



# Шейдерный КОКТЕЙЛЬ

Спикер:  
Алексей Безгодов

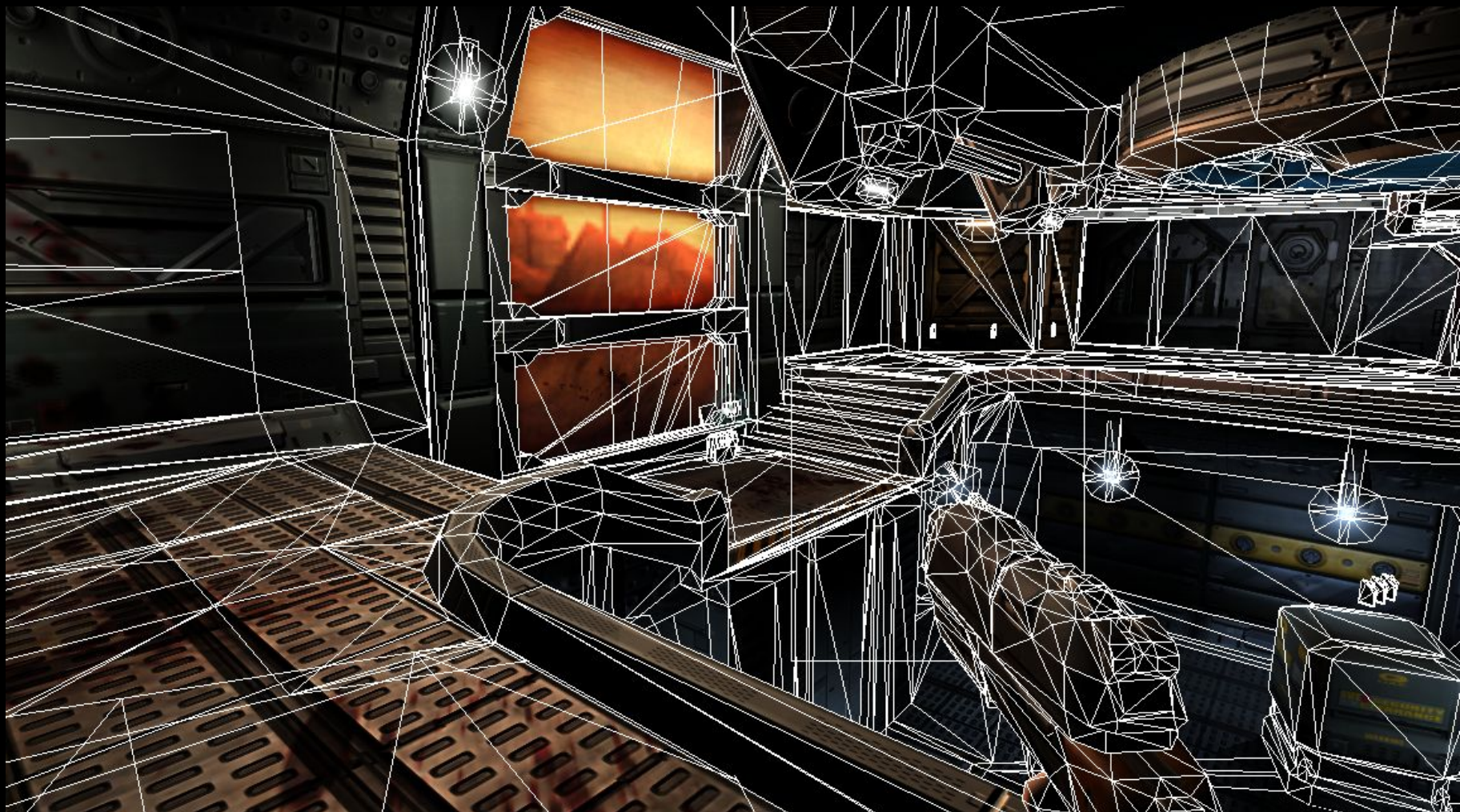
# План

- Путь треугольника
- Основы CAPI
- Путь света и тени
- Постобработка
- Вопросы

Drink-Time

- Архитектура
- Приемы оптимизации
- О кафедре
- Лекция №2
- Вопросы online
- Вопросы

