

# Компьютерная графика

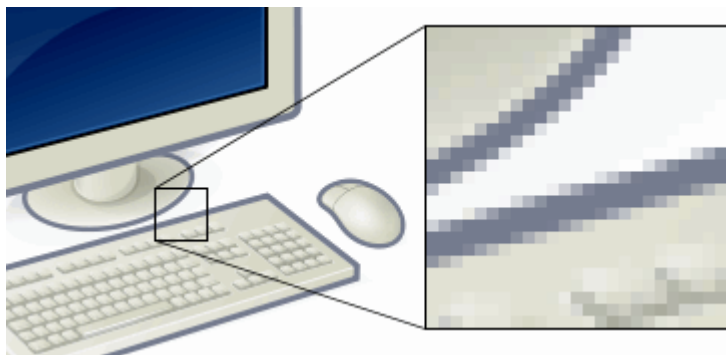
## Введение

# 3 декабря

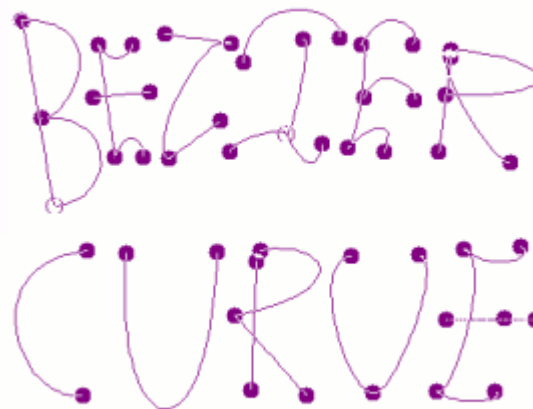
- Всемирный день компьютерной графики
- Предложение о создании праздника поступило в 1998 году от американской компании Alias Systems (поглощена Autodesk), разработчика Maya, пакета трехмерного моделирования и анимации.
- Затем к событию подключились такие гиганты, как Adobe Systems, NVIDIA, Wacom и пр.

# Классификация графики по способам задания изображения

Растровая



Векторная



[www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

Фрактальная



# Жанры игровой графики

- Реализм
- Семи-реализм
- Казуальная графика
- Хенд-пейнт
- Пиксель арт
- Воксель арт

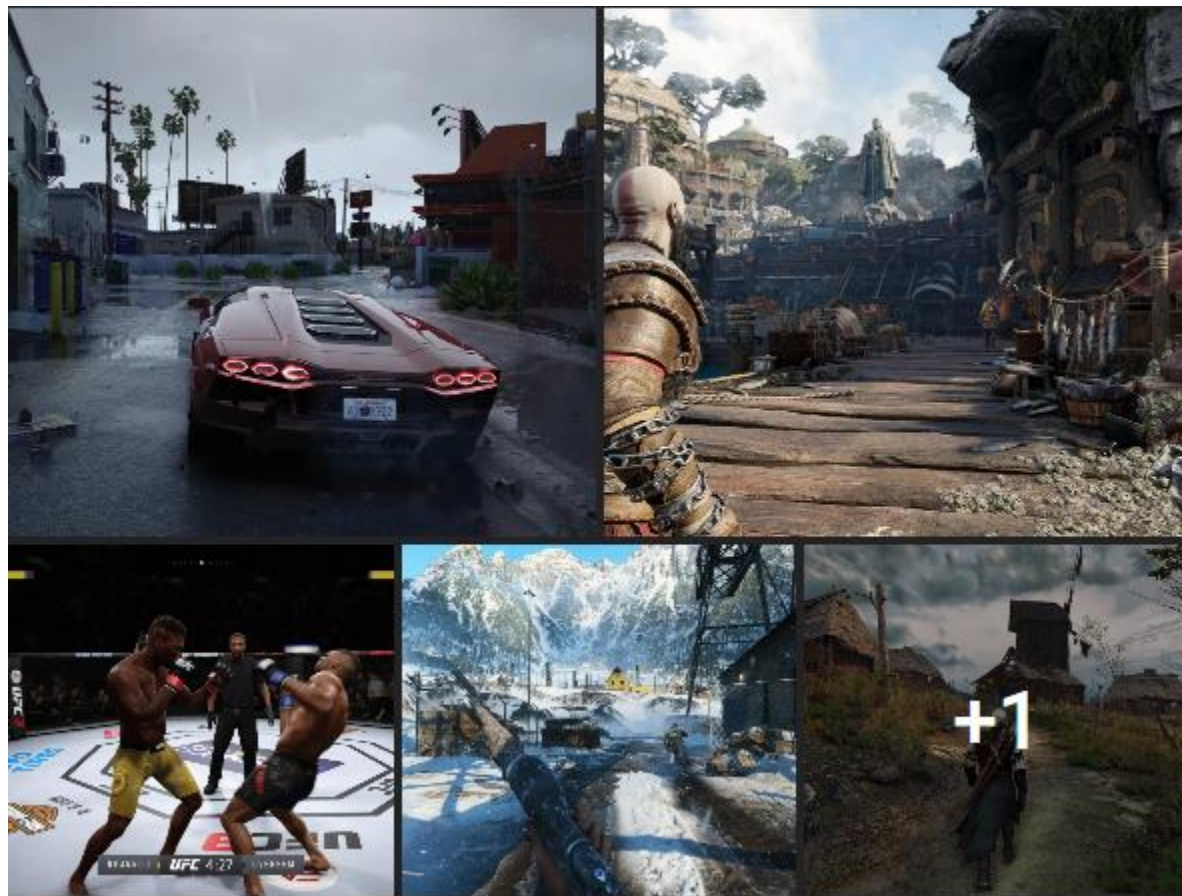


# Реализм и стилизация: формы и текстуры



# Реализм

- Сложность форм, высокая детализация геометрии
- Реальные пропорции или их имитация
- Сложность и высокая детализация текстур
- Точное воспроизведение объектов нашего мира
- Понятие «реалистичной графики» меняется с течением времени



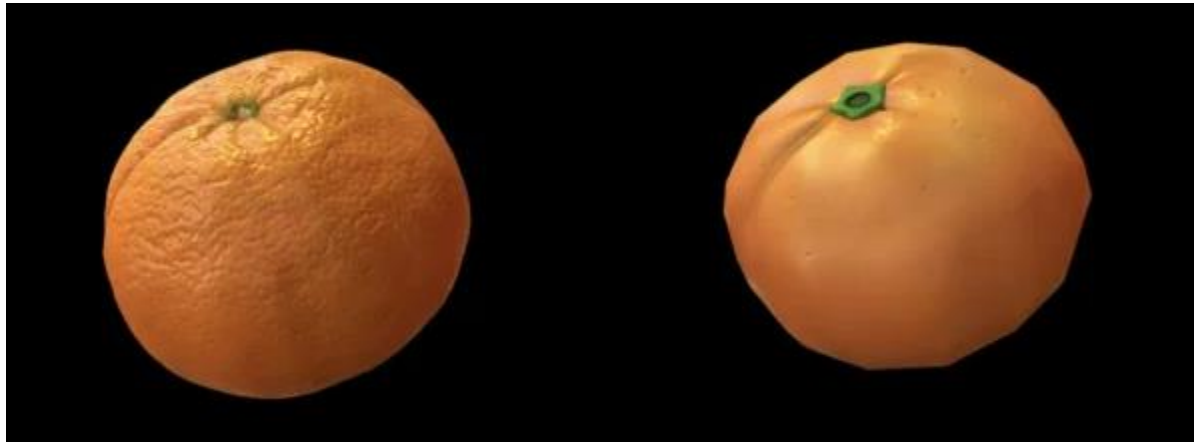
# Стилизация



Стилизация (стилизованная графика) - категория, включающая в себя такие жанры игровой графики, которые искажают реалистичность форм и текстур для создания собственных правил визуального повествования, способных погрузить пользователя в уникальный, несуществующий мир.

# Стилизованная графика

1. Семиреализм
2. Казуальная графика
3. Хенд-пейнт
4. Пиксель-арт
5. Воксель-арт
6. Другое





# Семи-реализм

Семи-реализм (полу-реализм) - жанр игровой графики, в котором хотя бы один из элементов (форма или текстуры) имеет среднюю или высокую детализацию.



Формы + Пропорции + Текстуры

# Семи-реализм

поверить в происходящее,  
но при этом помнить о вымышленном мире



# Казуальная графика

- Казуальная графика - жанр игровой графики, в котором все элементы (формы и текстуры) имеют низкую детализацию.



- Казуальную графику зачастую называют «мультяшной» из-за упрощения форм, текстур, а так же из-за художественного преувеличения или преуменьшения в рамках визуала.

# Казуальная графика

- Название от одноименного жанра игр («казуальные игры»).
- Игры нацелены на максимально широкую аудиторию: опытных и начинающих геймеров
- Имеют относительно небольшие бюджеты при разработке, а соответственно — и несложную (казуальную) графику.



# Хендпейнт

Хендпейнт - жанр игровой графики, характерной особенностью которого являются текстуры, нарисованные «от руки».

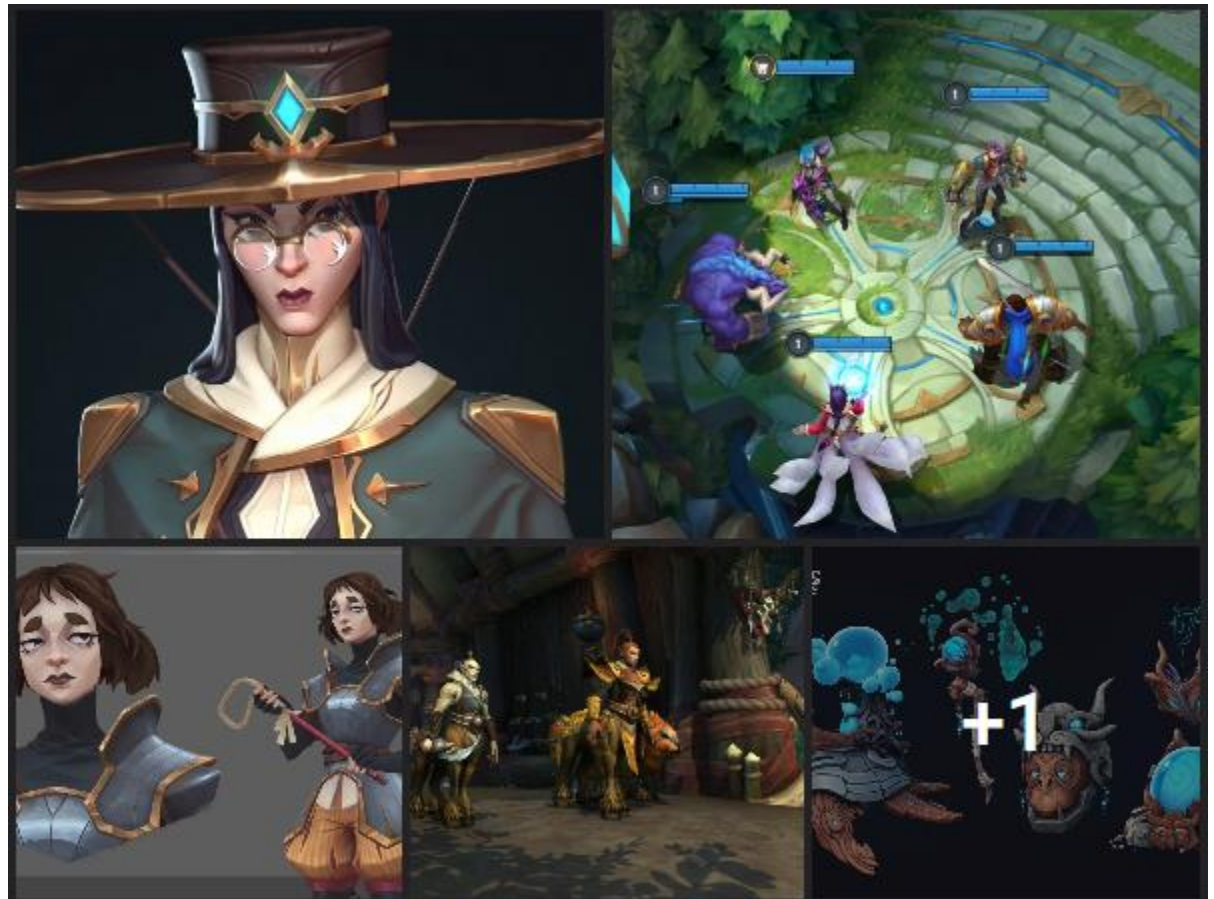


Такая графика может иметь любого уровня детализацию форм, но текстуры должны быть созданы посредством имитации работы художника настоящей кистью. Этот художественный прием помогает погрузить зрителя в особую атмосферу, схожую с той, что живет в напечатанной на бумаге книге, журнале.

# Хендпейнт

Для придания ещё более стилизованного вида можно исключить из текстурных карт материал «металл», нарисовав металлические блики вручную.

Именно такой прием, например, используется в игре «World of Warcraft».



# Пиксель-арт

Жанр игровой графики, характерный наличием «пикселя» во главе визуала. Такая графика существует исключительно в рамках 2D-игр.



На заре графики пиксельная графика была вынужденной мерой, определявшейся ограниченной мощностью компьютеров; сегодня же - это исключительно «художественный» прием для создания особенной атмосферы в такой игре.

# Пиксель-арт

Пиксельная графика широко применялась в 1980-е годы на компьютерах и приставках с ограниченными палитрами. А появление изменяемых 256-цветных палитр положило конец засилью пиксельного рисунка в играх.





# Воксельная графика

Жанр игровой графики, визуально схожий с пиксельной графикой, но во главе которого стоит воксель (трехмерный пиксель).



Таким образом, в отличие от пиксельной графики воксельная является полноценно трехмерной.

И именно в этом кроется главное различие между данными жанрами, если не углубляться в технические особенности.

# Воксельная графика

Воксели послужили началом перехода с 2D-графики на 3D в рамках компьютерных игр и стали применяться с 1992 года.

Первой из таких игр стала «Comanche: Maximum Overkill» — аркадный вертолётный авиасимулятор.



# Для мобильных приложений

- "2D графика является важным элементом мобильных приложений, поскольку она может усилить визуальную привлекательность и улучшить пользовательский опыт. Современные инструменты и технологии позволяют создавать высококачественную 2D графику с минимальными затратами ресурсов устройства."

# 2D графика для мобильных приложений: особенности и требования

- 1. Размеры и разрешение графики:** Все элементы графики должны адаптироваться под разные размеры и экраны с высоким и низким разрешением.
- 2. Оптимизация размера файлов:** Мобильные устройства обычно имеют ограниченный объем памяти и могут иметь низкую пропускную способность интернет-соединения.
- 3. Эффективное использование цвета:** Цвета должны хорошо сочетаться между собой и создавать приятное визуальное восприятие. Однако не следует забывать о людях с ограниченными возможностями различать цвета. Следует использовать контрастные цвета для текста и фоновых элементов.

# 2D графика для мобильных приложений: особенности и требования

**4. Профессиональная отрисовка и анимация:** Оригинальные и привлекательные элементы графики, соответствующие стилю приложения. Использование анимации может улучшить визуальный опыт пользователей. Однако анимация должна быть плавной и ненавязчивой, чтобы не отвлекать пользователей от основной функциональности приложения.

**5. Управление пользователем:** 2D графика должна быть легко управляемой с помощью жестов, тапов и прочих взаимодействий с пользователем, а также должна обладать высокой скоростью отклика на действия пользователя.

