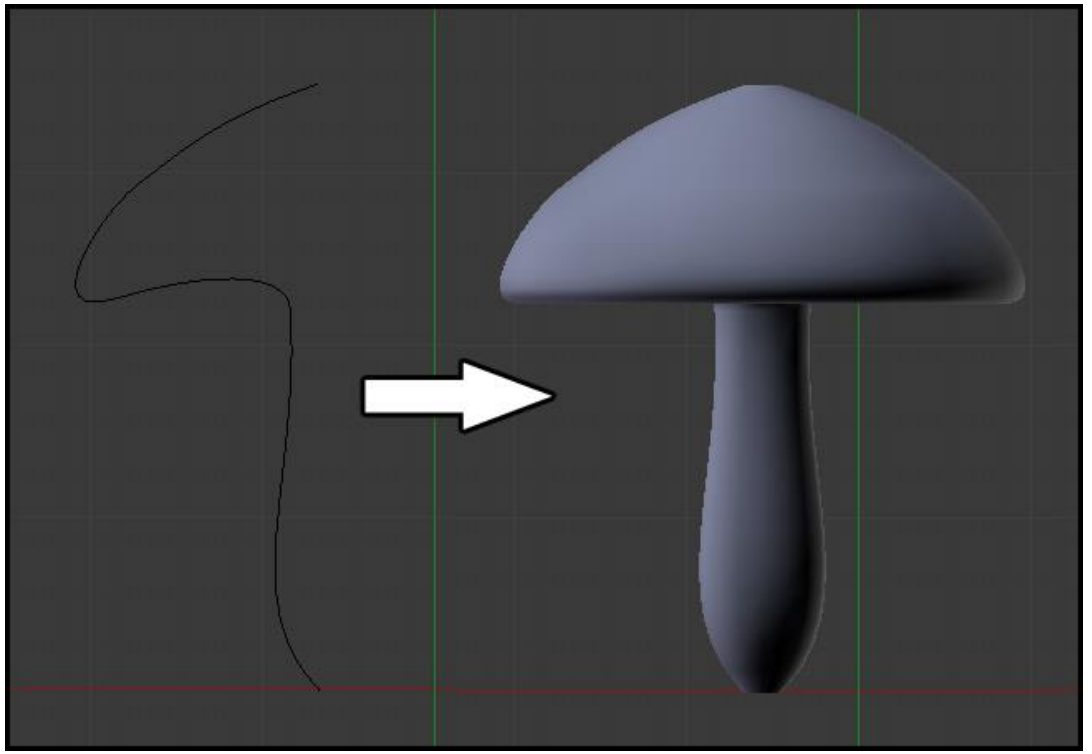
Пример 3D фрактальных моделей



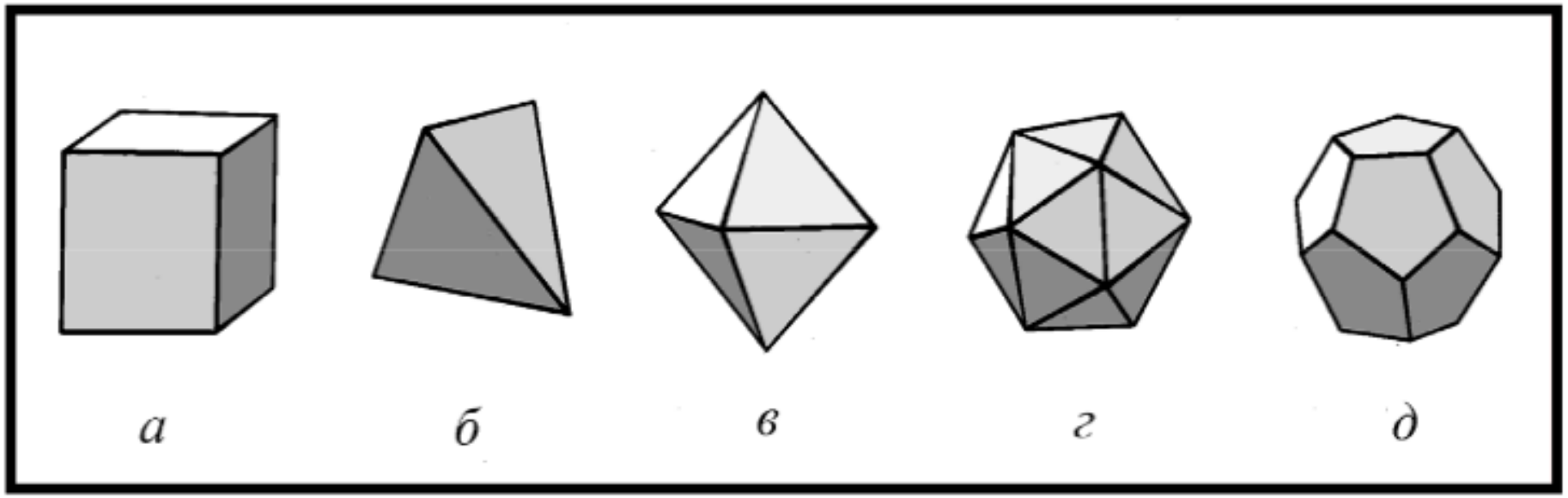
Фигуры вращения

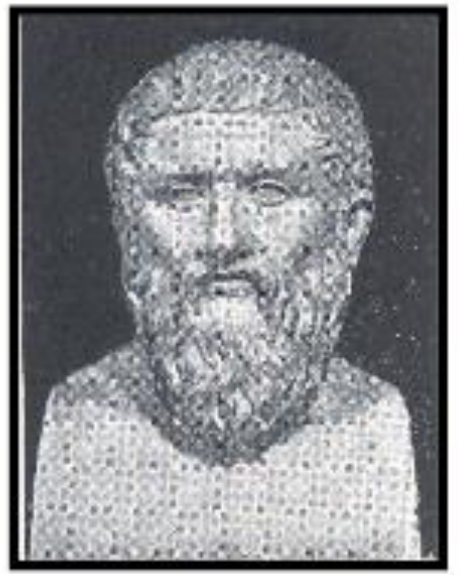




Платоновы тела

Платон (428 – 348 гг до н э)