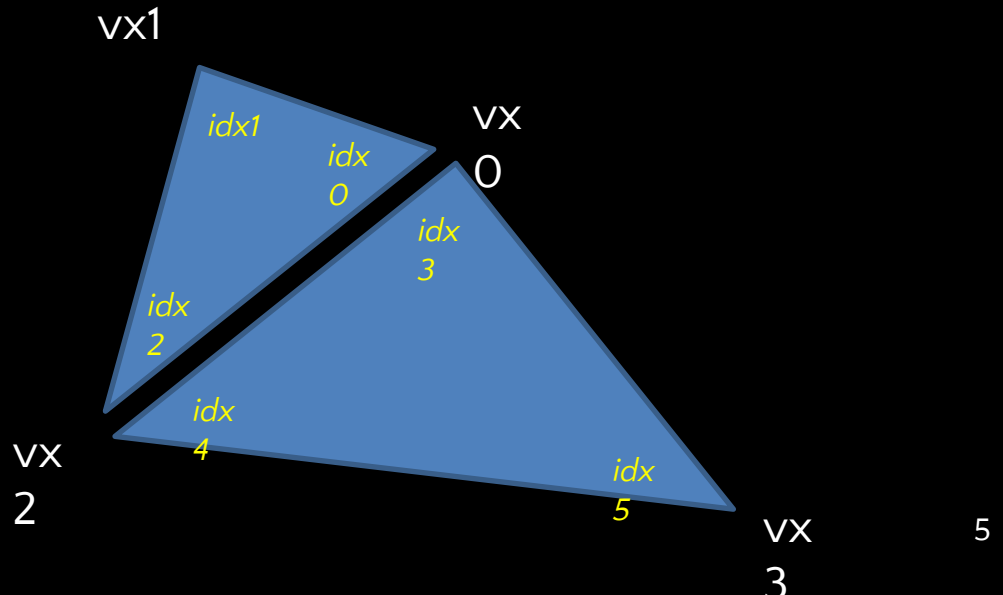
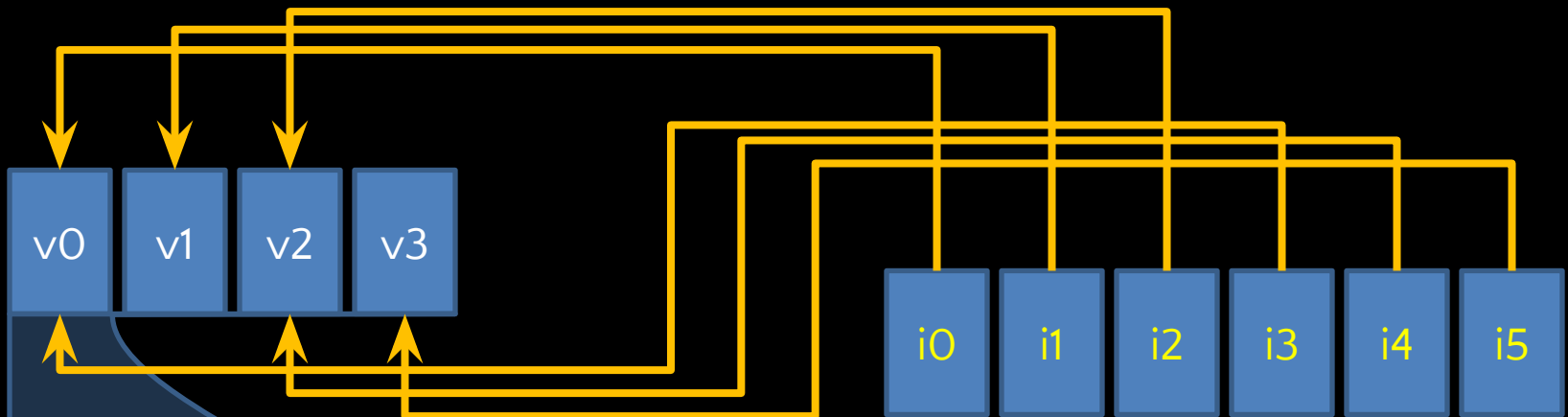
# Мир состоит из треугольников