# Создание 3D-визуализации для мобильных игр

- моделирование
- текстурирование
- анимация
- освещение
- рендеринг
- шейдеры
- фильтры



Ограниченные ресурсы  
мобильных устройств

Ухудшение  
производительности  
игры

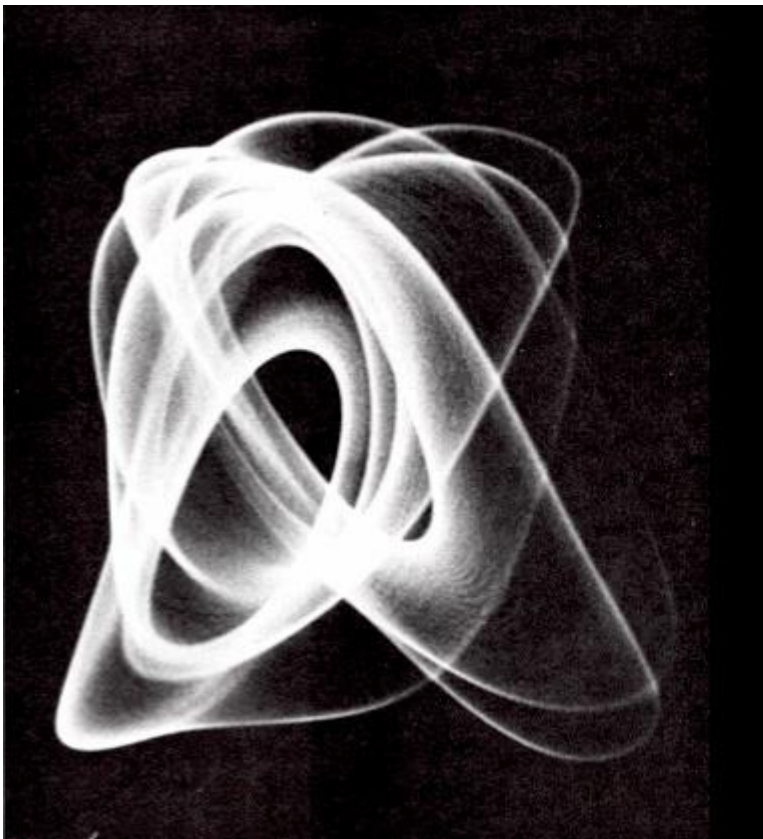
# Экскурс в историю

- 1940 – 1970 гг.
- 1971 – 1985 гг.
- 1986 – 1990 гг.
- 1991 – 2021 гг.



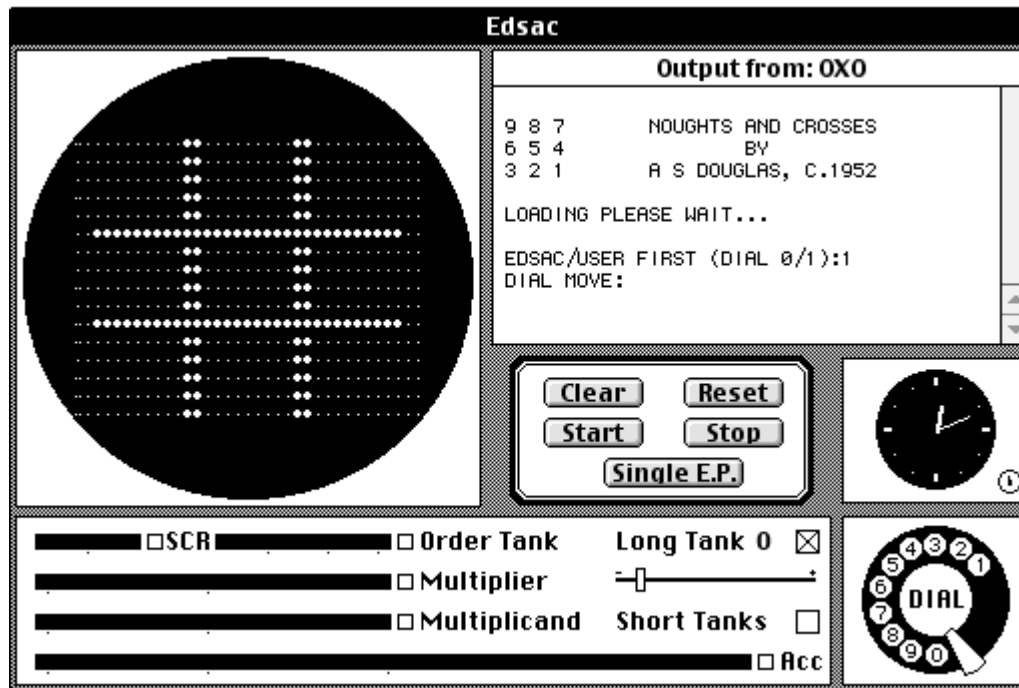


# Рисунок на осциллографе



В 1950 году Бенджамин Лапоски ([Ben Laposky](#)), математик, художник и чертежник, начал экспериментировать с рисованием на осциллографе.

# 1952 год



Первая наглядная компьютерная игра - ОХО, или крестики-нолики, разработанная Александром Дугласом ([Alexander Douglas](#)) для компьютера [EDSAC](#) в рамках кандидатской диссертации как пример взаимодействия человека с машиной.

Ввод данных осуществлялся дисковым номеронабирателем. Вывод выполнялся матричной электронно-лучевой трубкой.

# 1957



Вывод на осциллограф

# William Fetter

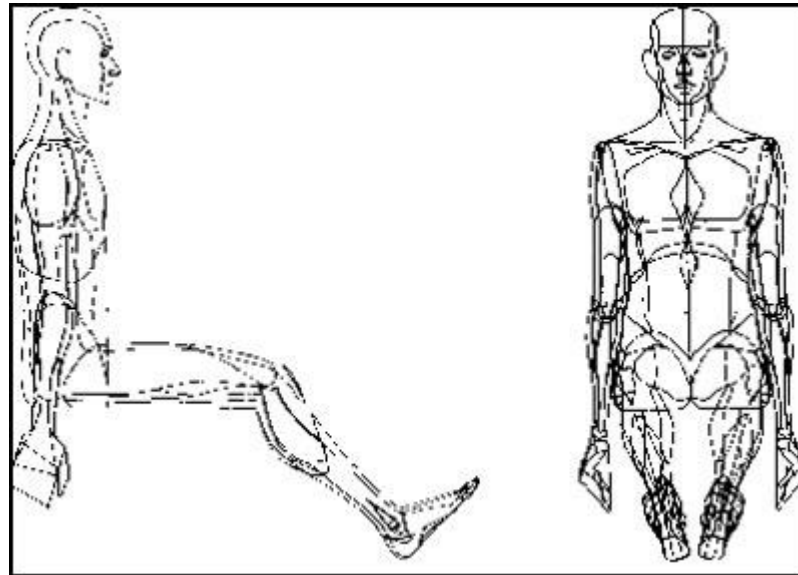
term  
*Computer Graphics*  
in 1960



14 марта 1928 г. – 23 июня 2002 г.

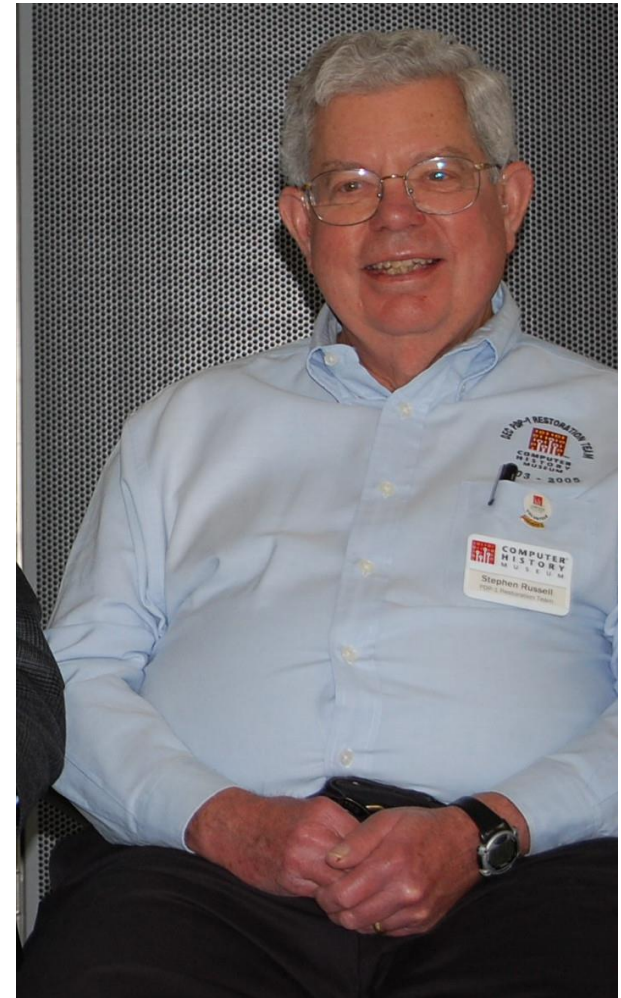
# Человек Боинга

Результатом трудов Уильяма Феттера в 1964 году стала ортогональная проекция человеческой фигуры, которая была известна под именем «Boeing man»



# Steve Russell

- Spacewar



1937 год (85 лет)

# Стив Рассел и Мартин Гретц

- Стив Рассел возглавил проект (студенты Массачусетского технологического института) по созданию первой (второй) графической компьютерной игры.



# 1961-1962

Создание игры («Spacewar!») заняло около 200 человеко-часов.  
Игра была создана на машине DEC PDP-1.



Двухмерная векторная графика



# Spacewar



Стив [Рассел](#)  
запрограммировавший  
первую версию *Spacewar!*



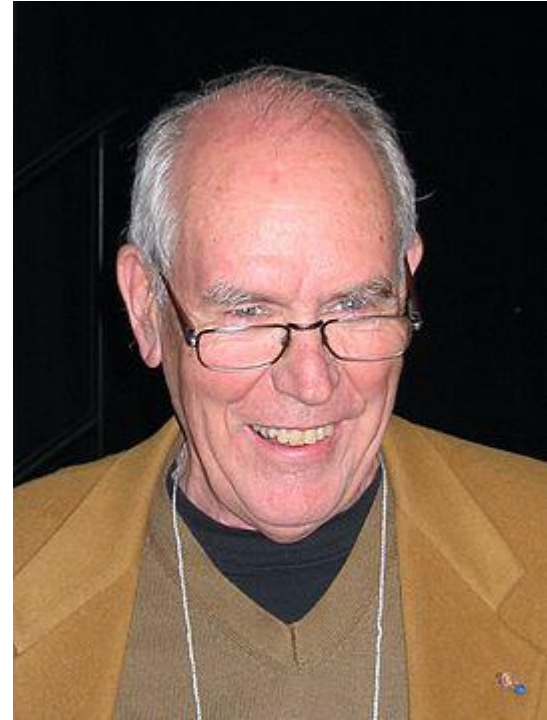
Два игрока используют  
переднюю панель на  
PDP-12 для игры в  
Spacewar! на [Vintage  
Computer Festival](#)



KSpaceDuel,  
современная  
версия,  
включенная во  
многие  
дистрибутивы  
Linux

# Айвен Эдвард Сазерленд

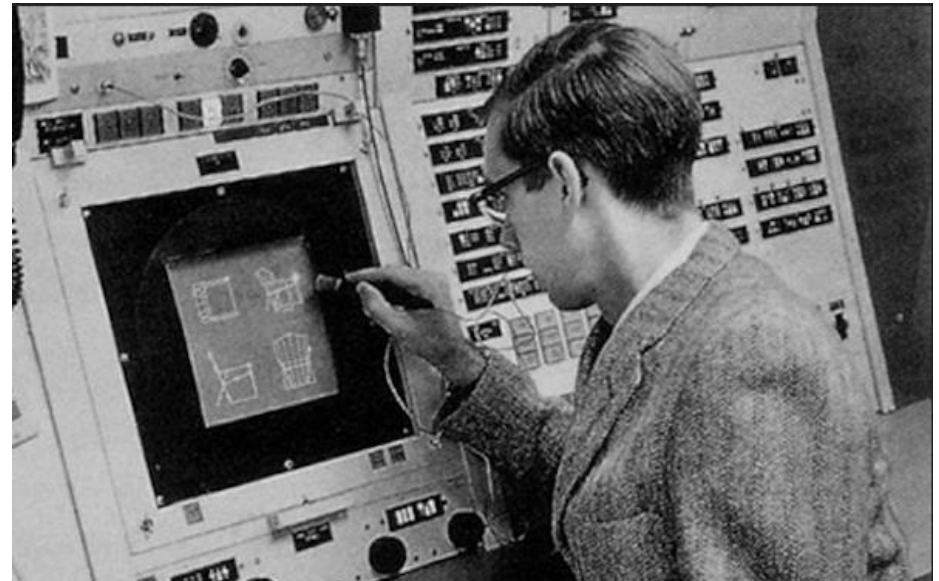
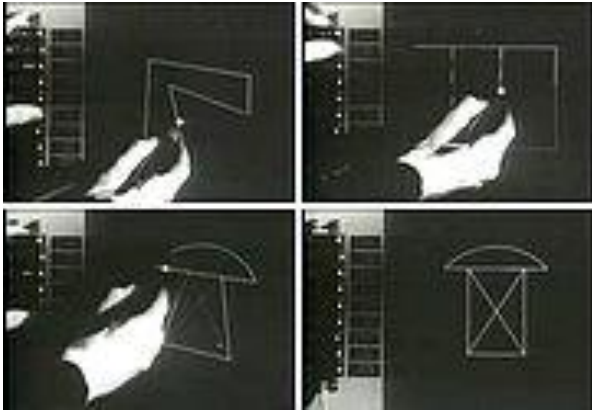
- американский учёный в области информатики и пионер интернета
- степень бакалавра в электрической инженерии от Института технологий Карнеги (сейчас Университет Карнеги — Меллон)
- степень магистра от Калифорнийского технологического института
- доктор наук в компьютерной инженерии (EECS) от MIT в 1963 году.



16 мая 1938 (84 года)

# 1963

- Айвен Сазерленд создал программно-аппаратный комплекс Sketchpad, который позволял рисовать точки, линии и окружности на трубке цифровым пером. Поддерживались базовые действия с примитивами.
- По сути, это был первый векторный редактор — прообраз будущих САПР.



Получил премию Тьюринга от ACM (Ассоциации вычислительной техники) в 1988 за «Sketchpad». В 2012 удостоен премии Киото за ту же разработку.



ФОТО НИКОЛАИ АНДРЕЕВА

Николай Константинов:

«Знает ли кошка,

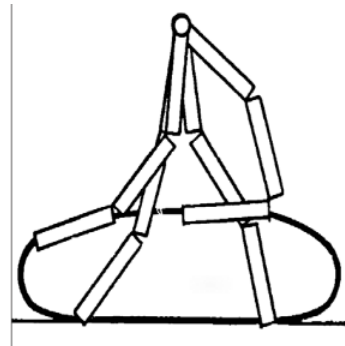
что она

не настоящая?»

Леонид Левковин-Маслюк  
[levkovin@computer.ru]

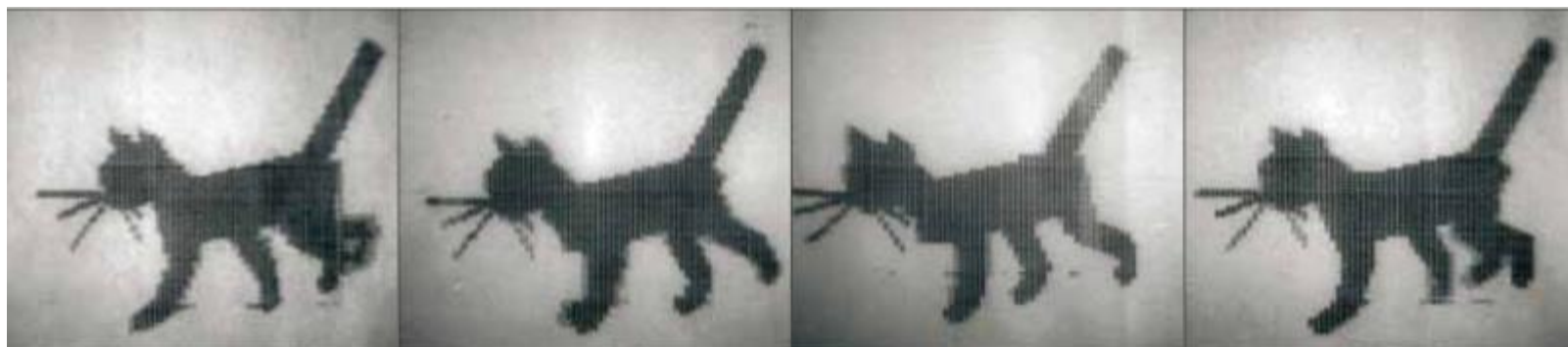
# 1968

- Первый в мире мультфильм, нарисованный компьютером.
- Группа под руководством Николая Николаевича Константинова создала математическую модель движения кошки.
- Машина БЭСМ-4, выполняя написанную программу решения, нарисовала мультфильм "Кошечка".