Платоновы тела

	грани	ребра	вершины
тетраэдр			
октаэдр			
гексаэдр			
додекаэдр			
икосаэдр			

Платоновы тела

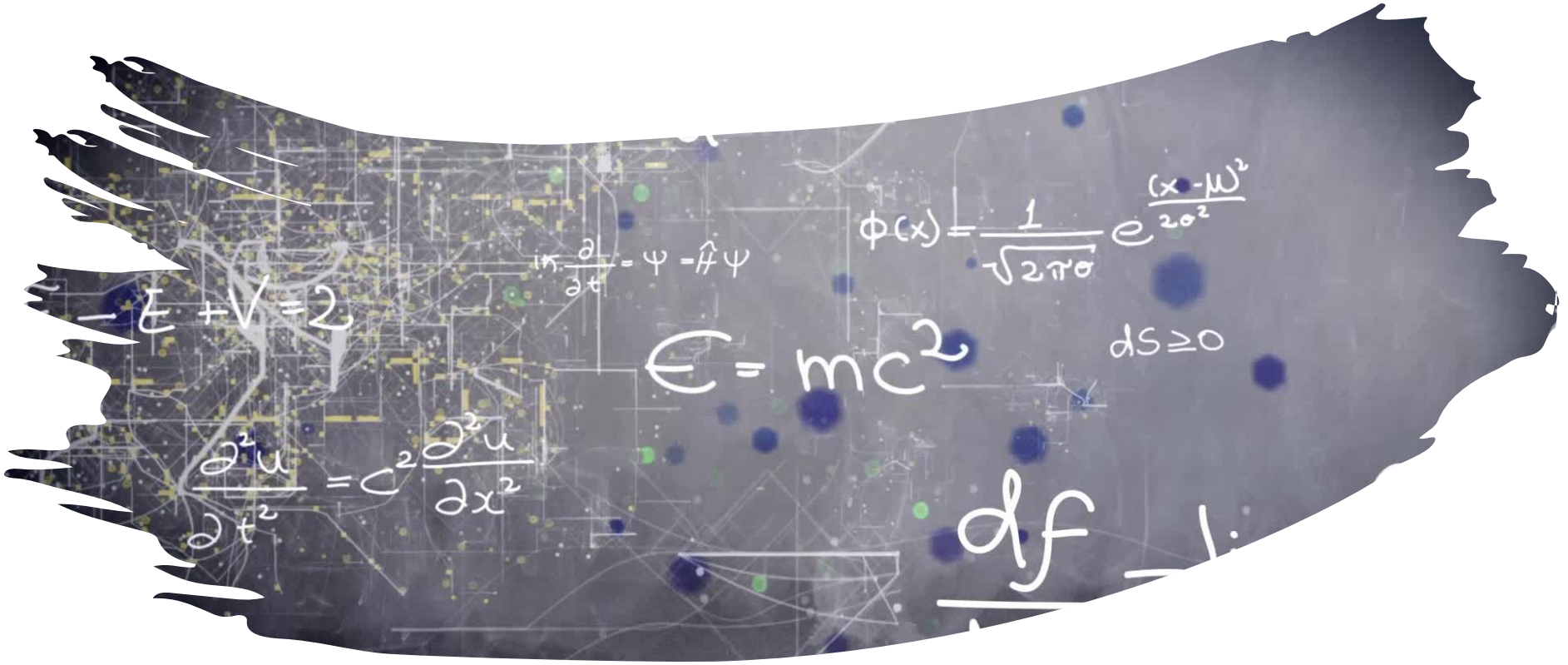
	грани	ребра	вершины
тетраэдр	4		
октаэдр	8		
гексаэдр	6		
додекаэдр	12		
икосаэдр	20		

Платоновы тела

	грани	ребра	вершины
тетраэдр	4		4
октаэдр	8		6
гексаэдр	6		8
додекаэдр	12		20
икосаэдр	20		12

Платоновы тела

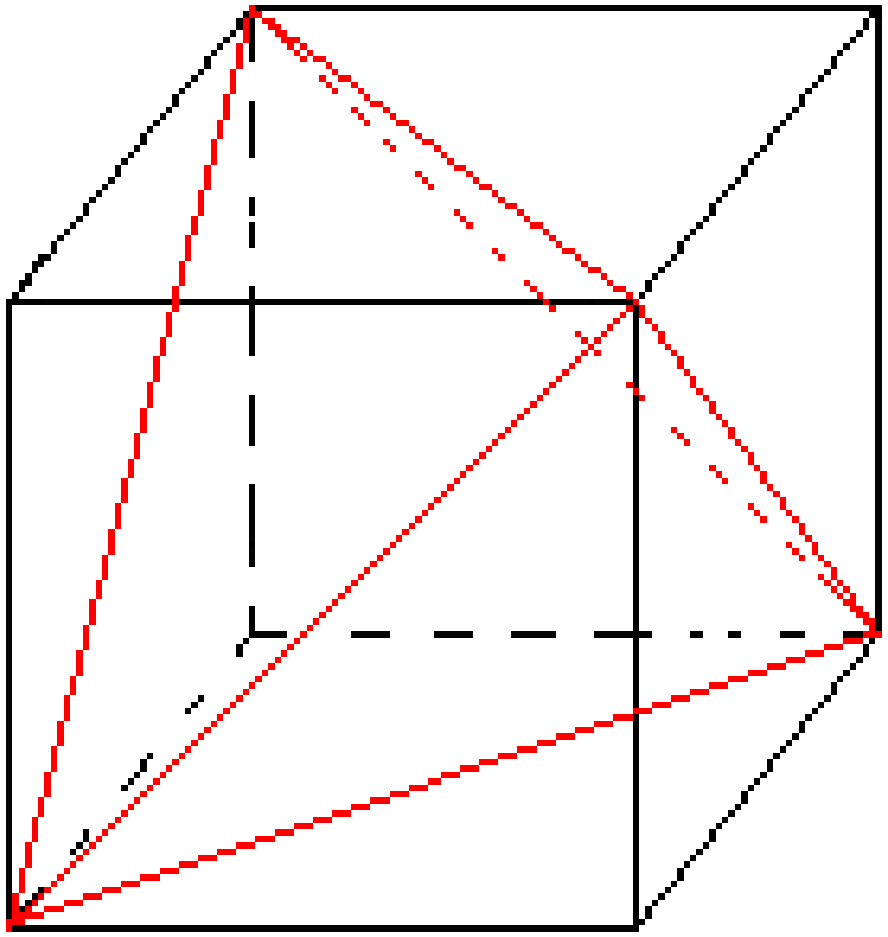
	грани	ребра	вершины
тетраэдр	4	6	4
октаэдр	8	12	6
гексаэдр	6	12	8
додекаэдр	12	30	20
икосаэдр	20	30	12