# GPU: Объекты и функции

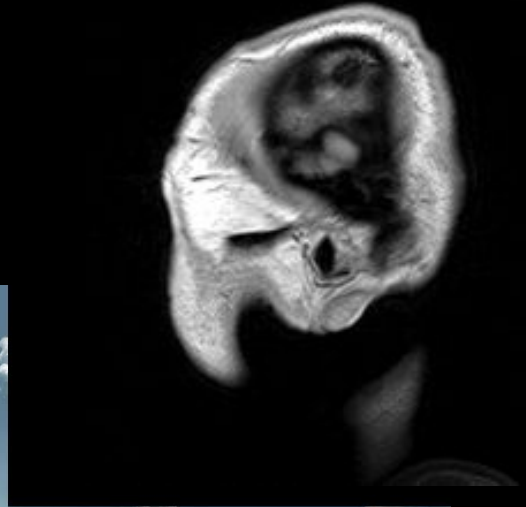
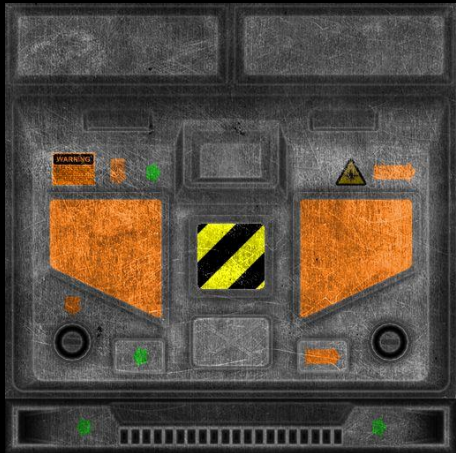
- **Shaders:**
  - VS, HS, DS, GS, PS, CS
- **Resources:**
  - Textures 1D, 2D, 3D, Cube, Array
  - Vertex Buffers
  - Index Buffers
  - Const Buffers
  - Render Targets
  - Read/Write Buffers
- **Render States:**
  - Blending
  - Rasterization
  - Output merging
  - Sampling
- **Queries**
  - Counters, Occlusion, Predicates
- **Компиляция шейдеров**
- **Создание ресурсов**
- **Передача данных**
  - CPU ↔ GPU
  - GPU ↔ GPU
  - Очистка буферов
- **Установка Render States**
- **Установка шейдеров**
- **Привязка ресурсов**
- **Draw Calls**
  - Indexed
  - Instanced
  - Indexed & Instanced
- **Установка Queries**