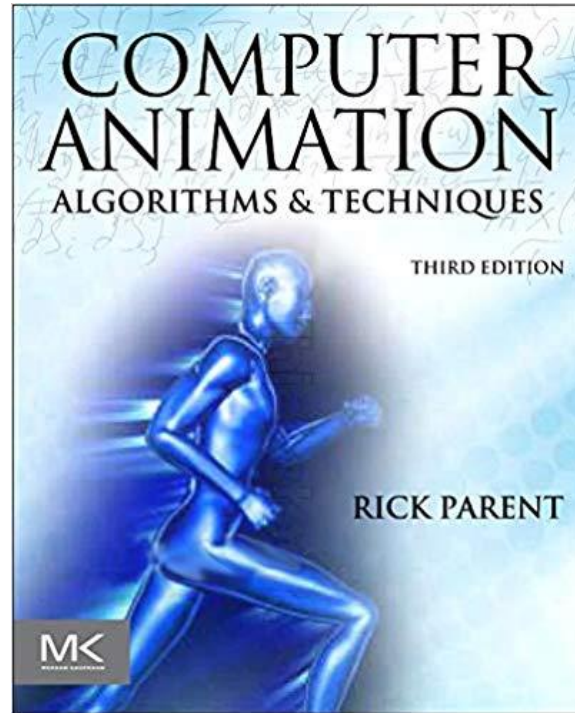


траектория лап кошки, задаваемая  
дифференциальными уравнениями

# Кошечка



# Рик Парент (профессор Университета Огайо)



автор монографии «Computer Animation: Algorithms and Techniques», специалист по анимации человеческих фигур, а также по истории компьютерной анимации.

# Юрий Баяковский



1937 -- 2014

1990 на SIGGRAPH ассоциацией ACM присвоен титул  
«Computer Graphics Pioneer»

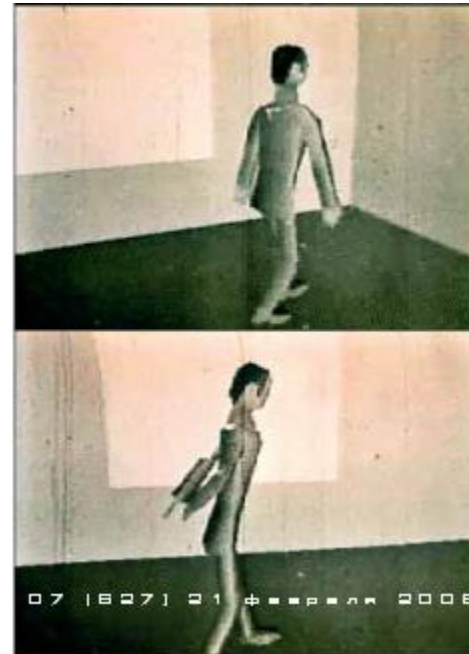
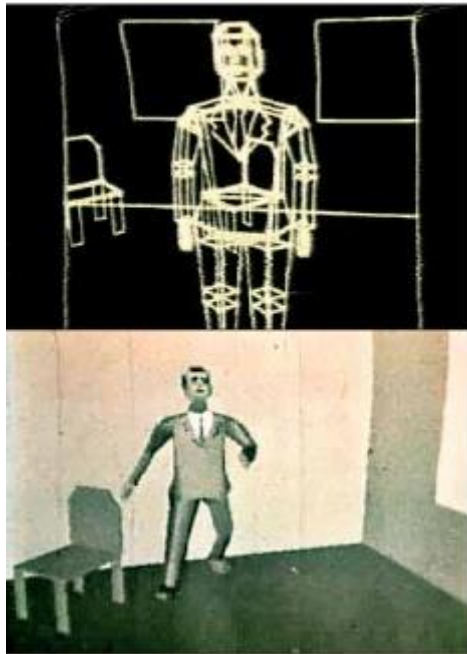


# 1971-1985гг.

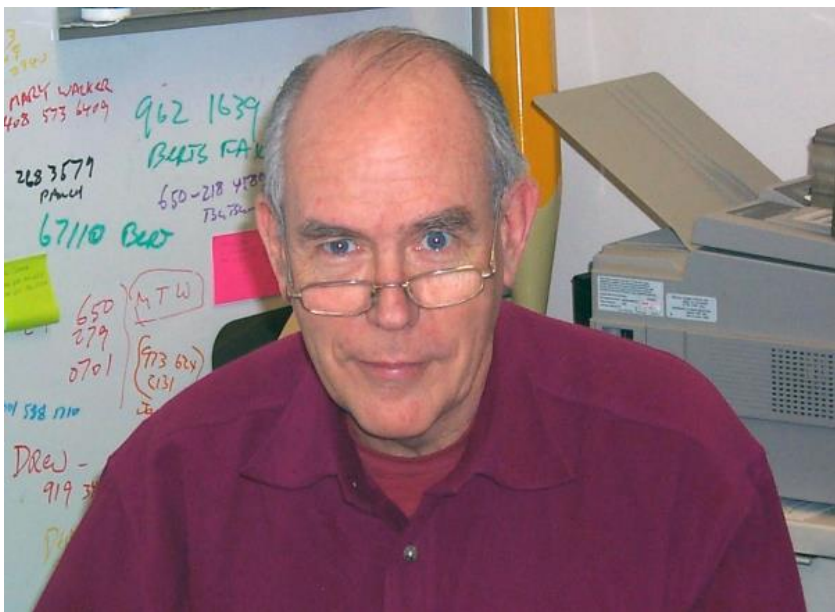
- Появились персональные компьютеры, т.е. появился доступ пользователя к дисплеям.
- Роль графики резко возросла, но наблюдалось очень низкое быстродействие компьютера.
- Программы писались на ассемблере.
- Появилось цветное изображение (256).
- Особенности:
  - этот период характеризовался зарождением реальной графики.

# Not Just Reality

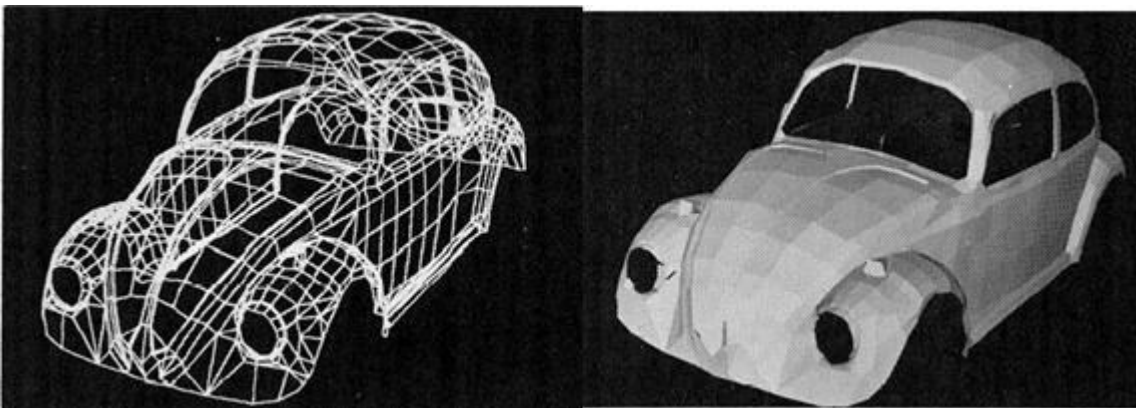
Один из первых трехмерных компьютерных фильмов, сделанный Барри Весслером в Университете Юты в 1973 году



# 70-ые и 80-ые гг



Айвен Эдвард Сазерленд (Ivan Edward Sutherland)



Первая 3D-модель автомобиля

В **1972** году  
Буй Фонг, Роберт Макдермотт  
(Robert McDermott), Джеймс Кларк  
(James Clark) и Рафаэль Ром  
(Raphael Rom)  
под руководством **Айвена  
Сазерленда**  
создали **сгенерированное  
компьютерной графикой  
трехмерное изображение**, которое  
впервые в истории **выглядело  
точно так же, как его физический  
оригинал**, — "Фольксваген-жук"  
(Volkswagen Beetle).

Автомобиль, взятый у Марши, жены  
Айвена, пришлось вручную  
разбивать на полигоны, координаты  
которых затем вводились в  
графический редактор Sketchpad.





А кем же были «муравьи»-студенты?

Одного из тех, кто делал модель автомобиля, звали  
Джон Эдвард Уорнок (John Edward Warnock).

Через десять лет после этой истории он станет соучредителем компании  
Adobe.



Буй Туонг Фонг (Bi Tong Phong)

14 декабря 1942 – июль 1975

Он опубликовал описание алгоритмов в своей докторской диссертации 1973 года и статье 1975 года

Сегодня модель Фонга используется во многих трехмерных движках.



Сравнение закрасок: «плоское», тонирование по Гуро, затенение по Фонгу.

Иллюстрация: Лаборатория компьютерной графики при Нью-Йоркском технологическом институте.

# Эд Кэтмелл или Эдвин Катмулл(Edwin Catmull)



1945 г.  
(76 лет)



- Его считают отцом компьютерной мультипликации.
- Сейчас занимает пост президента Walt Disney и Pixar.
- Анимированная модель руки
- Z-buffer

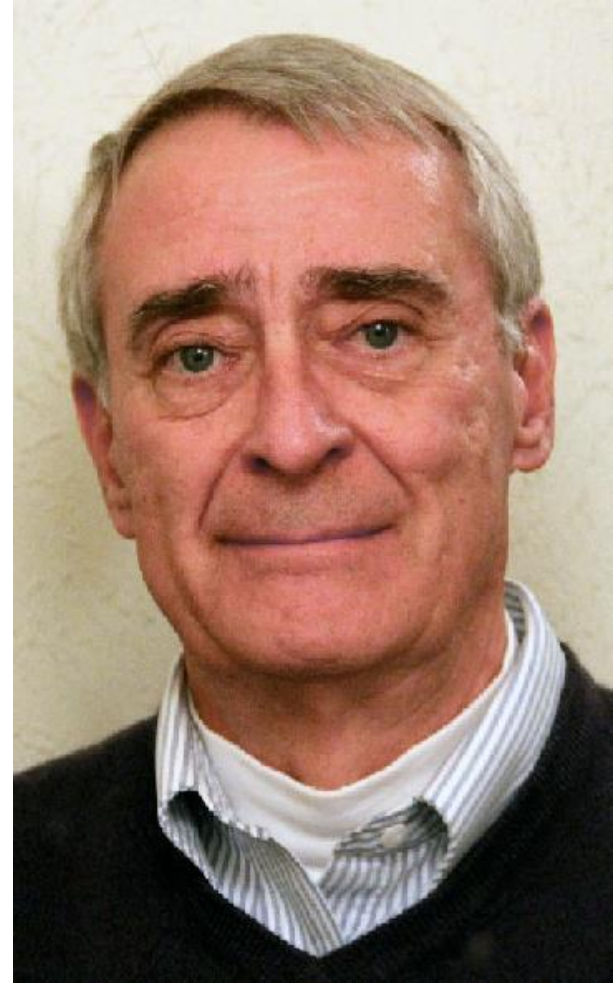
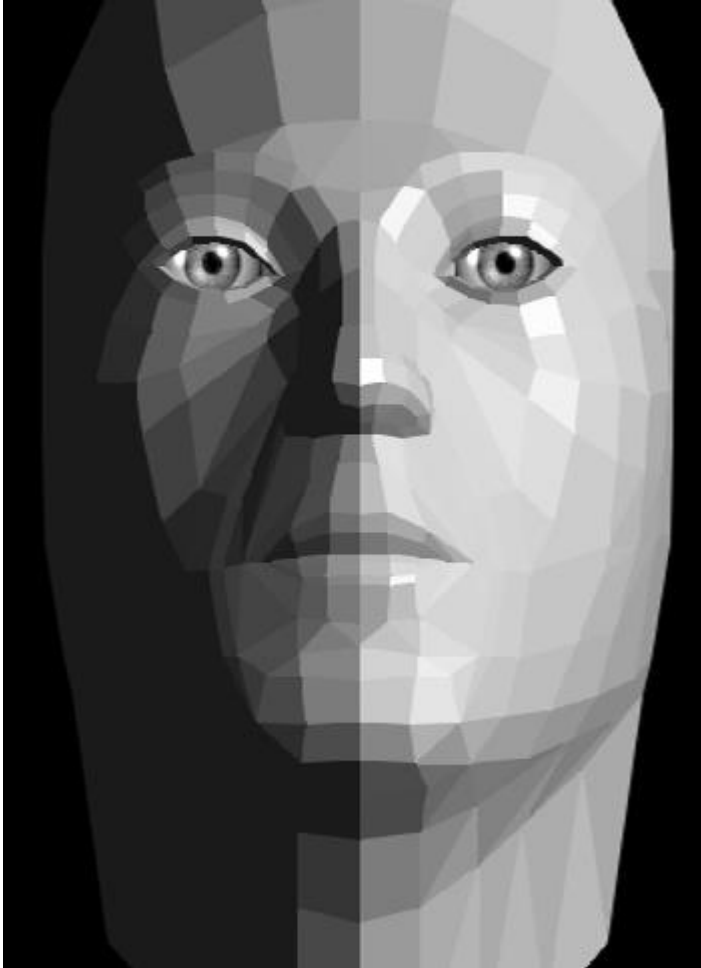


# Рука Кэтмелла



В 1976 году на экраны вышел триллер «Мир будущего» (Futureworld), ставший благодаря «руке Кэтмелла» первым, где использовалась компьютерная анимация.

# Фред Парк (Fred Parke)

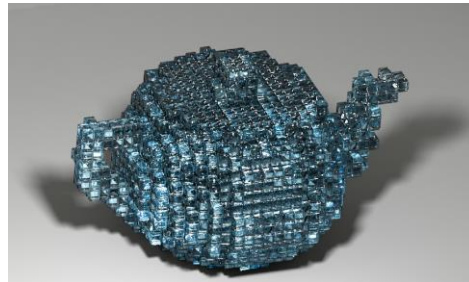
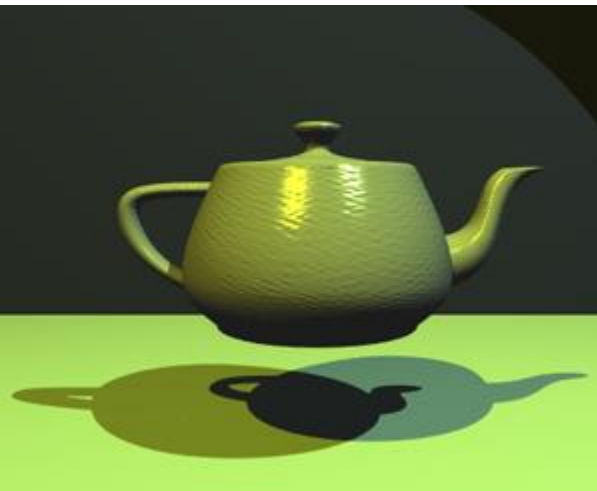


Попытался синхронизировать звук и движение губ компьютерной модели.  
И это в 1974 году!