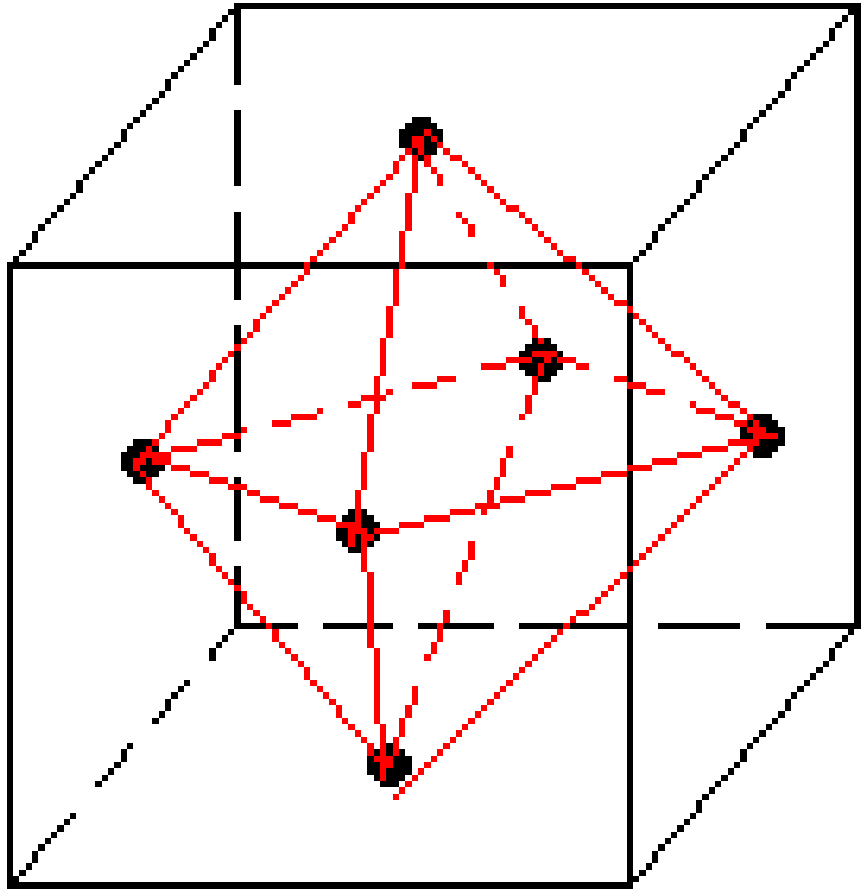
Формула Эйлера

Г+В=Р+2

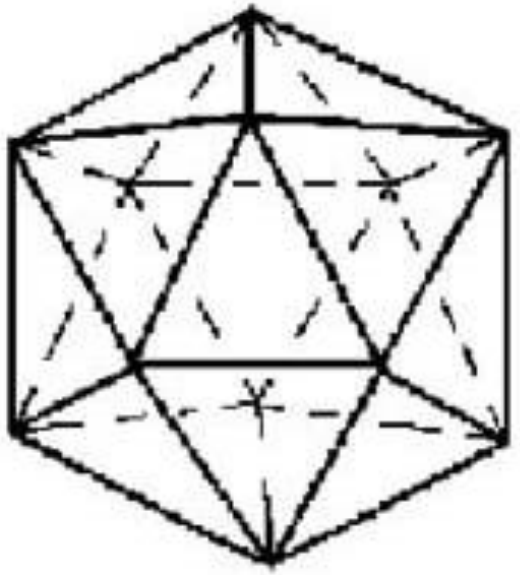
Куб → Тетраэдр



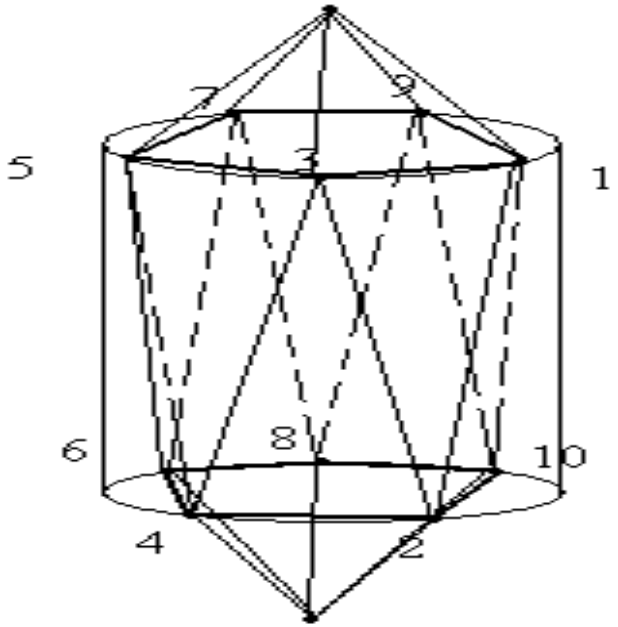
Куб → Октаэдр



Цилиндр → Икосаэдр

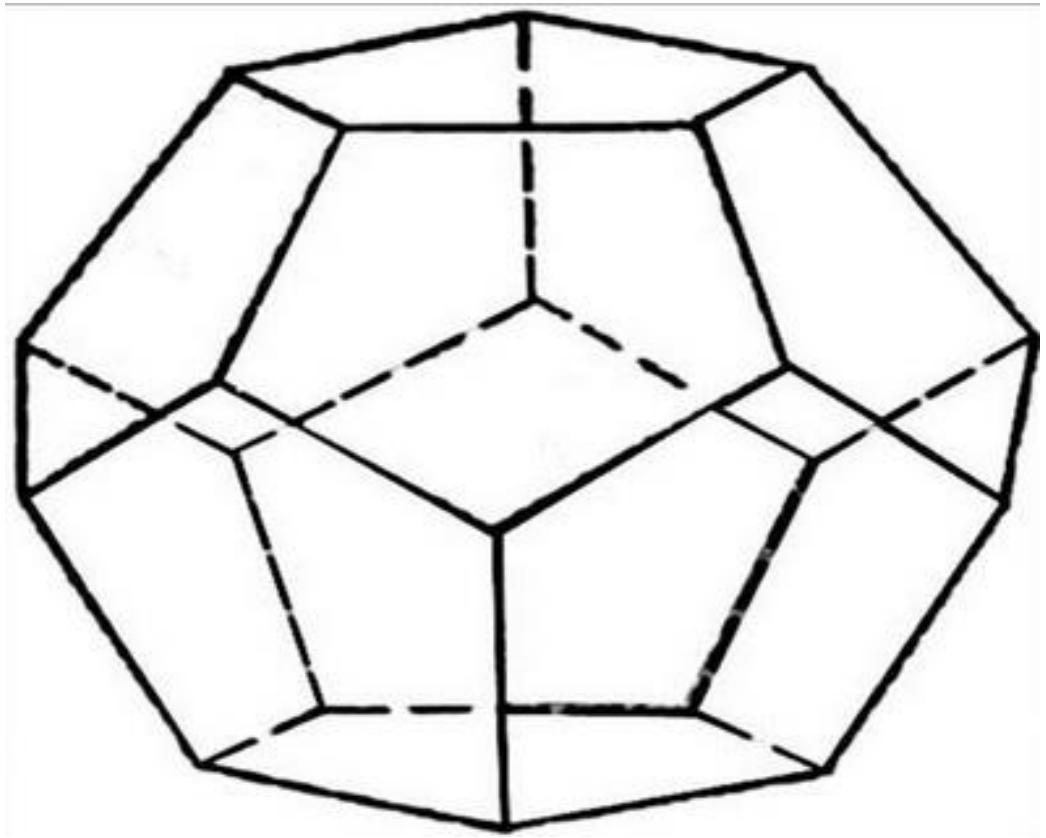


(0,0,±√5/2)



Каждая вершина додекаэдра будет центром тяжести каждой грани икосаэдра

Цилиндр → Икосаэдр → Додекаэдр



План

Описание моделей

Форматы для хранения моделей

Меши. Что нужно хранить?