# GAPI: Vertex & Index Buffers



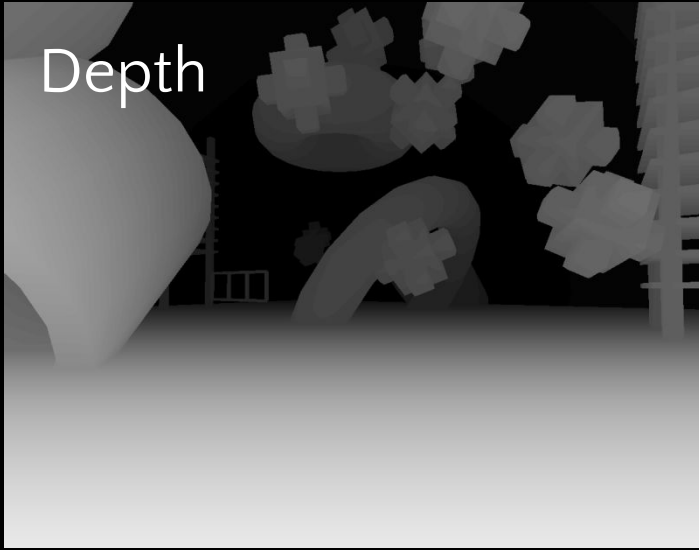


# GAPI: Texture 1D, 2D, 3D, Cube

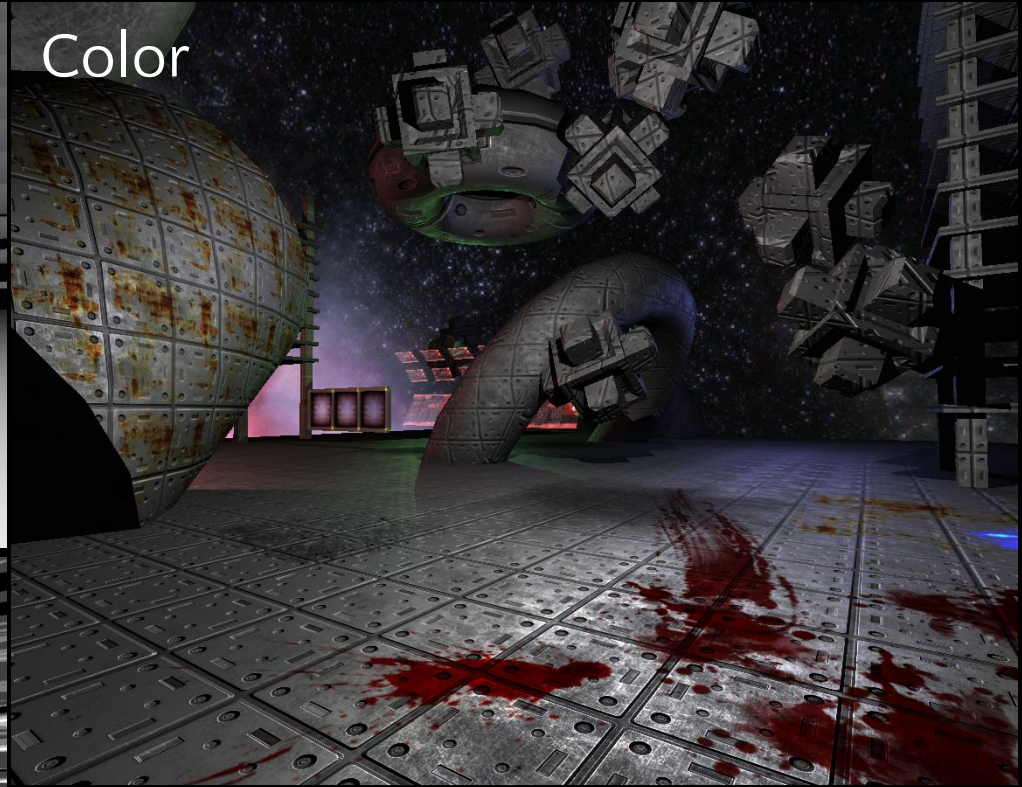


# GAPI: Color, Depth, Stencil

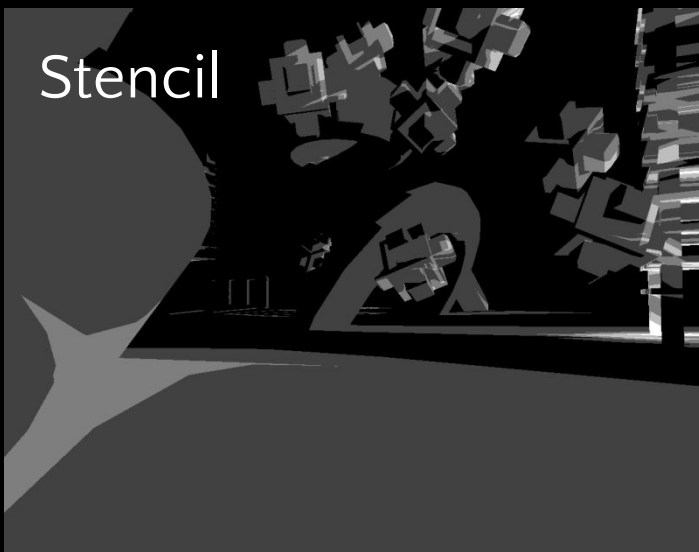
Depth



Color



Stencil



# GAPI: Shaders

- **Vertex Shader**
  - преобразование вершин
- **Geometry Shader**
  - порождение примитивов
- **Pixel Shader**
  - расчет цвета фрагмента (пиксела)
- **Compute Shader**
  - общие вычисления
- **Hull Shader**
  - генерация контрольных точек кривых Безье
- **Domain Shader**
  - генерация вершин по результатам тесселяции