# SIGGRAPH -- 1974

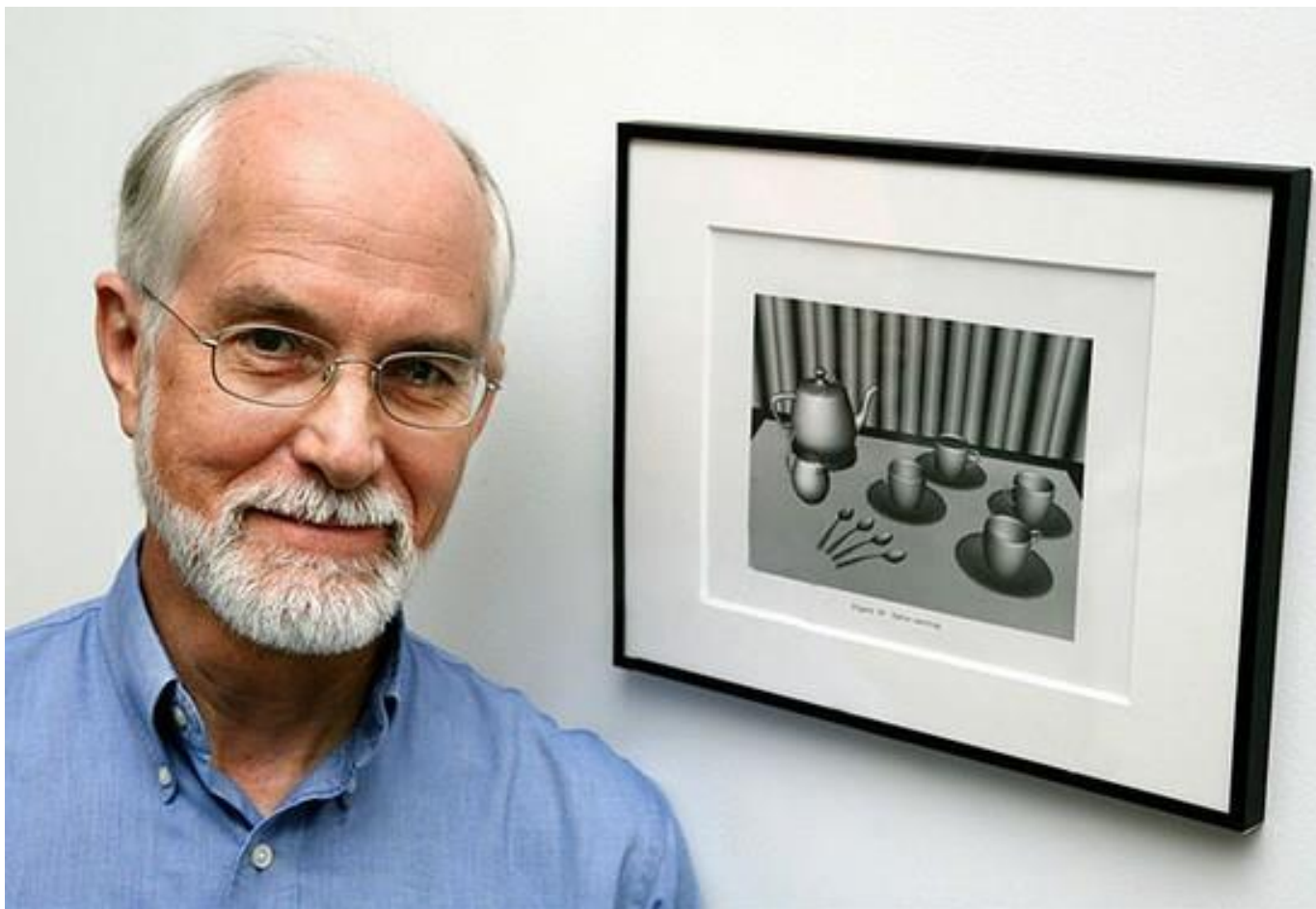
- Летом 1974 года в Боулдере (шт. Колорадо) на базе Ассоциации по вычислительной технике США (Association for Computing Machinery, ACM) в рамках Специальной группы по компьютерной графике (Special Interest Group in Computer Graphics, SIGGRAPH) состоялась первая тематическая конференция.
- На SIGGRAPH 1975 года проводилась демонстрация объекта, которому было суждено стать "иконой" компьютерной графики. Им оказался...

# 1975



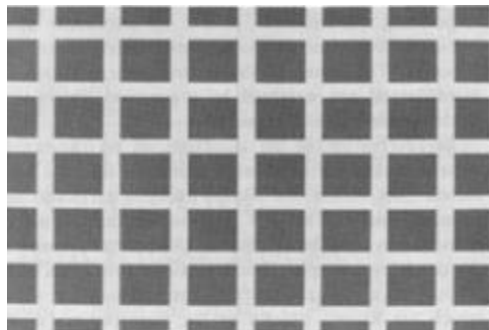
Utah teapot by Martin Newell

# Мартин Ньюелл (Martin Newell)

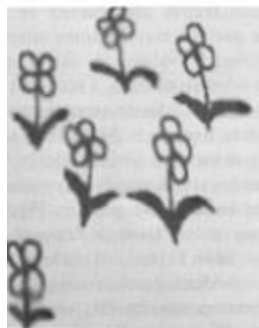


## Текстурирование чайника.

Иллюстрация: примеры  
из диссертации Кэтмелла.



ig. 3. Hand sketched texture pattern: left-hand side shows texture pattern; right-hand side shows textured object.



ig. 4. Photographic texture pattern: left-hand side shows texture pattern; right-hand side shows textured object.



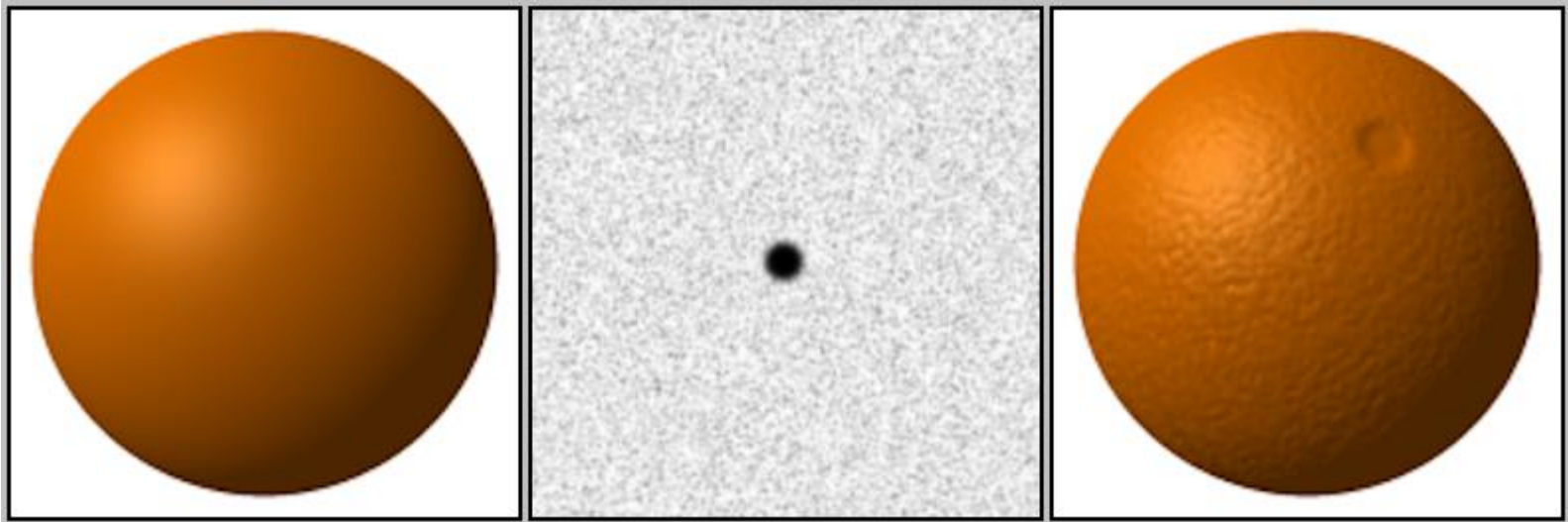
# Джим Блинн

- На примере этой модели Джимом Блинном, также в Университете Юты, были изготовлены первые ранние исключительно качественные визуализации.

1949 г. (73 года)



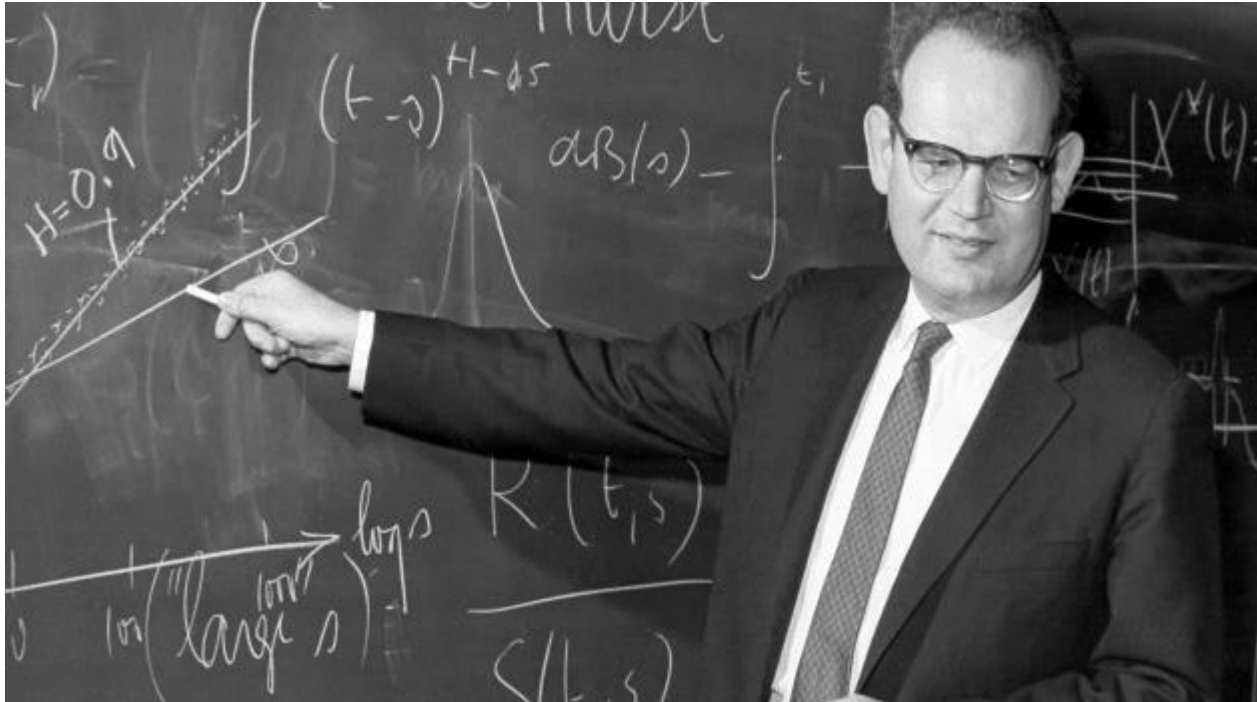
# Джим Блинн (Jim Blinn) 1978



Разрабатывает технику реалистичной визуализации трехмерных объектов, принципиально схожую с придуманным Кэтмеллом наложением текстур, — рельефное текстурирование



# Бенуа Мандельброт ([Benoit Mandelbrot](#)) из Исследовательского центра IBM.



1924-2010

"Фрактальные объекты: форма, случайность и размерность" (Les objets fractals: Forme, hasard et dimension), изданная в 1977 году

# 1980

Флагманом трёхмерных видеоигр стала Battlezone от Atari.  
Вывод в виде векторных контуров.



Каркасное 3D

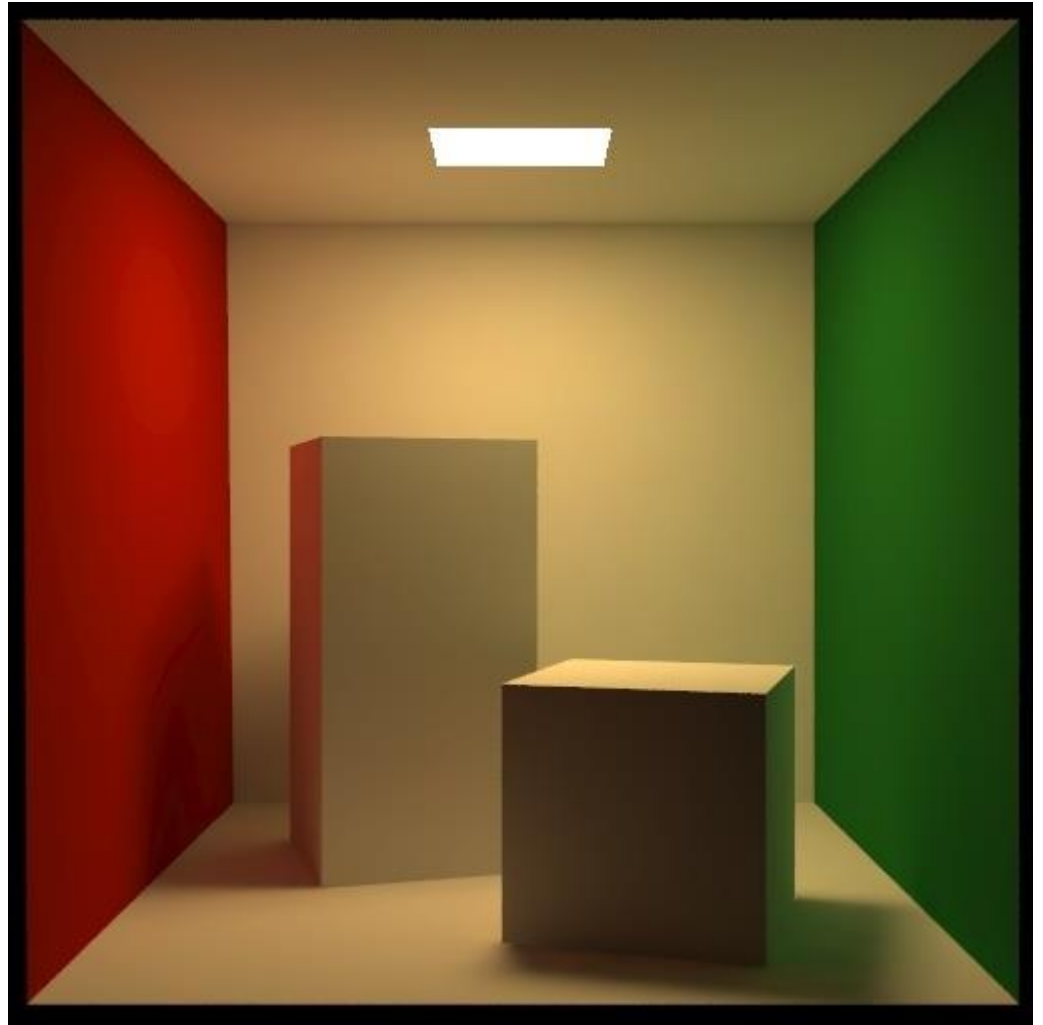
# 1983

- Игра Robot от Atari
- Закрашенные полигоны



# 1984

Отдел графики  
Корнельского  
университета занимался  
разработкой новых  
алгоритмов трассировки  
света.  
Работа «Моделирование  
взаимодействия света с  
диффузными  
поверхностями» —  
«глобальная  
освещенность» .



# Основные вехи

WWW.JOSHUAMOSLEY.COM/U.PENN/COURSES/ANI/ANIMATIONHISTORY.HTML,  
WEB.CS.WPI.EDU/~MATT/COURSES/C5563/TALKS/HISTORY.HTML

1960	Уильям Феттер (William Fetter), Boeing, вводит термин «компьютерная графика»
1961	Эдвард Заяк (Edward Zajak) из Bell Labs создает первую в истории компьютерную анимацию (показывающую гироскопическую систему управления ориентацией)
1961	Ларри Брид (Larry Breed), Стэнфордский университет, MACS, первый язык для компьютерной анимации
1961	Первый публичный показ компьютерно анимированного фильма (Стэнфордский университет)
1961	Первая видеоигра (Стив Рассел [Steve Russell], MIT)
1963	Айвен Сазерленд, MIT: интерактивная система компьютерной анимации Sketchpad
1964	Уильям Феттер, Boeing: первая компьютерная модель фигуры человека (испытанная для конструирования кабины пилота)
1965	Джек Брезенхэм (Jack Bresenham): алгоритм сканирования прямых
1965	Первое компьютерное арт-шоу (Штутгарт)
1966	Айвен Сазерленд создает первый надеваемый дисплей
1968	
1968	Аппель (Appel): изобретение трассировки лучей (ray-tracing)
1969	Bell Labs: построен первый фрейм-буфер
1973	«Westworld»: первый развлекательный фильм с использованием компьютерной анимации
1982	Мейгер (Meager) использует октодереве для геометрического моделирования
1982	Основана компания Silicon Graphics
1985	Жиро (Girard) и Мачиевски (Maciejewski), Университет Огайо, публикуют описание использования обратной кинематики и динамики для анимации (впервые использована в фильме «Eurythmy»)

По материалам Джошуа Мосли (Joshua Mosley) и Мэтью Уорда (Matthew Ward)

# 1986 - 1990 гг

- Появление технологии Мультимедиа.
- К графике добавились обработка звука и видеоизображения.
- Особенности:
  - появление диалога пользователя с персональным компьютером;
  - появление анимации

# 1991 – 2022 гг.

- Появление графики Virtual Reality
- Появились датчики перемещения, благодаря которым компьютер меняет изображения при помощи сигналов посылаемых на него.
- Появление стереочков (монитор на каждый глаз), благодаря высокому быстродействию которых, производится имитация реального мира.