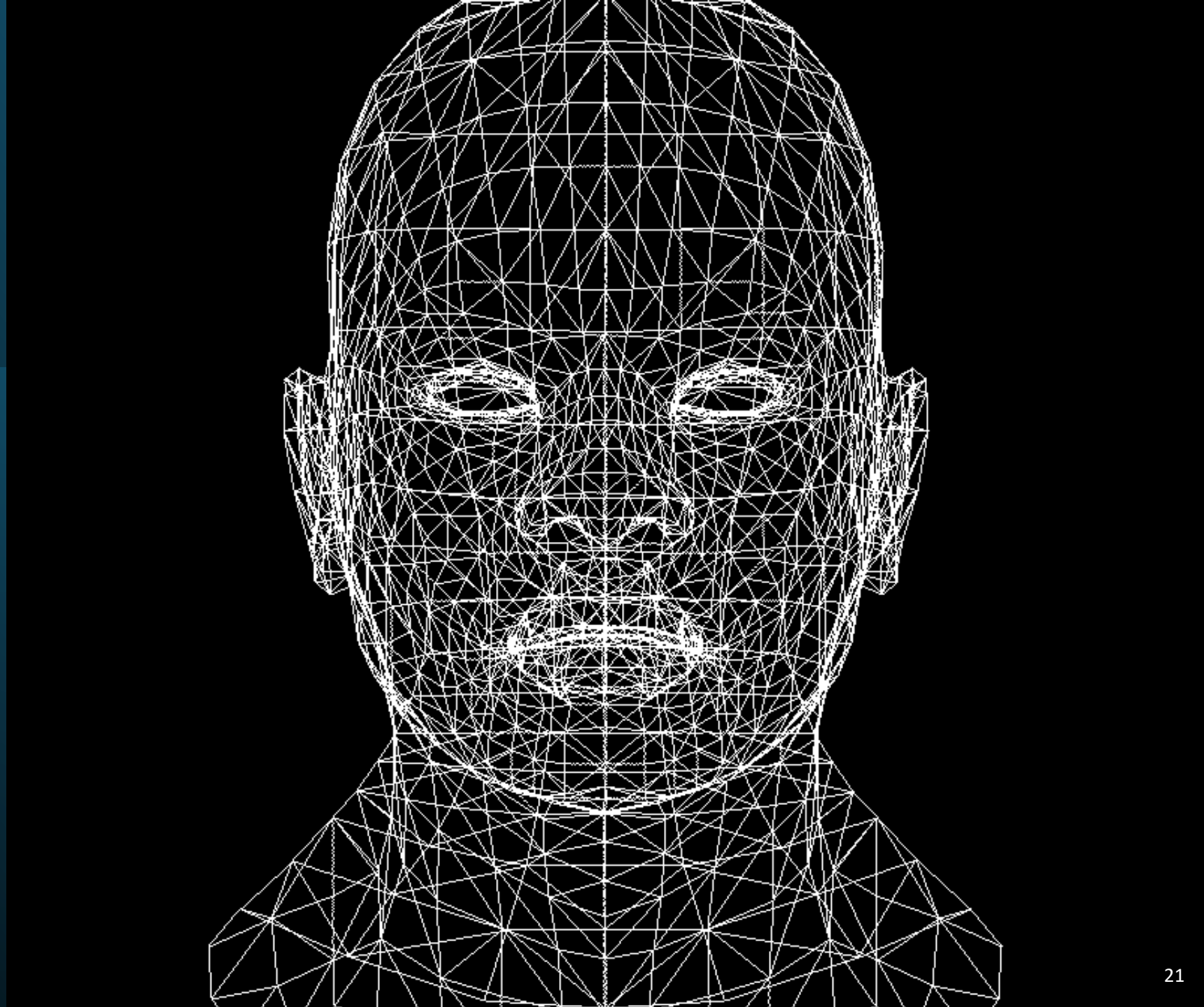
Требования к мешам

Форматы OBJ и COLLADA

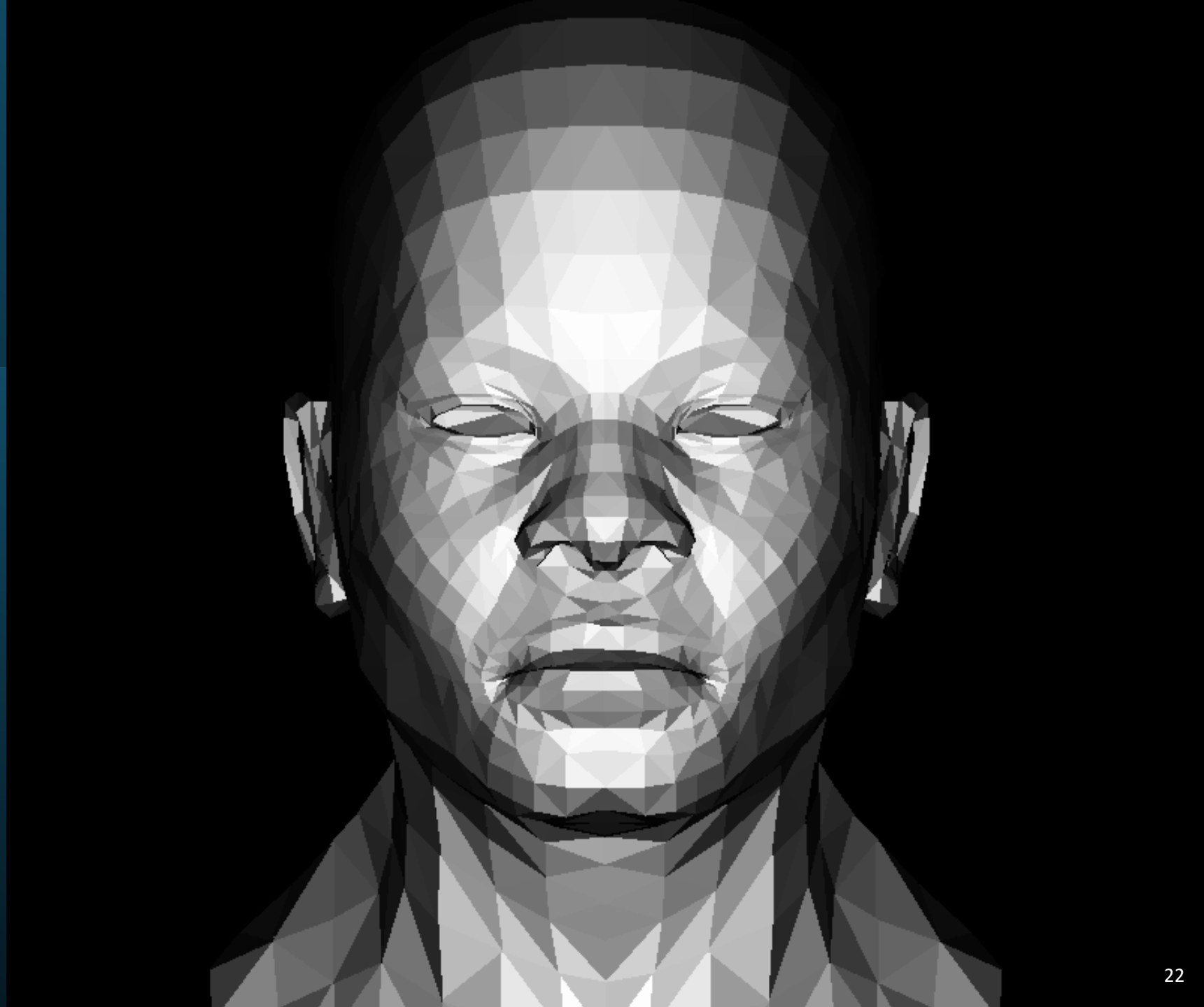
Реалистичные модели. Что хотелось бы хранить?



Первое приближение



Что ещё?



И ещё...
+
текстура



Нужны ли новые данные?



Что нужно для этих изменений?



Карта нормалей



А теперь...?



План

Описание моделей

Форматы для хранения моделей

Меши. Что нужно хранить?

Требования к мешам

Форматы OBJ и COLLADA

Данные, обязательные для экспорта

координаты вершин

индексы полигонов

нормали

материалы

Правильный экспорт мешей

- Используйте для всего меша не больше одной текстуры и не больше одного материала
- Если после загрузки меш отображается очень темным, то попробуйте осуществить либо в редакторе либо в функции загрузке меша операцию обращение нормалей
- Если после загрузки меш отображается в виде маленькой точки или не виден совсем, подберите его масштаб
- Указывайте отдельно имя файла меша и отдельно текстуру к нему для легкой замены текстуры

План

Описание моделей

Форматы для хранения моделей

Меши. Что нужно хранить?