- HLSL – Direct3D
- GLSL – OpenGL

```
float4 PSMain(PS_IN input) : SV_Target
{
    float4 tex = Texture.Sample( Sampler,
                               input.tc );

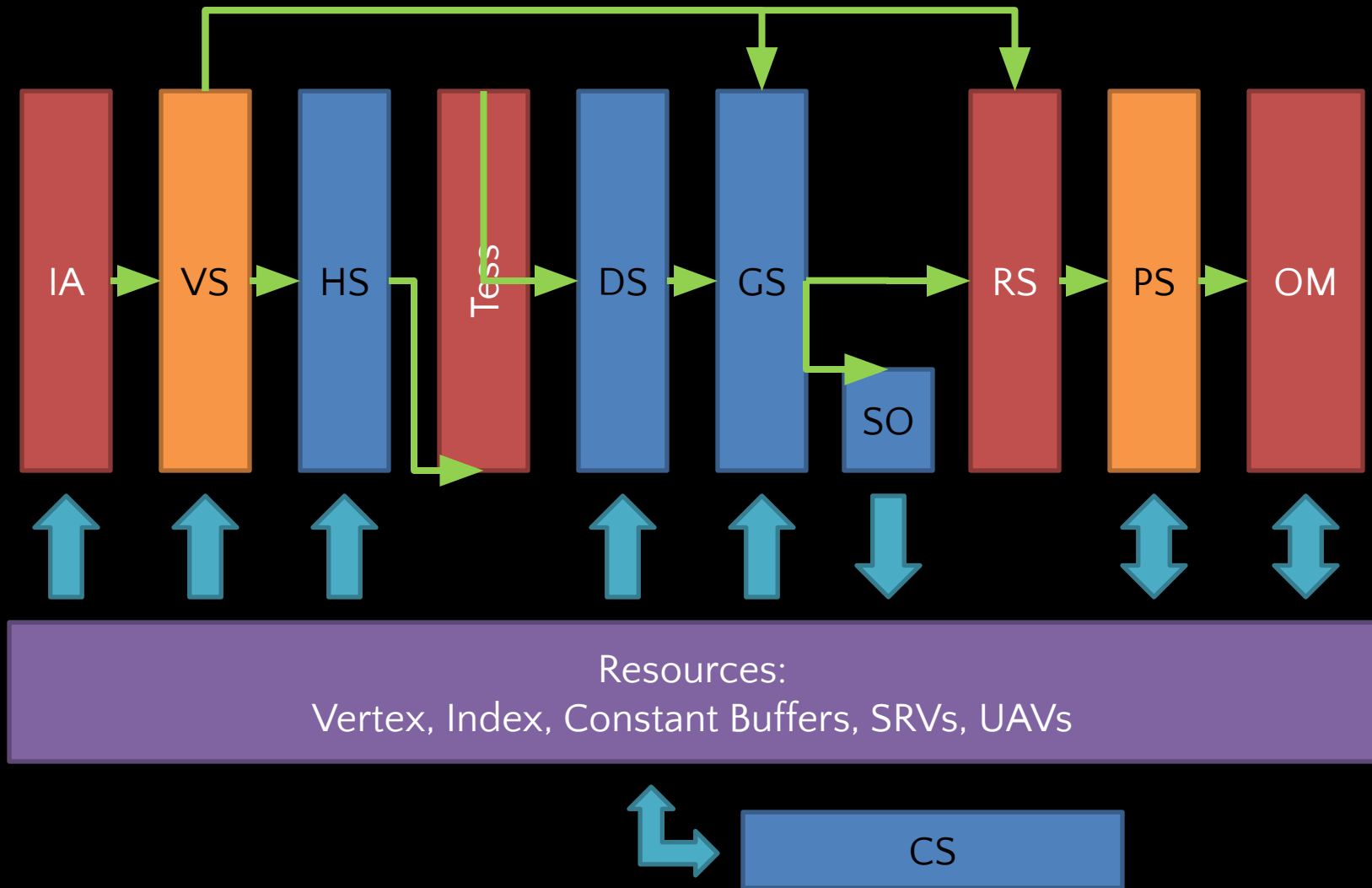
    float3 bw = dot( tex.rgb,