# 2001

- Final Fantasy: The Spirits Within (компьютерная трёхмерная картина 38-летнего японского режиссёра Хиронобу Сакагучи)
- Рендеринг выполнялся на специально разработанной рендер-ферме, состоящей из 960 рабочих станций с процессорами Pentium III 933 МГц. Рендер-ферма была создана компанией Square Pictures, находящейся на Гавайях.



Аки Росс





WELCOME TO SIGGRAPH 2021

→ **THE PREMIER CONFERENCE  
& EXHIBITION IN COMPUTER  
GRAPHICS & INTERACTIVE  
TECHNIQUES**

Share and explore  
in your unique area of  
interest.



**PRODUCTION  
& ANIMATION**



**RESEARCH  
& EDUCATION**



**ARTS &  
DESIGN**



**GAMING &  
INTERACTIVE**




**NEW  
TECHNOLOGIES**



ANNOUNCING

## FEATURED SPEAKERS

Industry experts take the  
stage at SIGGRAPH 2021.

SEE ALL SPEAKERS 

HANY  
FARID



HANY FARID

KATE  
DARLING



KATE DARLING

GRANT  
SANDERSON



GRANT SANDERSON

AMY  
HENNIG



AMY HENNIG

SERGIO  
PABLOS



SERGIO PABLOS

ED  
CATMULL



ED CATMULL

PAT  
HANRAHAN



PAT HANRAHAN

ERIC  
IVERSON



ERIC IVERSON

JIM  
JEFFERS



JIM JEFFERS

RICHARD  
KERRIS



RICHARD KERRIS

TIMONI  
WEST



TIMONI WEST

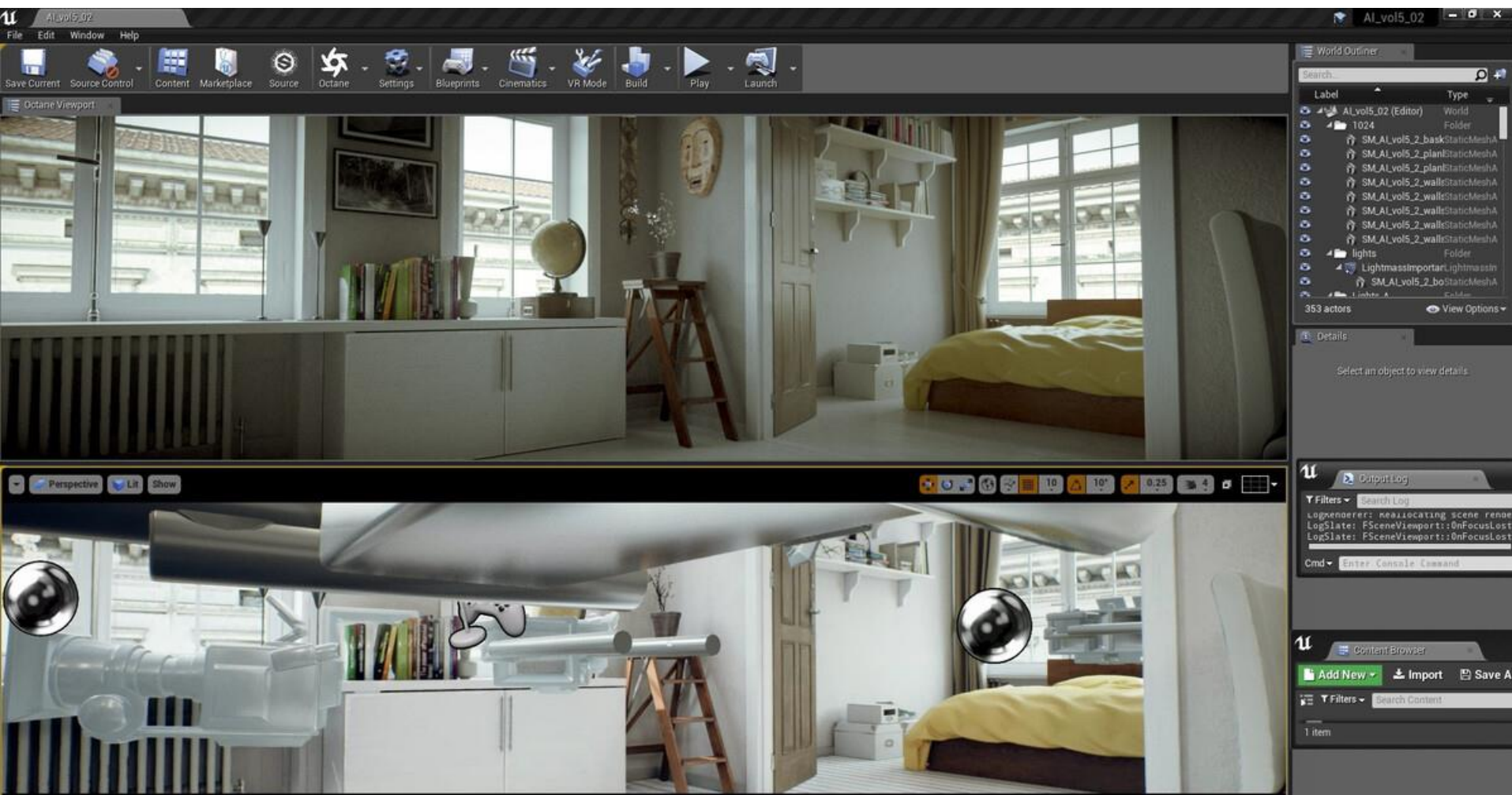
# Виртуальный продакшен и игровые движки



THE LION KING

CALEB DESCHANEL OPERATES OVER A STEADICAM SHOT

# Массовый RTX и медленная рендер-революция



В первой Корпорации Монстров у Салливана было 2 миллиона волос(кривых)



# В четвертой Истории Игрушек счет пошел на миллиарды (листьев)



# И даже на триллионы



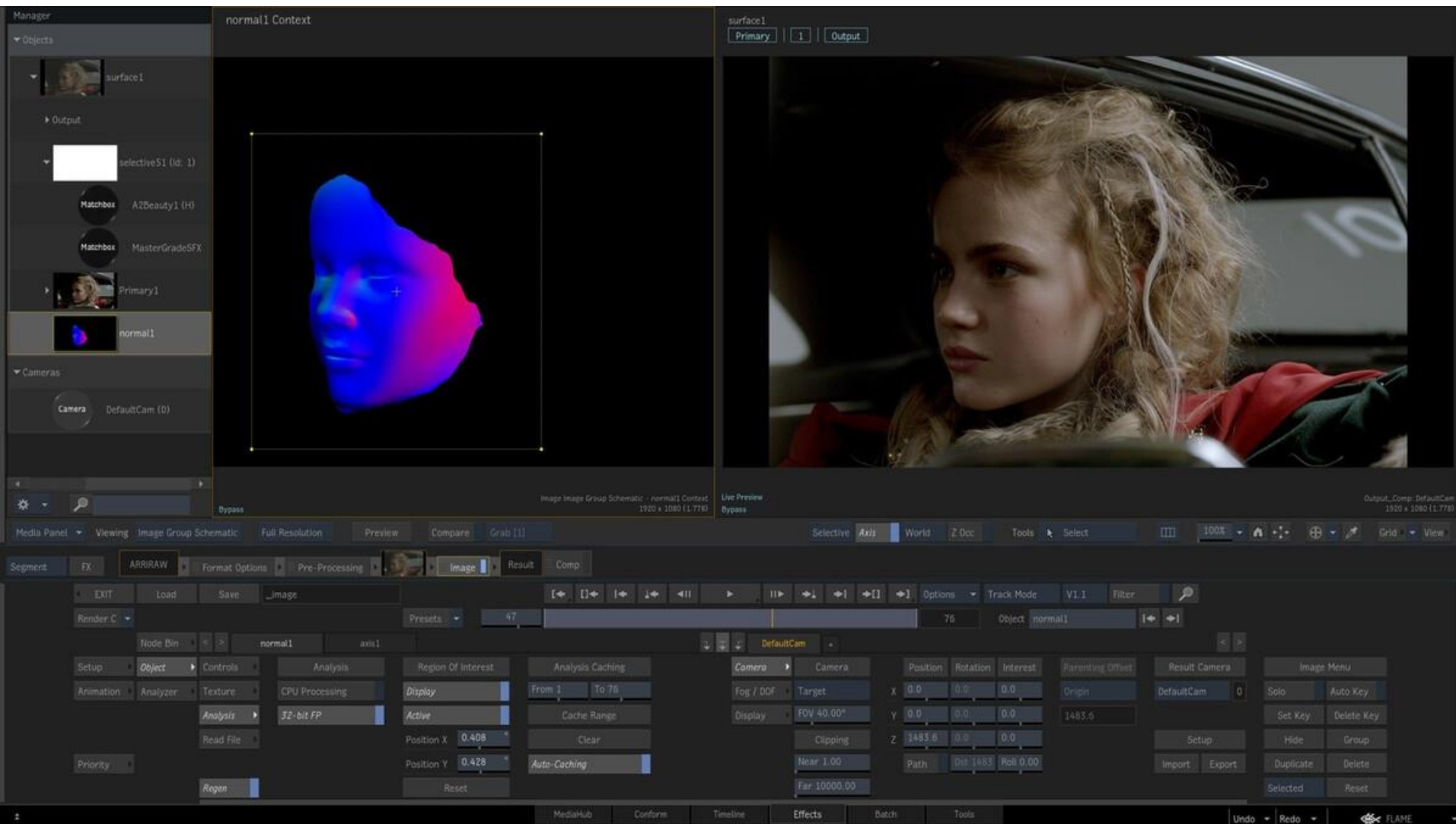
1,026,224,306,685 Pine Needles



<https://www.youtube.com/watch?v=Lu7zyqHMB8Q>



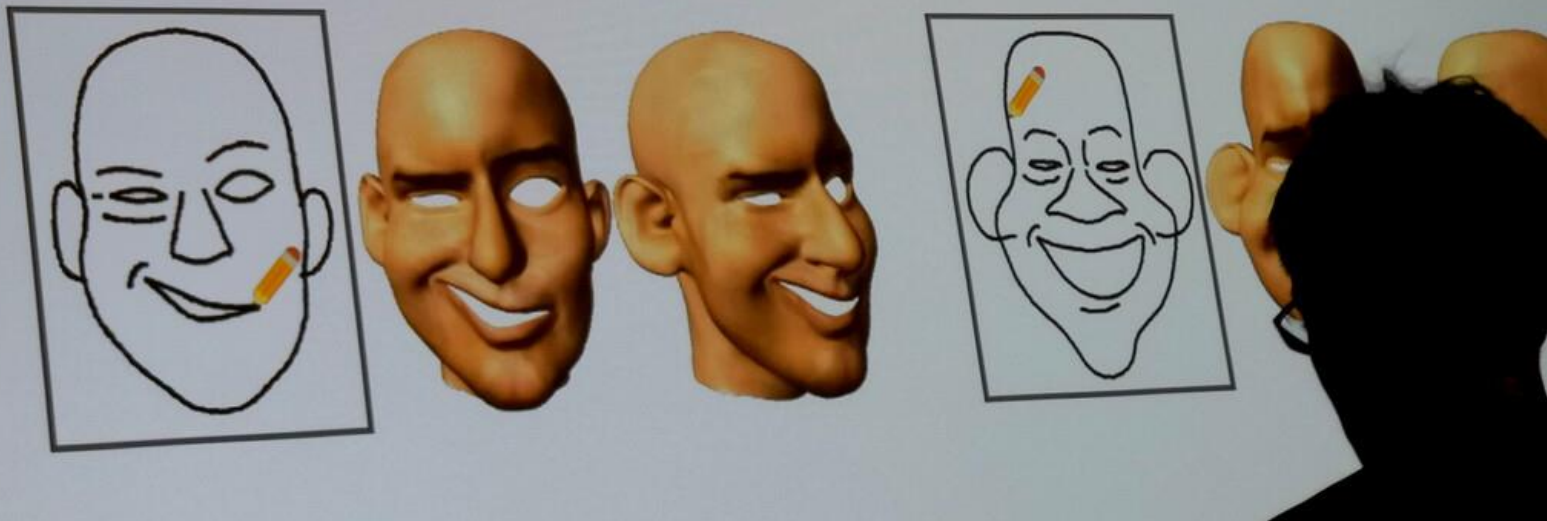
# ИИ



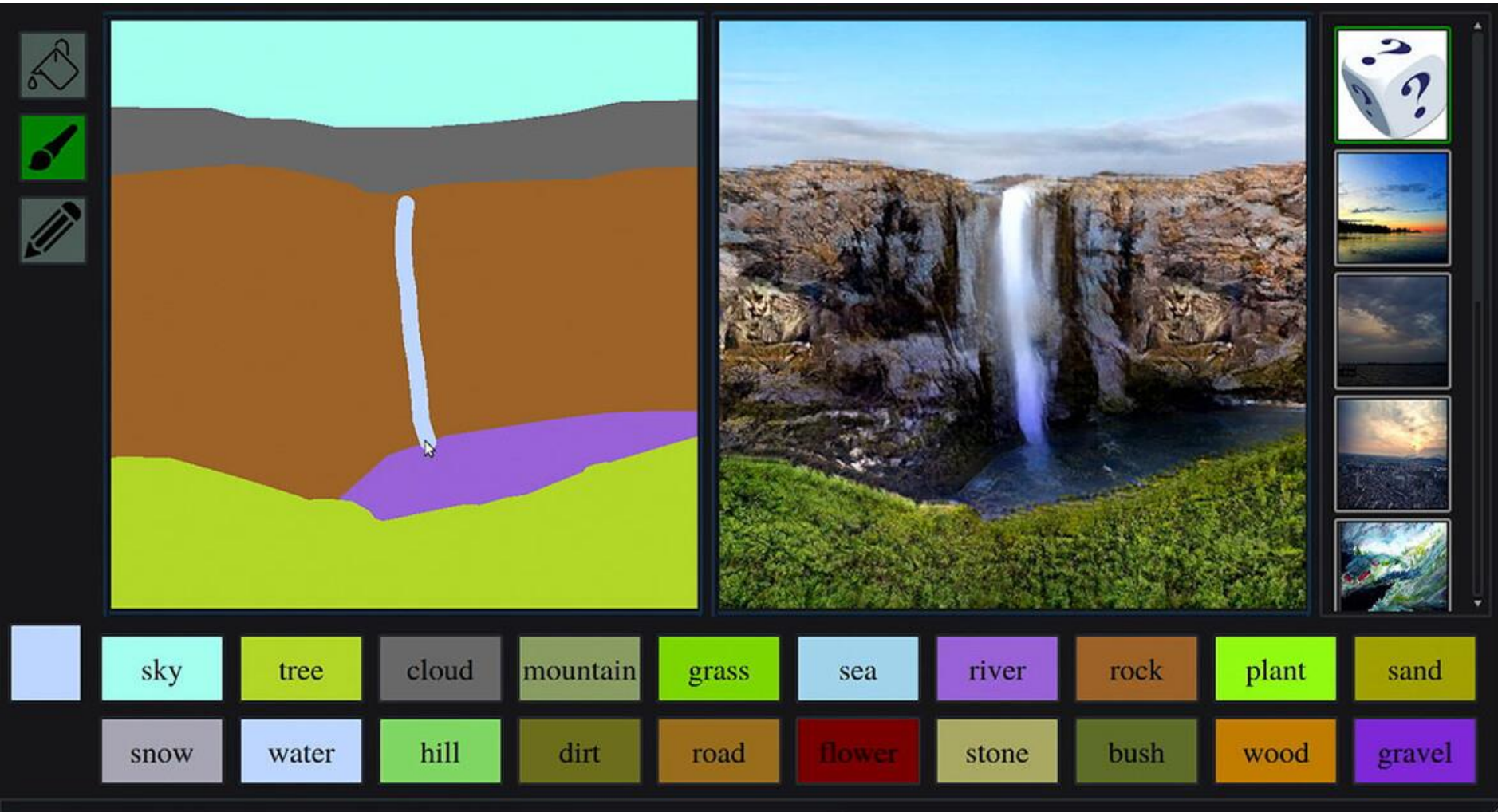
# Sketch to Face!