Требования к мешам

Форматы OBJ и COLLADA

Форматы для хранения моделей

OBJ

- очень простой
- является текстовым
- не поддерживает анимацию

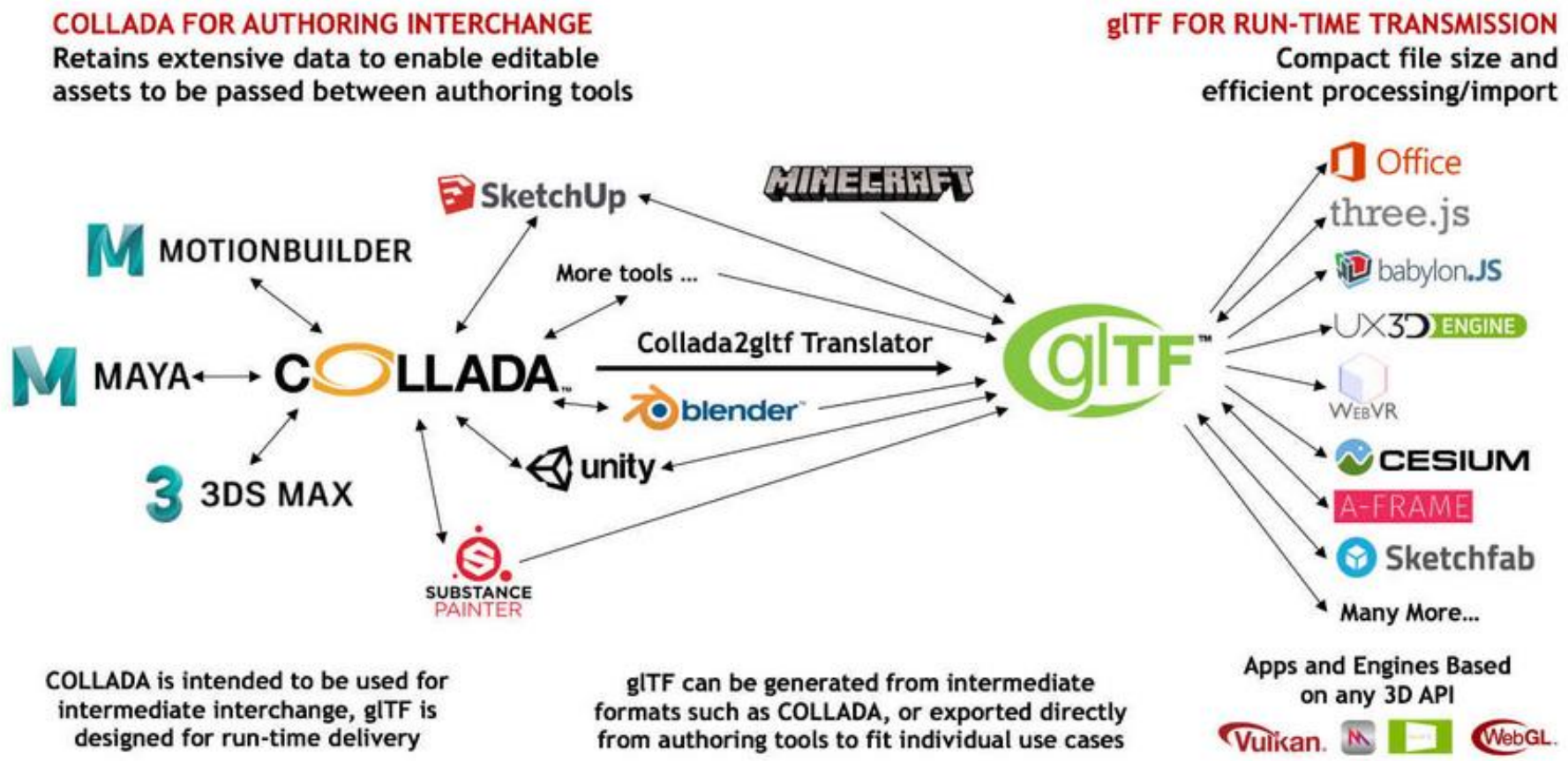
3DS, MAX и BLEND

бесчисленное количество форматов, используемых в играх и других приложениях

- Quake I (.mdl), Quake II (.md2), Quake III Mesh (.md3), Quake III Map/BSP (.pk3)
- Doom 3 (.md5*), Unreal (.3d)
- PovRAY Raw (.raw), Terragen Terrain (.ter), 3D GameStudio/3DGS (.mdl)

COLLADA

- COLLAborative Design Activity
- основан на XML
- поддерживает анимацию



Collada_Gitf

Примеры библиотек для загрузки моделей

- Open Asset Import Library (short name: Assimp) is a portable Open-Source library
- http://assimp.sourceforge.net/main_features_formats.html
- https://github.com/assimp/assimp
- Assimp в настоящее время поддерживает 41 формат для импортирования, включая форматы COLLADA (.dae), 3DS, DirectX X, Wavefront OBJ и Blender 3D

План

Описание моделей

Форматы для хранения моделей

Меши. Что нужно хранить?

Требования к мешам

Форматы OBJ и COLLADA

Формат OBJ

- разработан в Wavefront Technologies для их анимационного пакета Advanced Visualizer
- формат файла является открытым
- может быть экспортирован/импортирован в e-Frontier's Poser, Maya, XSI, Blender, MeshLab, Misfit Model 3D, 3D Studio Max и Rhinoceros 3D, Hexagon, CATIA, Newtek Lightwave, Art of Illusion, milkshape 3d, Modo, Cinema 4D, Zanoza Modeller

OBJ — это формат файлов описания геометрии

содержит только 3D геометрию

- позицию каждой вершины
- нормаль для каждой вершины
- связь координат текстуры с вершиной
- параметры для создания полигонов

Типы определений для вершин

```
# Список вершин, с координатами (x,y,z[,w]),
# w по умолчанию 1.0
  v 0.123 0.234 0.345 1.0
  v ...

# Текстурные координаты (u,v[,w]),
# w по умолчанию 0
  vt 0.500 1 [0]
  vt ...

# Нормали (x,y,z); нормали могут быть не нормированными
  vn 0.707 0.000 0.707
  vn ...
```

Типы определений групп вершин

```
# Определения поверхности (сторон)
# f v1/vt1/vn1 v2/vt2/vn2 v3/vt3/vn3 v4/vt4/vn4 ...
  f 1 2 3
  f 3/1 4/2 5/3
  f 6/4/1 3/5/3 7/6/5
  f 6//1 3//3 7//5
  f ...

# Группа
  g Group1

# Объект
  o Object1
```

Координаты вершин

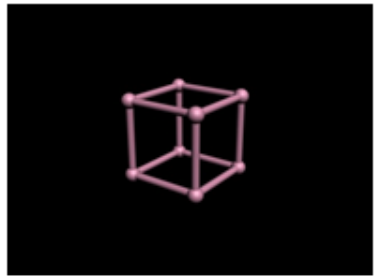
cube_polygon.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Export
# File Created: 07.12.2013 14:

#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

g Box001
f 1 2 3 4
f 5 6 7 8
f 1 4 6 5
f 4 3 7 6
f 3 2 8 7
f 2 1 5 8
# 6 polygons
```



полигоны

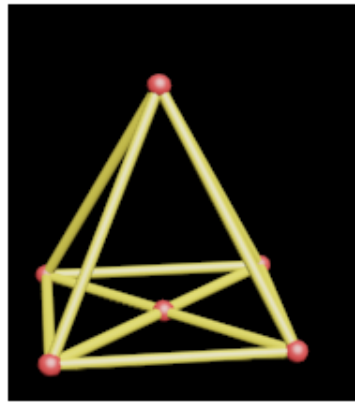
cube_tringle.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Export
# File Created: 07.12.2013 14:

#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

g Box001
f 1 2 3
f 3 4 1
f 5 6 7
f 7 8 5
f 1 4 6
f 6 5 1
f 4 3 7
f 7 6 4
f 3 2 8
f 8 7 3
f 2 1 5
f 5 8 2
# 12 faces
```



Треугольники

Координаты и нормали к вершинам

cube_polygon_normal.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Expor
# File Created: 07.12.2013 14

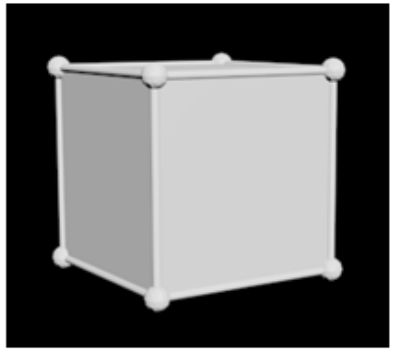
#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vn 0.0000 -1.0000 -0.0000
vn 0.0000 1.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 1.0000
vn 1.0000 0.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 -1.0000
vn -1.0000 0.0000 -0.0000
# 6 vertex normals

g Box001
f 1//1 2//1 3//1 4//1
f 5//2 6//2 7//2 8//2
f 1//3 4//3 6//3 5//3
f 4//4 3//4 7//4 6//4
f 3//5 2//5 8//5 7//5
f 2//6 1//6 5//6 8//6
# 6 polygons
```

полигоны



cube_tringle_normals.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Expor
# File Created: 07.12.2013 14

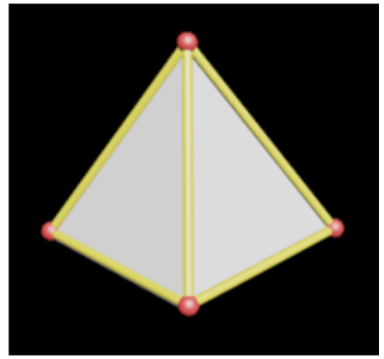
#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vn 0.0000 -1.0000 -0.0000
vn 0.0000 1.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 1.0000
vn 1.0000 0.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 -1.0000
vn -1.0000 0.0000 -0.0000
# 6 vertex normals

g Box001
f 1//1 2//1 3//1
f 3//1 4//1 1//1
f 5//2 6//2 7//2
f 7//2 8//2 5//2
f 1//3 4//3 6//3
f 6//3 5//3 1//3
f 4//4 3//4 7//4
f 7//4 6//4 4//4
f 3//5 2//5 8//5
f 8//5 7//5 3//5
f 2//6 1//6 5//6
f 5//6 8//6 2//6
# 12 faces
```

Треугольники



Координаты вершин и текстурные координаты

cube_polygon_texture.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Exporter v0.97
# File Created: 07.12.2013 14:17:03

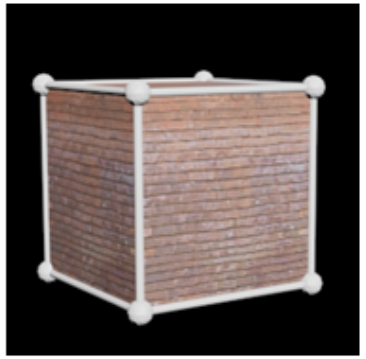
#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vt 1.0000 0.0000 0.0000
vt 1.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 0.0000 0.0000
# 4 texture coords

g Box001
f 1/1 2/2 3/3 4/4
f 5/4 6/1 7/2 8/3
f 1/4 4/1 6/2 5/3
f 4/4 3/1 7/2 6/3
f 3/4 2/1 8/2 7/3
f 2/4 1/1 5/2 8/3
# 6 polygons
```

полигоны



cube_tringle_texture.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Expor
# File Created: 07.12.2013 14

#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vt 1.0000 0.0000 0.0000
vt 1.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 0.0000 0.0000
# 4 texture coords

g Box001
f 1/1 2/2 3/3
f 3/3 4/4 1/1
f 5/4 6/1 7/2
f 7/2 8/3 5/4
f 1/4 4/1 6/2
f 6/2 5/3 1/4
f 4/4 3/1 7/2
f 7/2 6/3 4/4
f 3/4 2/1 8/2
f 8/2 7/3 3/4
f 2/4 1/1 5/2
f 5/2 8/3 2/4
# 12 faces
```

Треугольники



Всё сразу

cube_polygon_texture_normal.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Exporter v0.97b - (
# File Created: 07.12.2013 14:17:57

#
# object Box001
#

v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vn 0.0000 -1.0000 -0.0000
vn 0.0000 1.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 1.0000
vn 1.0000 0.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 -1.0000
vn -1.0000 0.0000 -0.0000
# 6 vertex normals

vt 1.0000 0.0000 0.0000
vt 1.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 0.0000 0.0000
# 4 texture coords

g Box001
f 1/1/1 2/2/1 3/3/1 4/4/1
f 5/4/2 6/1/2 7/2/2 8/3/2
f 1/4/3 4/1/3 6/2/3 5/3/3
f 4/4/4 3/1/4 7/2/4 6/3/4
f 3/4/5 2/1/5 8/2/5 7/3/5
f 2/4/6 1/1/6 5/2/6 8/3/6
# 6 polygons
```

полигоны



cube_tringle_texture_normal.obj

```
# 3ds Max Wavefront OBJ Exporter v0.97b - (c)2007 guruware
# File Created: 07.12.2013 14:15:28

#
# object Box001
#

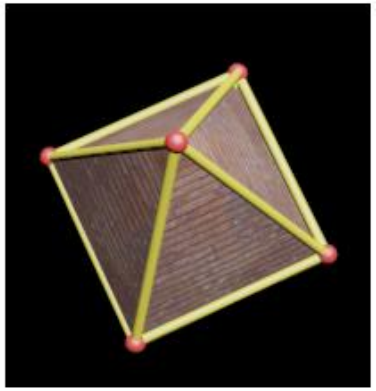
v  -0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 -0.0005
v  0.0005 0.0000 0.0005
v  -0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 0.0005
v  0.0005 0.0010 -0.0005
v  -0.0005 0.0010 -0.0005
# 8 vertices

vn 0.0000 -1.0000 -0.0000
vn 0.0000 1.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 1.0000
vn 1.0000 0.0000 -0.0000
vn 0.0000 0.0000 -1.0000
vn -1.0000 0.0000 -0.0000
# 6 vertex normals

vt 1.0000 0.0000 0.0000
vt 1.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 1.0000 0.0000
vt 0.0000 0.0000 0.0000
# 4 texture coords

g Box001
f 1/1/1 2/2/1 3/3/1
f 3/3/1 4/4/1 1/1/1
f 5/4/2 6/1/2 7/2/2
f 7/2/2 8/3/2 5/4/2
f 1/4/3 4/1/3 6/2/3
f 6/2/3 5/3/3 1/4/3
f 4/4/4 3/1/4 7/2/4
f 7/2/4 6/3/4 4/4/4
f 3/4/5 2/1/5 8/2/5
f 8/2/5 7/3/5 3/4/5
f 2/4/6 1/1/6 5/2/6
f 5/2/6 8/3/6 2/4/6
# 12 faces
```

Треугольники



Модель в формате obj



Информация о внешнем виде объектов (материалы)

передается в файлах-спутниках в формате MTL (Material Library)

ссылка с помощью директивы: mtllib [имя внешнего MTL файла]

информация представлена в текстовом виде

MTL