                    float3(0.3, 0.5, 0.2) );

    tex.rgb    = lerp( bw.rgb, tex.rgb,
                     Batch.Saturation );

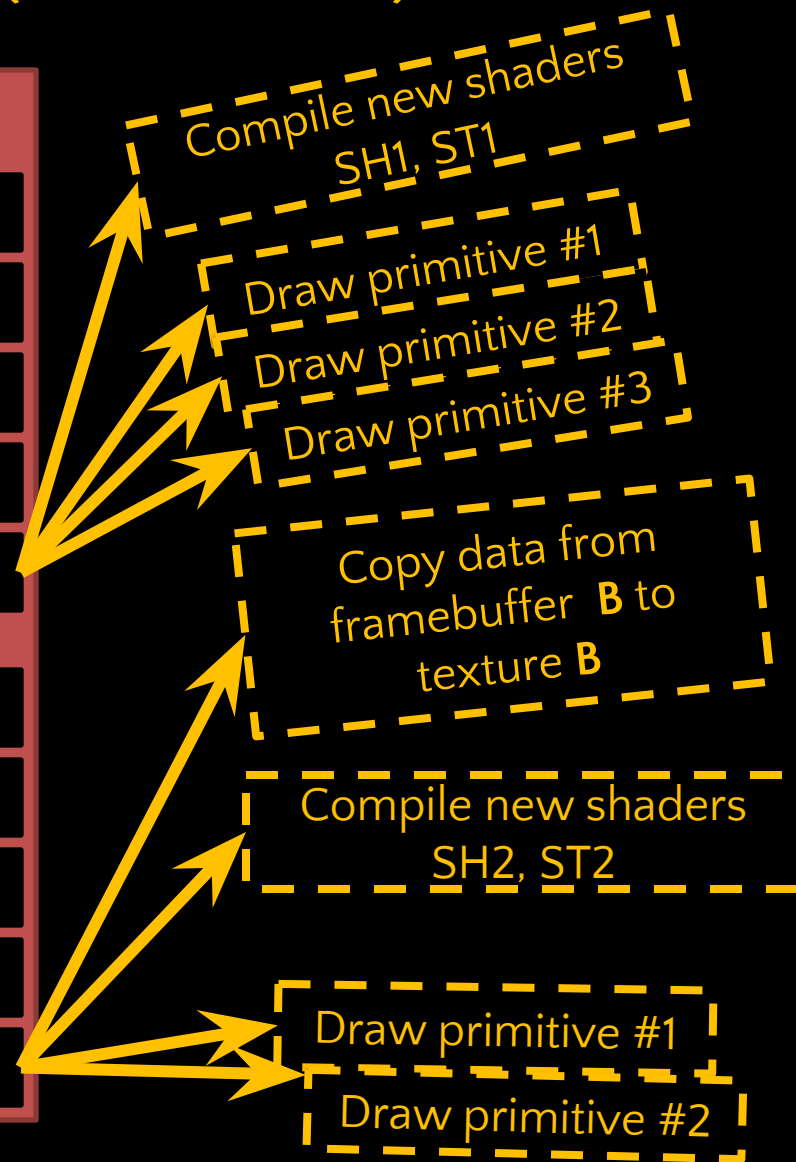
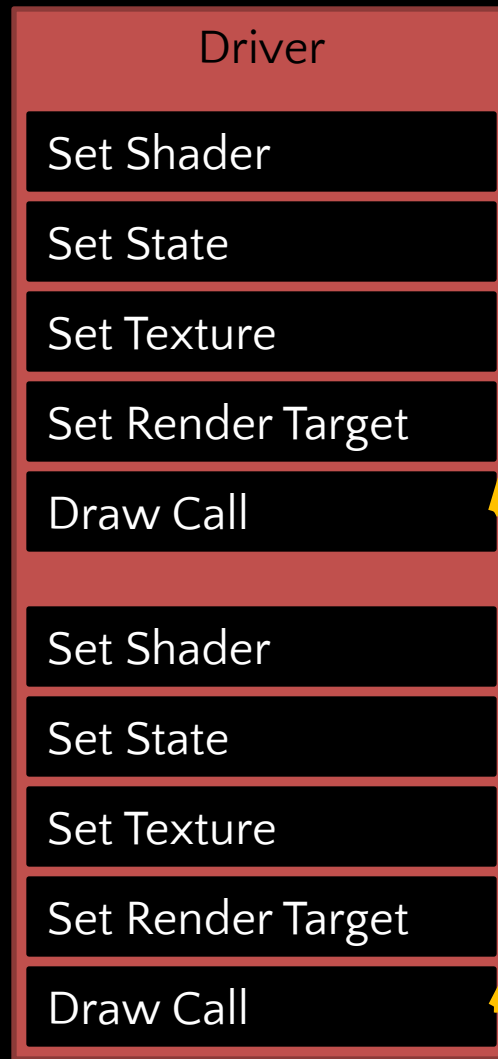
    return input.col * tex;
}
```