[Han et al. 2017, Siggraph]

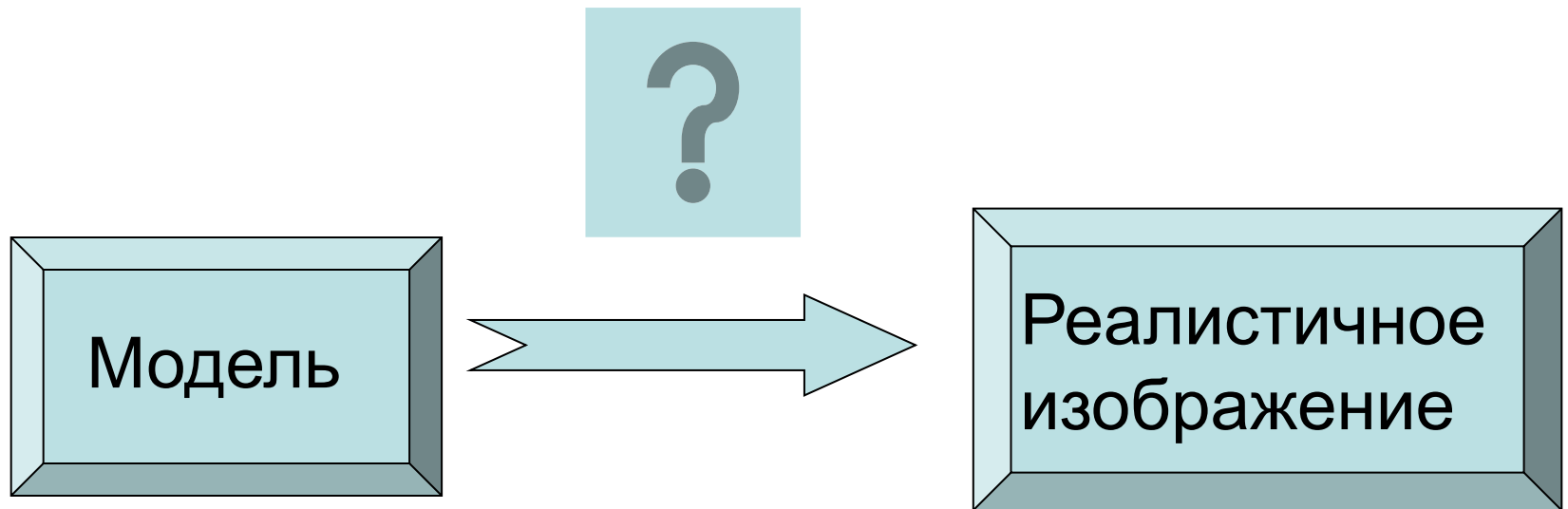
DeepSketch2Face: A Deep Learning Based Sketching System for 3D Face and Caricature Modeling



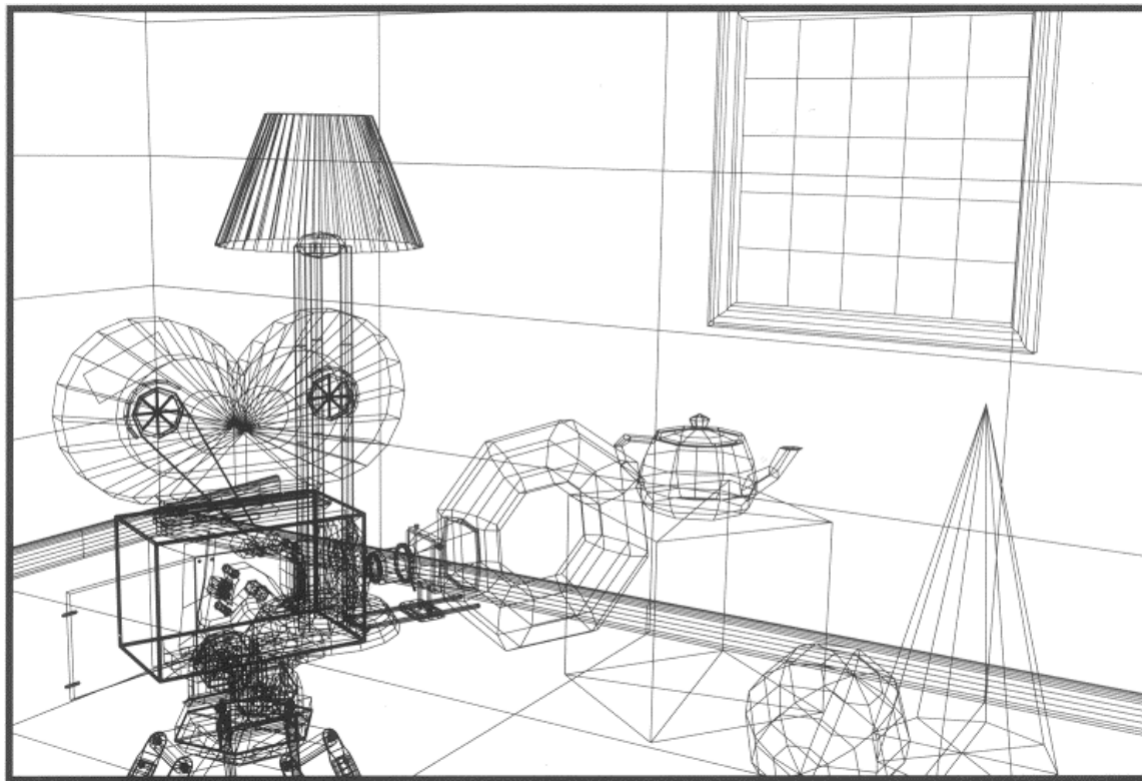
# На стенде Nvidia можно было интерактивно порисовать с помощью [GauGAN](#)



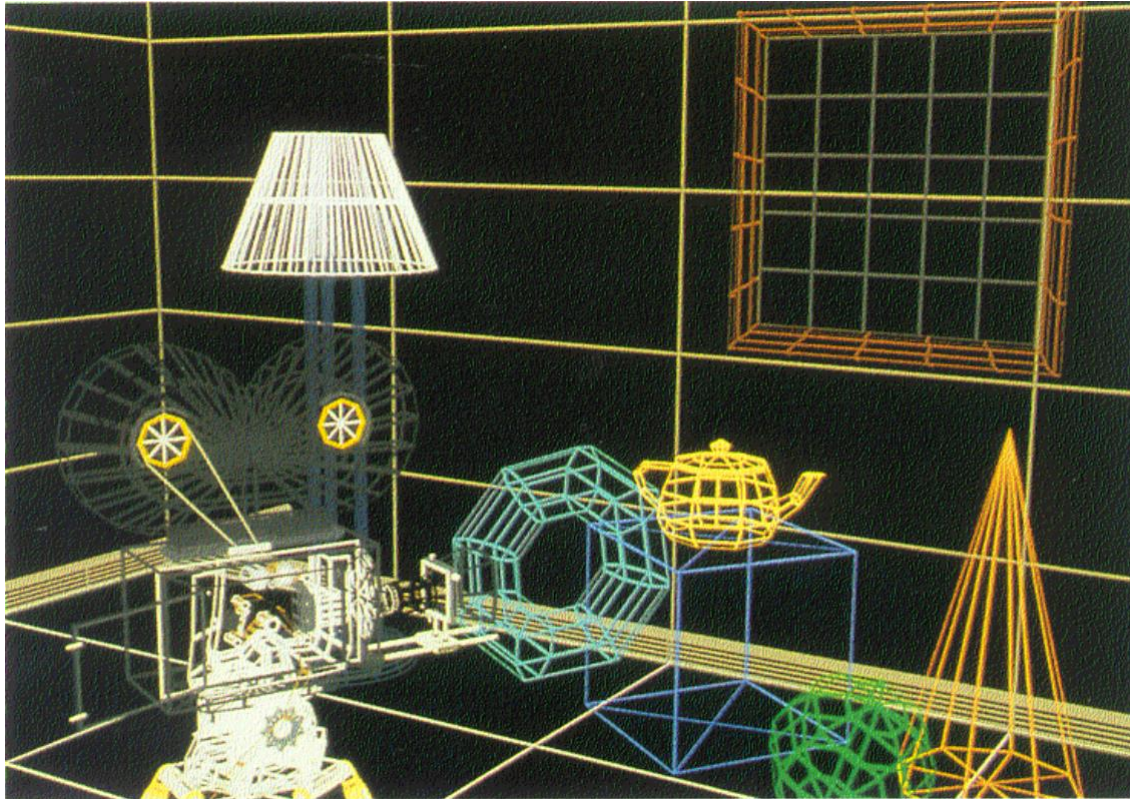
# Основные этапы визуализации



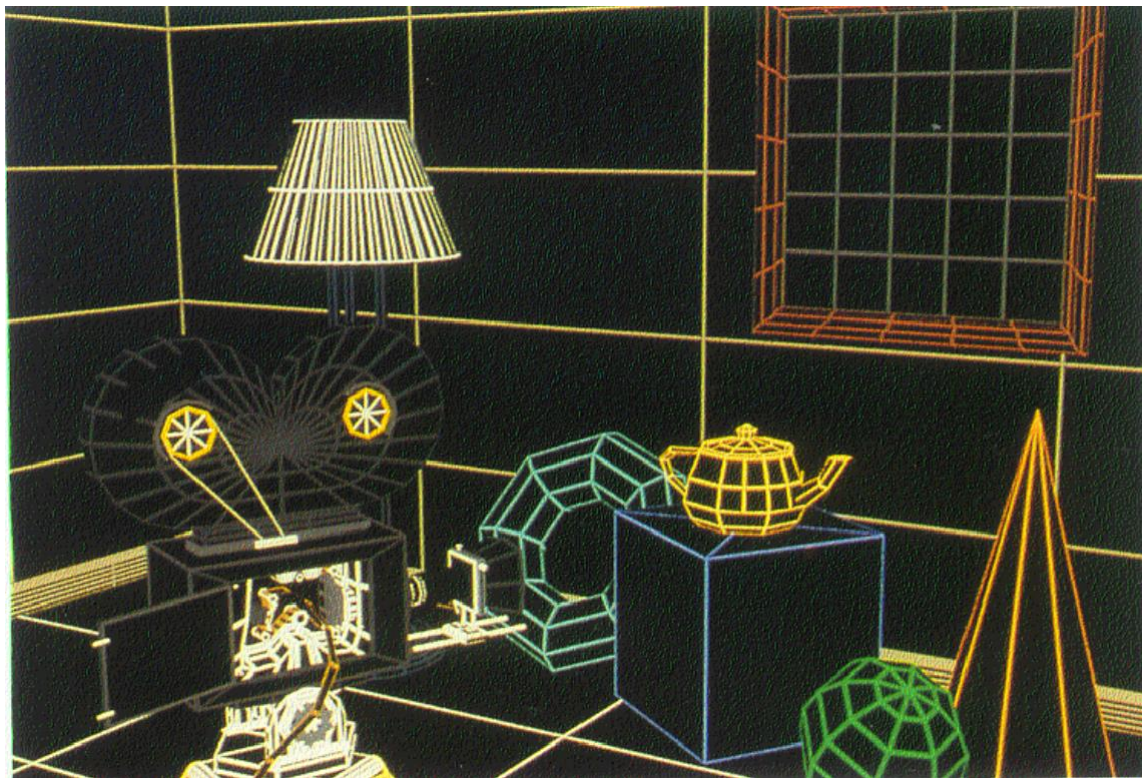
# Каркасная модель (перспективная проекция)