```
# Объявление очередного материала
newmtl названиеМатериала1

# Цвета
# Цвет окружающего освещения (желтый)
Ka 1,000 1,000 0,000
# Диффузный цвет (белый)
Kd 1,000 1,000 1,000

# Параметры отражения
# Цвет зеркального отражения (0;0;0 - выключен)
Ks 0,000 0,000 0,000
# Коэффициент зеркального отражения (от 0 до 1000)
Ns 10,000
```

MTL

```
# Параметры прозрачности
# Прозрачность указывается с помощью директивы d
d 0,9
# или в других реализациях формата с помощью Tr
Tr 0,9

# Следующий материал
newmtl названиеМатериала2
```

Общая структура MTL

newmtl my_red

Material color & illumination statements

texture map statements

reflection map statement

Texture maps 1

```
newmtl Textured
Ka 1.000 1.000 1.000
Kd 1.000 1.000 1.000
Ks 0.000 0.000 0.000
d 1.0
illum 2
```

Texture maps 2

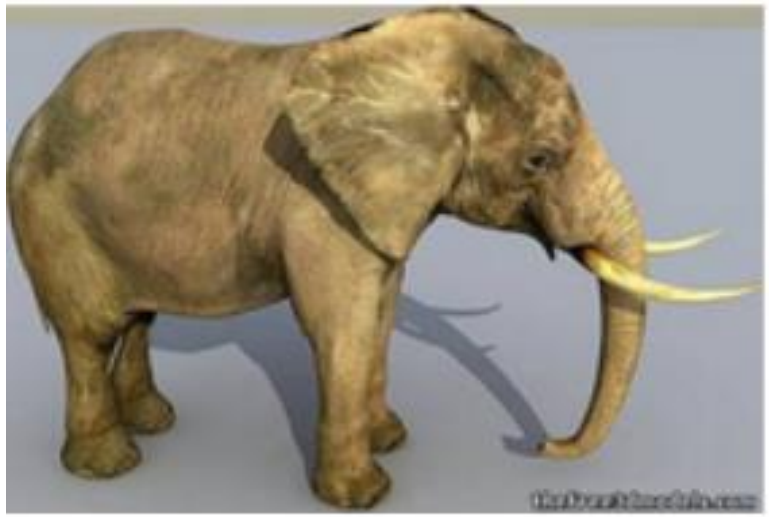
map_Ka lenna.tga
the ambient texture map

map_Kd lenna.tga
the diffuse texture map (most of the time,
it will be the same as the ambient texture map)

map_Ks lenna.tga
specular color texture map

map_Ns lenna_spec.tga
specular highlight component

map_d lenna_alpha.tga
the alpha texture map





Модели в формате obj

https://free3d.com/

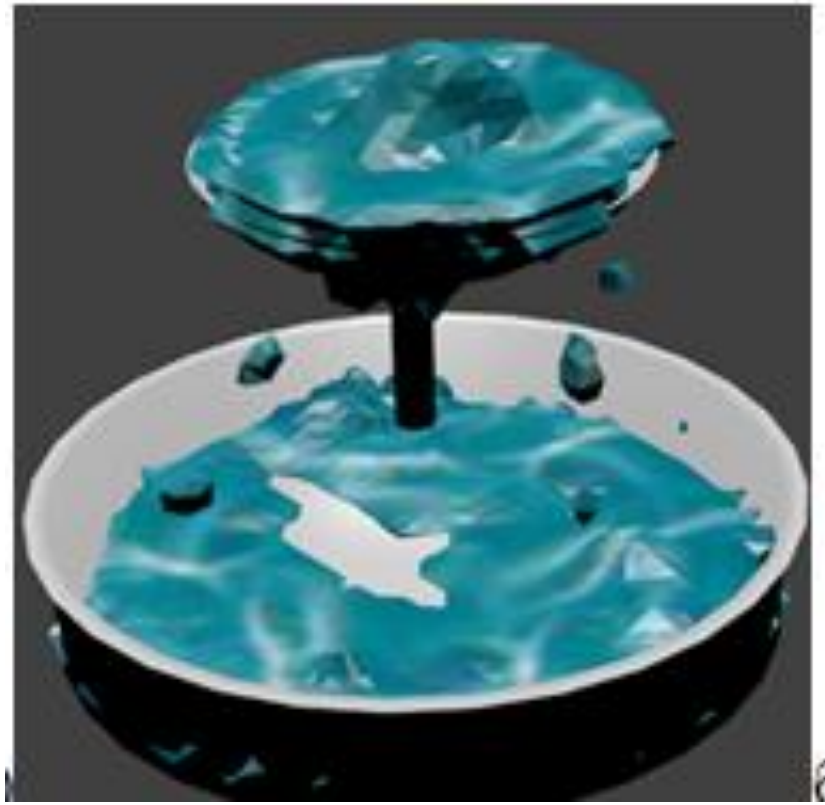
Формат COLLADA *.dae

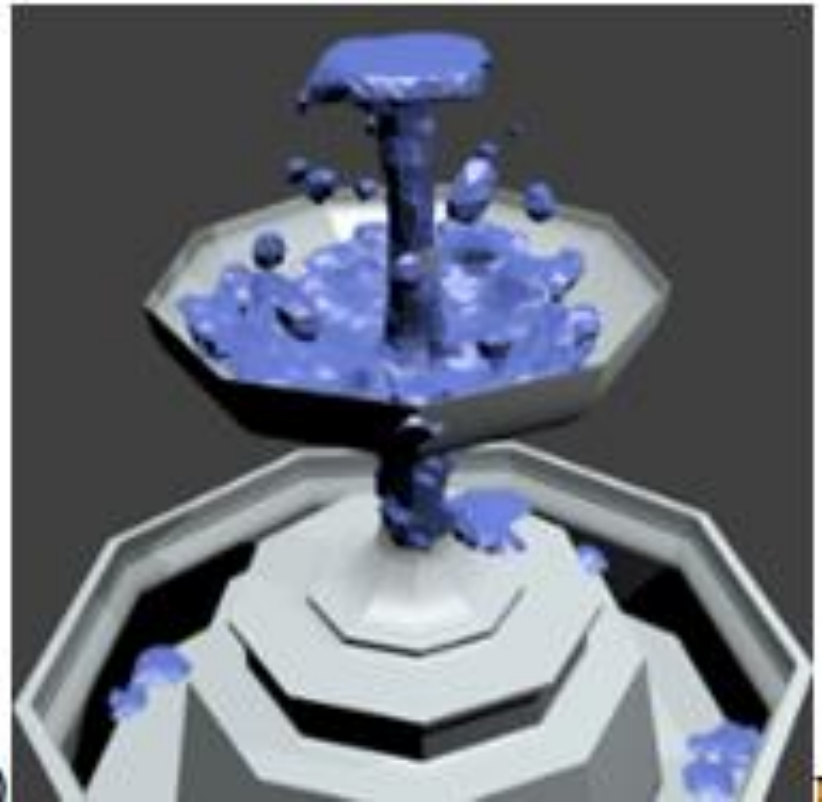
- Был задуман как промежуточный формат для переноса файлов
- Реализована поддержка таких программ, как
  - Maya (используя ColladaMaya); 3ds Max (при помощи ColladaMax);
  - Poser (v.7.0); Lightwave 3D (version 9.5); Cinema 4D (MAXON); Softimage|XSI; Houdini;
  - MeshLab; CityScape, CityEngine, SketchUp, Blender, modo и Strata 3D.
  - Adobe Photoshop с версии CS3.
  - Игровые движки, такие как Unreal engine, Unity и Torque 3D
- Библиотека Assimp также поддерживает формат COLLADA
- 27 марта 2013 года Khronos Group анонсировали, что COLLADA 1.5.0 был опубликован в качестве официального стандарта ISO

COLLADA поддерживает

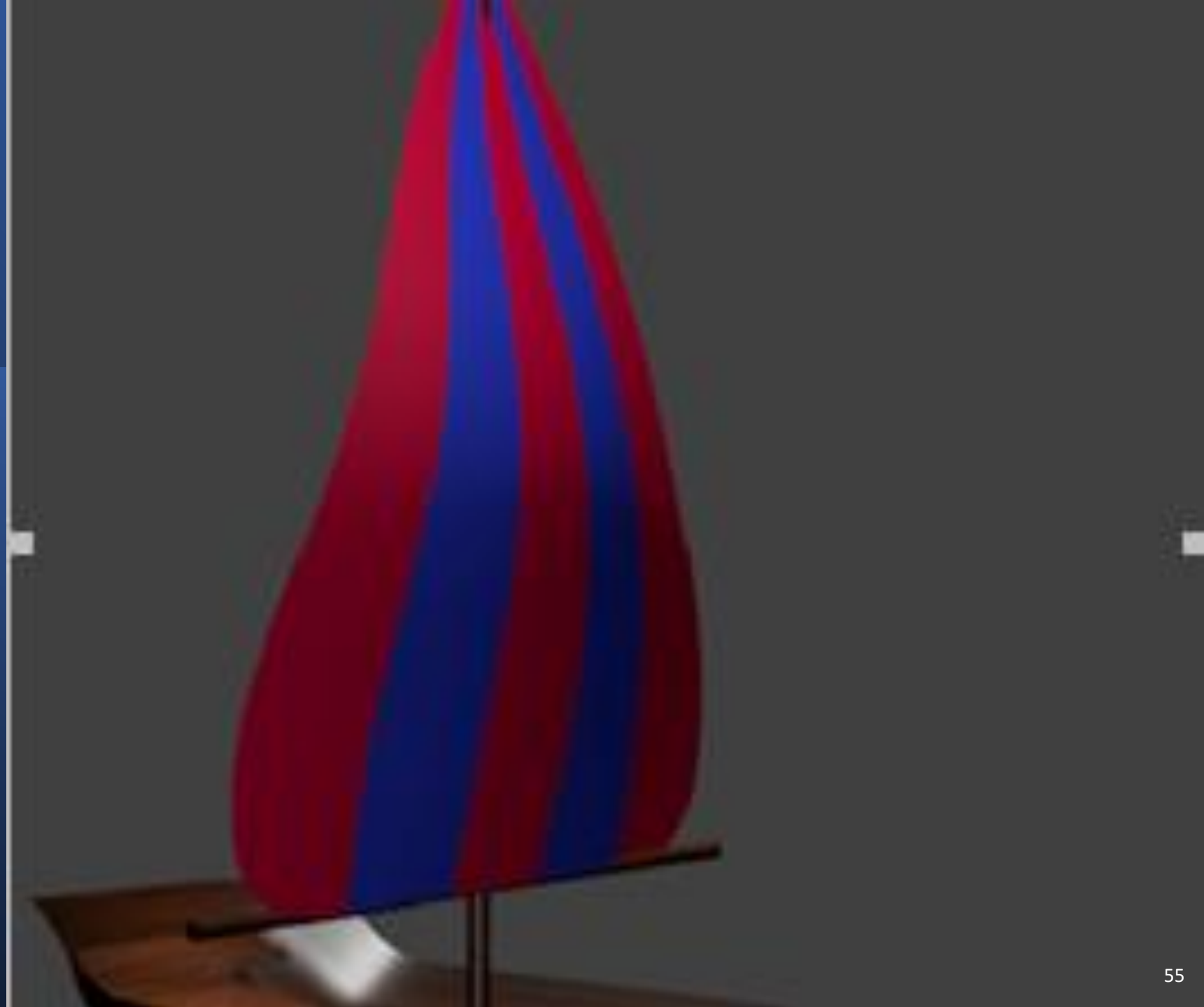
- геометрию (вершины, NURBS)
- материалы
- текстуры