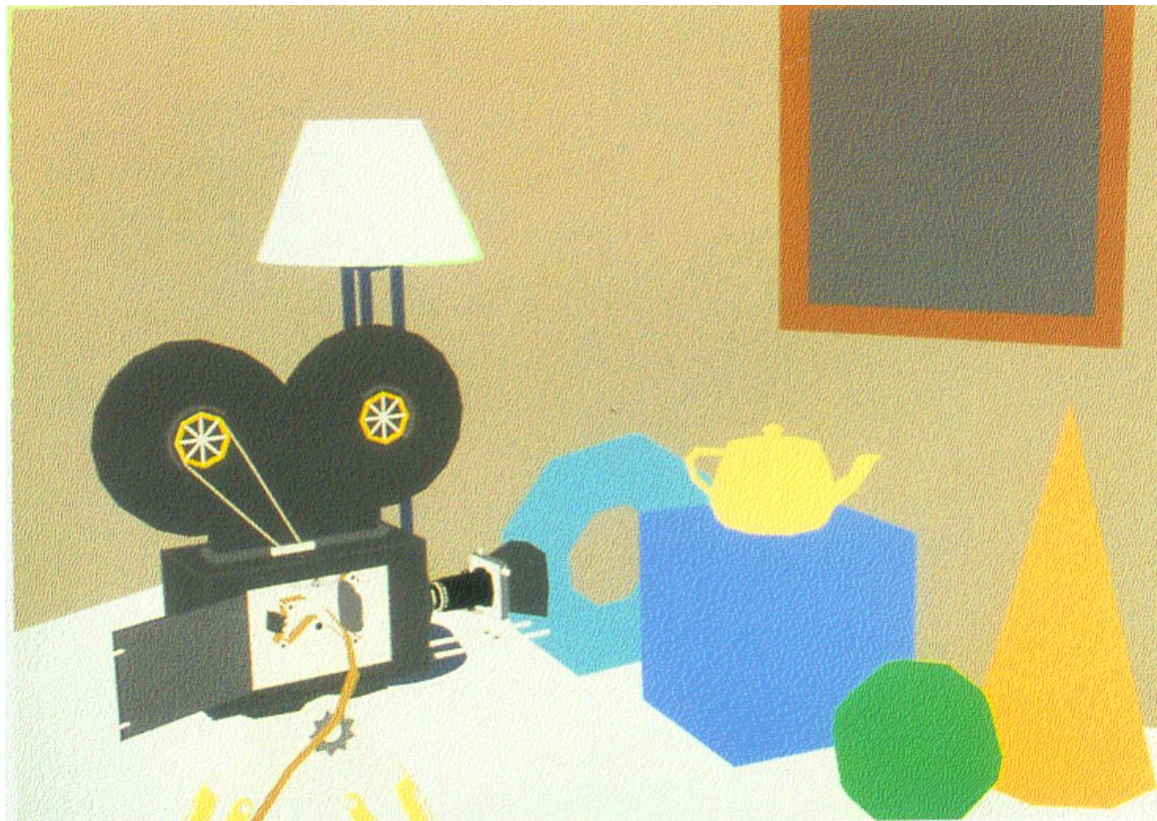
# Цветные линии



# Удаление невидимых линий

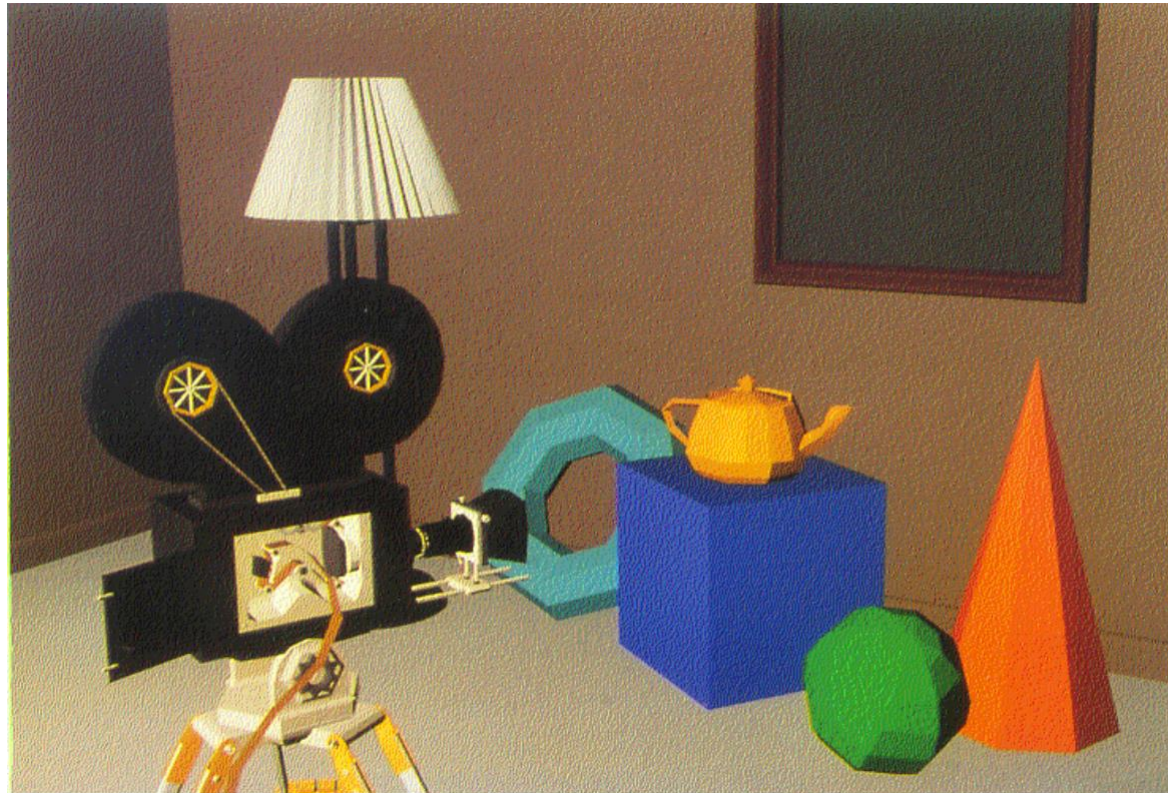


# Определение видимых поверхностей (рассеянный «ambient» свет)

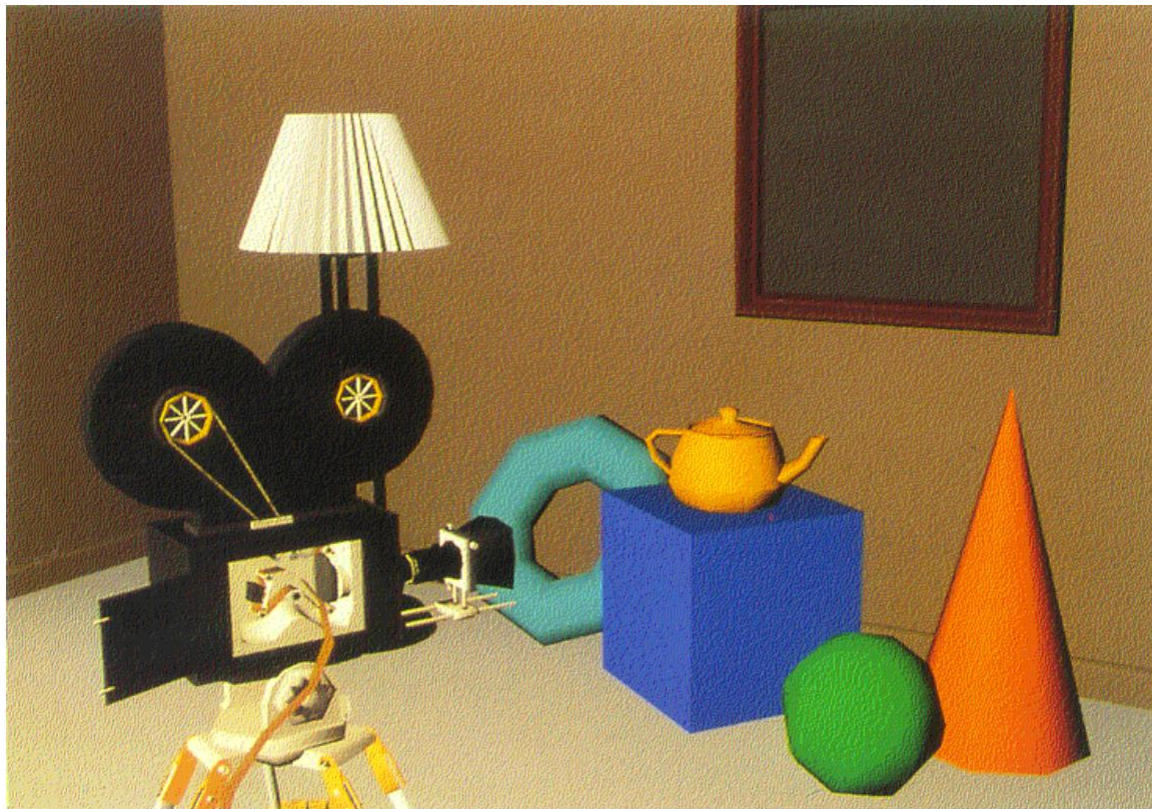




# Закраска индивидуальных полигонов (плоская «flat» закразка)

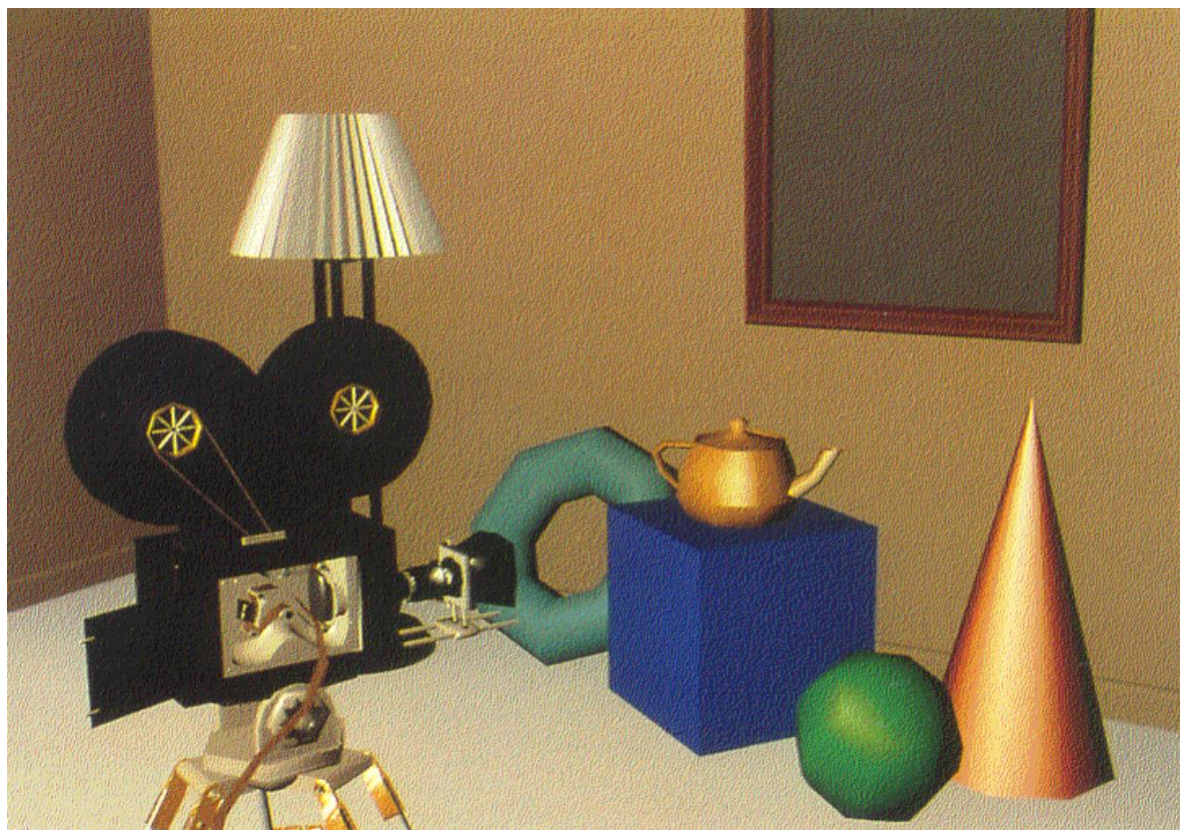


# Закраска Гуро (диффузное отражение)

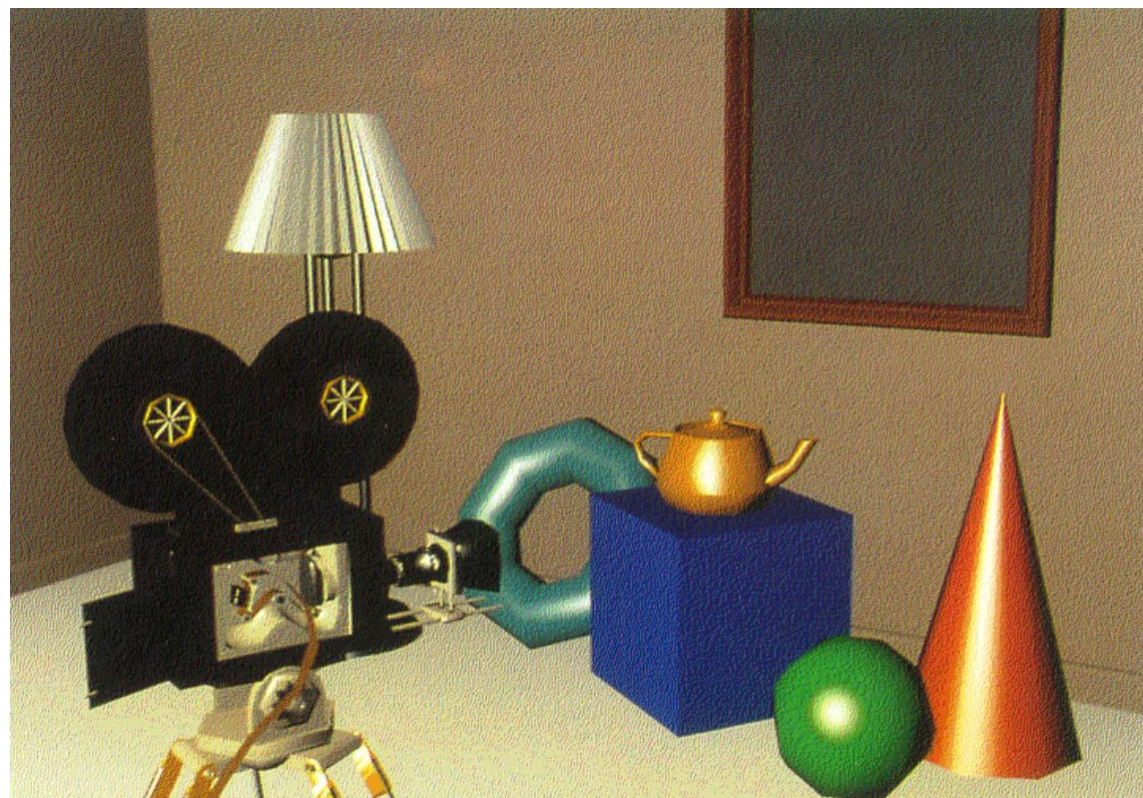


# Закраска Гуро

(зеркальное «sresular» отражение)