- деформацию
- анимацию
- ограничители (constraints)
- IK (цепочки инверсной кинематики)

Поддержка ограничителей





Поддержка физики



COLLADA: Структура

Основная часть

- сцены
- камеры
- источники света
- модели
- анимации

Дополнительная часть состоит из выделенных в отдельный модуль

- COLLADA FX - отвечает за эффекты, их параметры, код шейдеров.
- COLLADA Physics - отвечает за физические объекты, их параметры. Сюда входят все основные физические объекты, настройки симуляции, данный модуль поддерживается многими физическими движками, такими как Bulle, Open Dynamics Engine, PAL и NVIDIA PhysX.

Как выглядит файл

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
  <COLLADA xmlns="http://www.collada.org/
        2005/11/COLLADASchema" version="1.4.1">
  <asset>
    ...
  </asset>
 <library_images>
    ...
 </library_images>
 <library_materials>
    ...
 </library_materials>
    ...
  </COLLADA>
```

```
    <geometry id="pCylinderShape1" name="pCylinderShape1">
      <mesh>
```

```
          <float_array id="pCylinderShape1-positions-array" count="126">20 -90
-34.641
 -20 -90 -34.641 -40 -90 -0.000005 -20 -90 34.641 20 -90 34.641 40 -90 0 20 -60
-34.641
 -20 -60 -34.641 -40 -60 -0.000005 -20 -60 34.641 20 -60 34.641 40 -60 0 20 -30
-34.641
 -20 -30 -34.641 -40 -30 -0.000005 -20 -30 34.641 20 -30 34.641 40 -30 0 20 0
-34.641
 -20 0 -34.641 -40 0 -0.000005 -20 0 34.641 20 0 34.641 40 0 0 20 30 -34.641 -20 30
-34.641
 -40 30 -0.000005 -20 30 34.641 20 30 34.641 40 30 0 20 60 -34.641 -20 60 -34.641
 -40 60 -0.000005 -20 60 34.641 20 60 34.641 40 60 0 20 90 -34.641 -20 90 -34.641
 -40 90 -0.000005 -20 90 34.641 20 90 34.641 40 90 0</float_array>
          <technique_common>
            <accessor source="#pCylinderShape1-positions-array" count="42"
stride="3">
              <param name="X" type="float"></param>
              <param name="Y" type="float"></param>
              <param name="Z" type="float"></param>
            </accessor>
          </technique common>
```