# Закраска Фонга (зеркальное отражение)



# Затенение



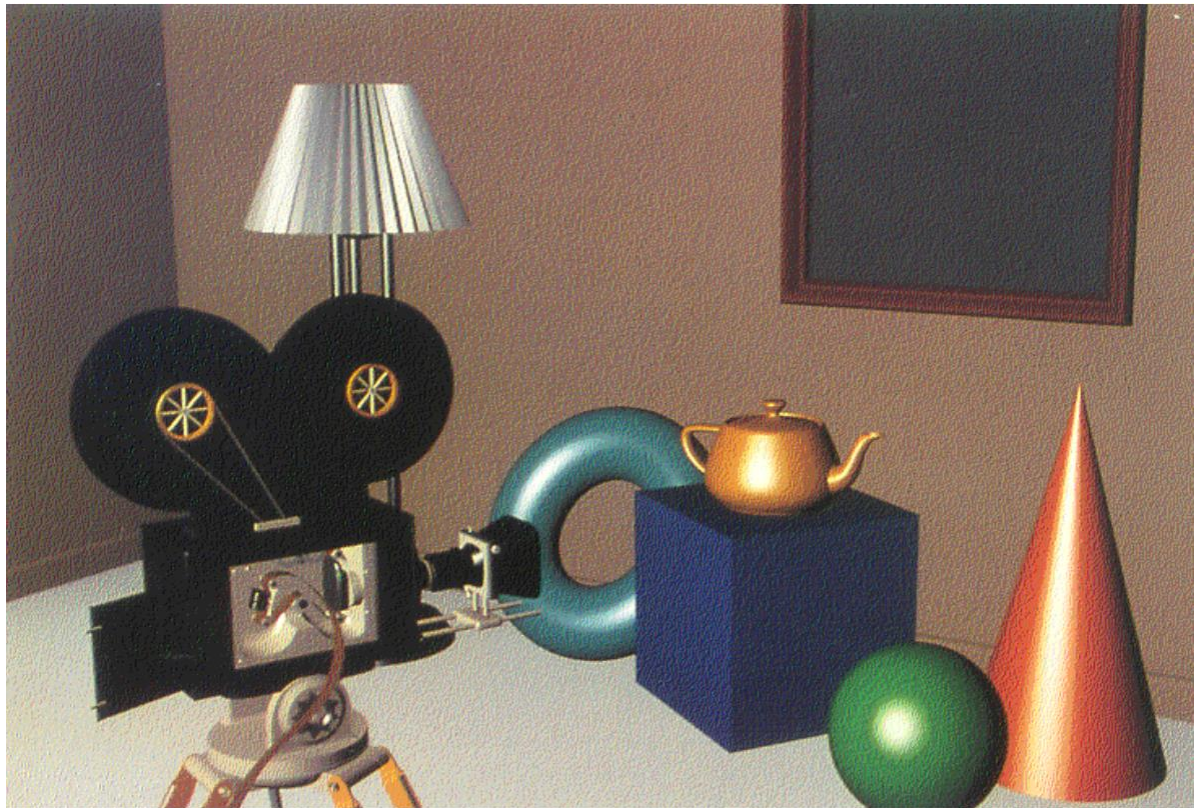
1. Плоское

2. По Нормо

3. По Фонгу



# Криволинейные поверхности (зеркальное отражение)

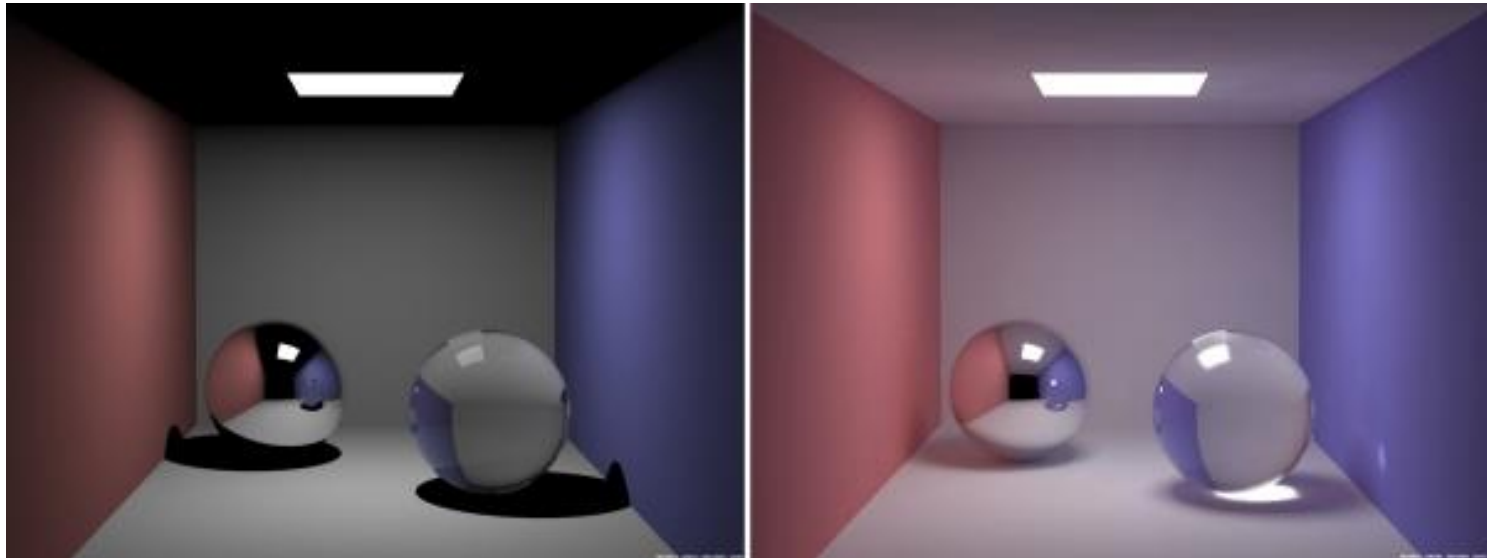


# Текстуры и тени (отражение в зеркале)



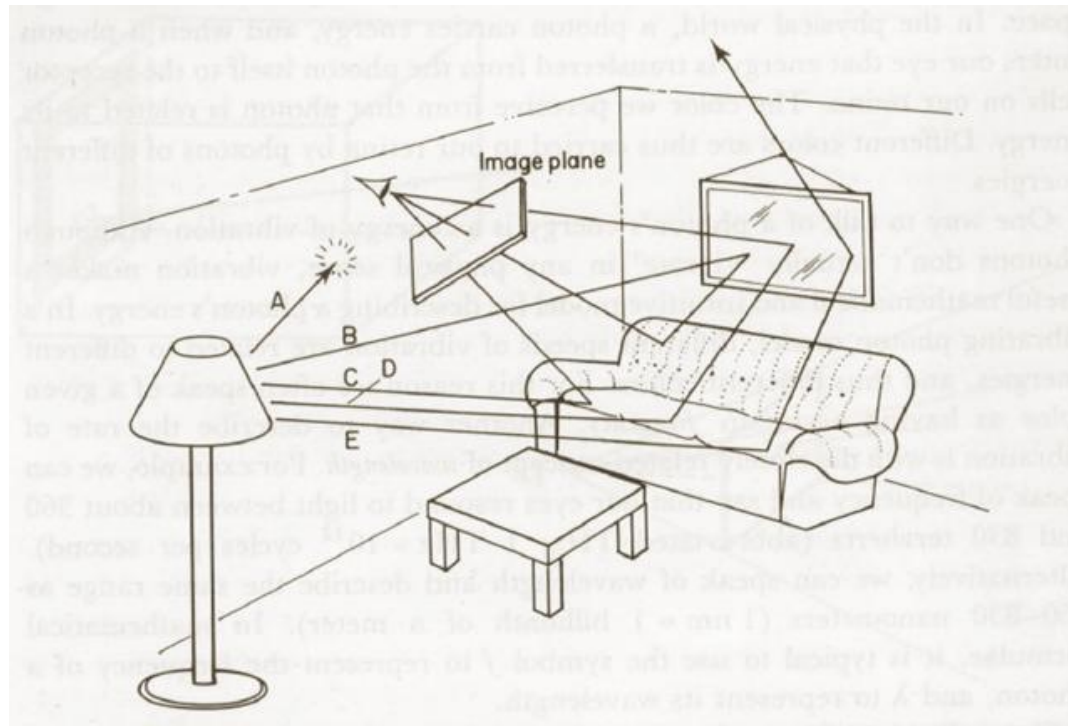
# Real Image vs Real Time

- Быстро
- Имитирует реальность
- Медленно
- Очень похоже на реальность





# Сцена для объяснения действия алгоритма Ray-Tracing



Ray-casting - Arthur Appel - 1968 г

Ray-tracing - Turner Whitted - 1979 г

# Классический Ray Tracing

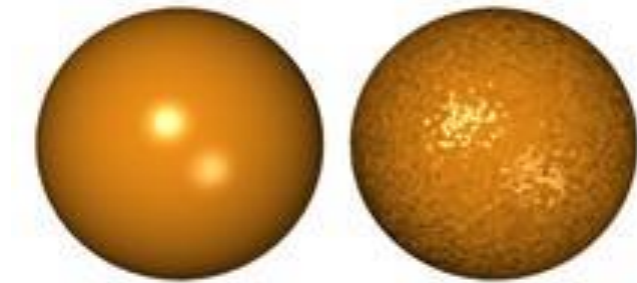


# Результат работы Radiosity algorithm

Goral, Torrance, Greenberg и Battaile в 1984 году



# Различный мэппинг

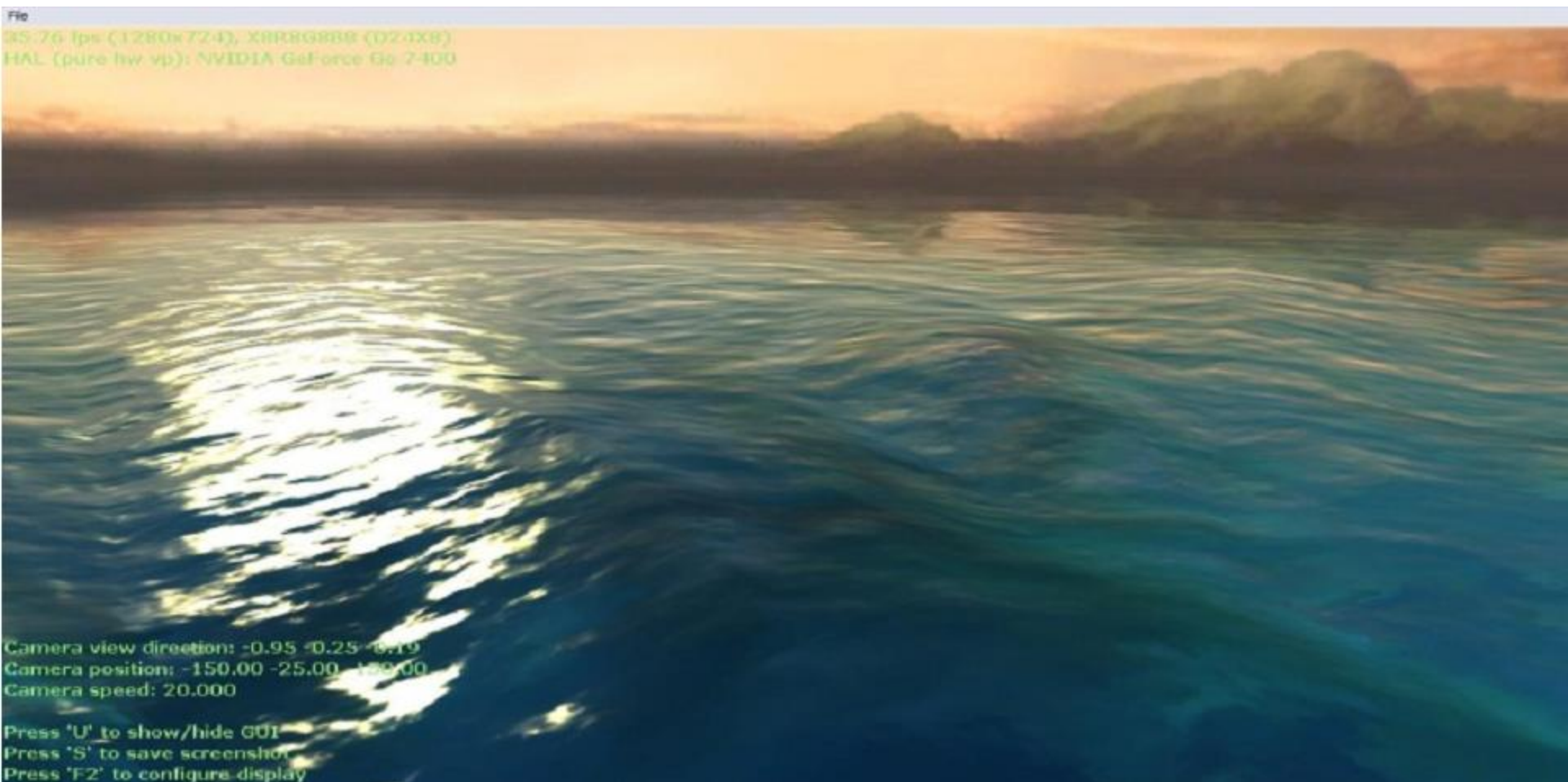


Bump mapping

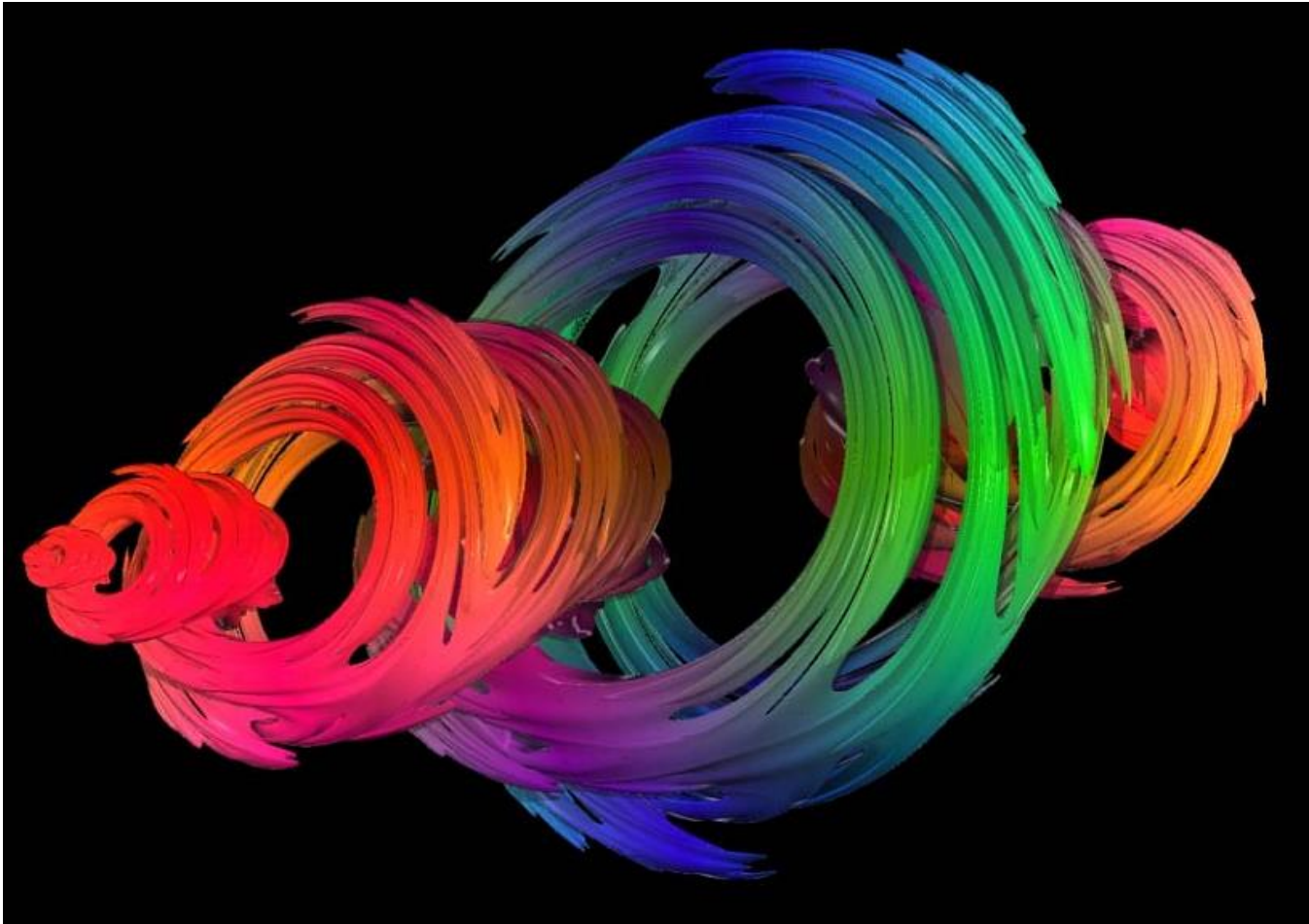
# Возможности шейдеров DirectX 10 в игре Crysis



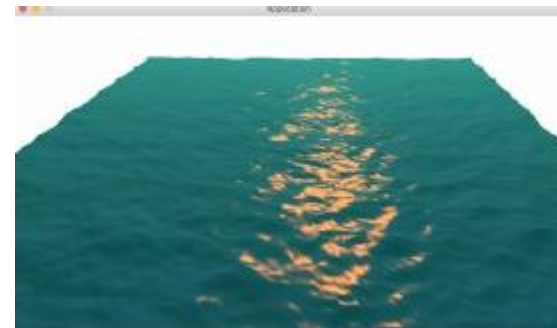
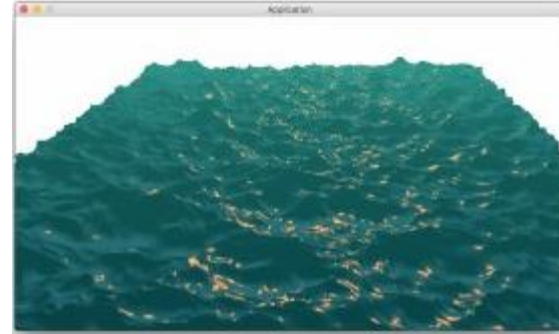
# Визуализация водных поверхностей на основе растеризации с картами нормалей



# Визуализация неявно заданных поверхностей на основе трассировки лучей (Ray Tracing). 3D фрактал Джулия с тенями



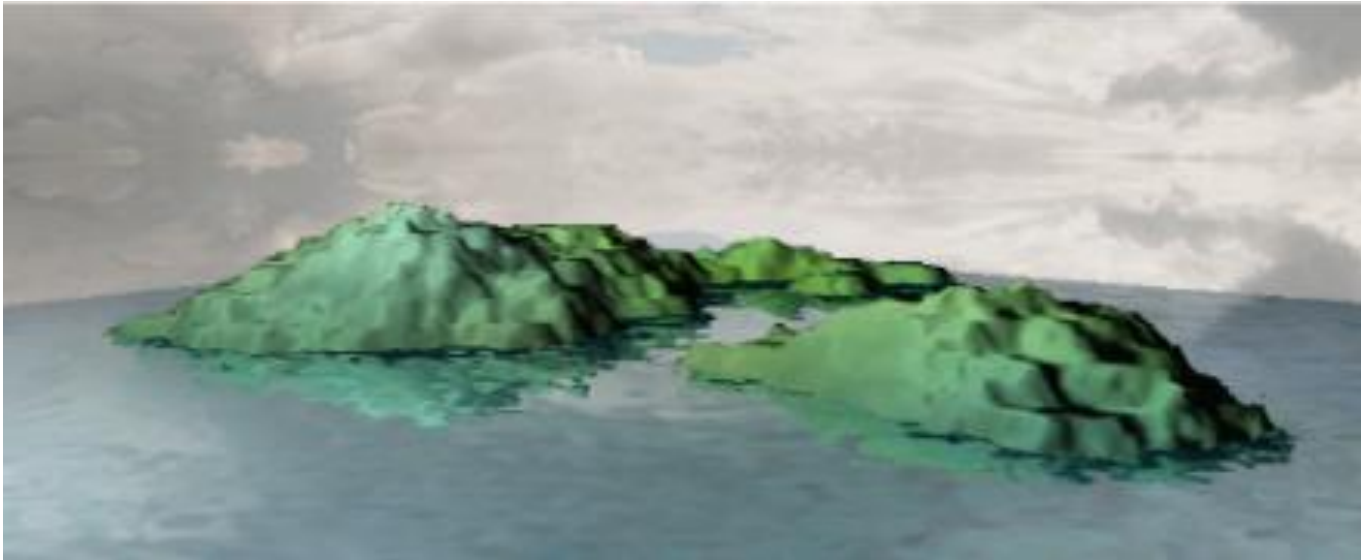
# Визуализация водной поверхности



Автор: Ковтун Богдан



# Генерация ландшафта



Автор: Поповская Влада

# Генерация ландшафта по реальным картам



Автор: Поповская Влада



Нечушкин Дмитрий

# Конференции

- [конференция Siggraph](#), проводится в США
- [конференции Eurographics](#), проводятся ассоциацией [Eurographics](#) ежегодно в странах Европы
- [конференция Графикон](#), проводится в России
- [CG-событие](#), проводится в России