# GAPI: Pipeline (Direct3D 11)



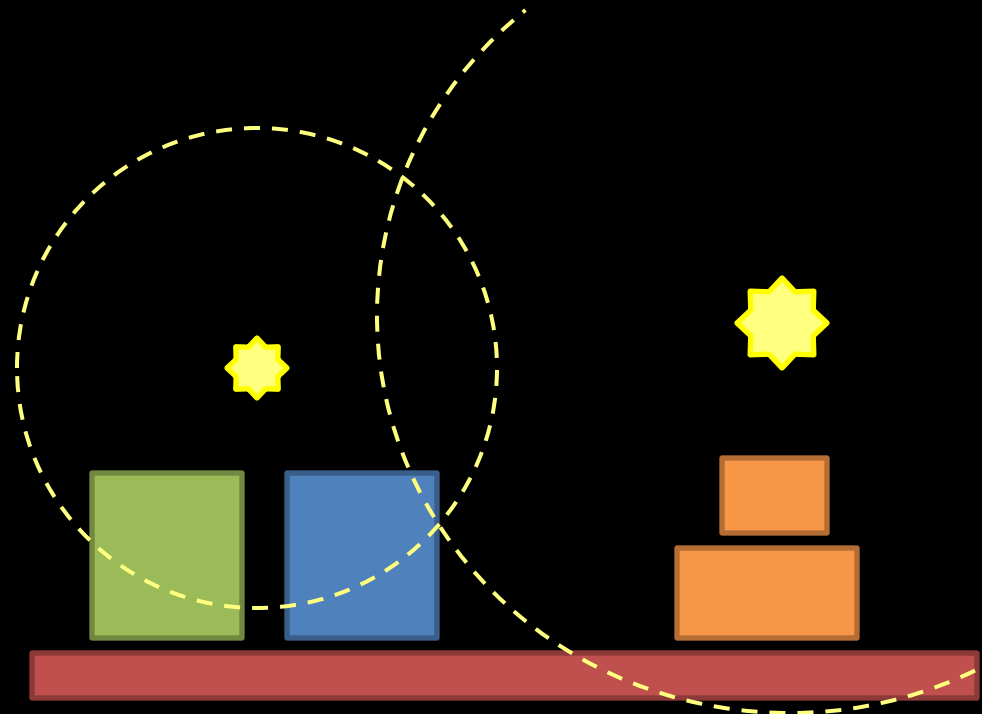
# GAPI: Pipeline (~Driver)



# Вопросы

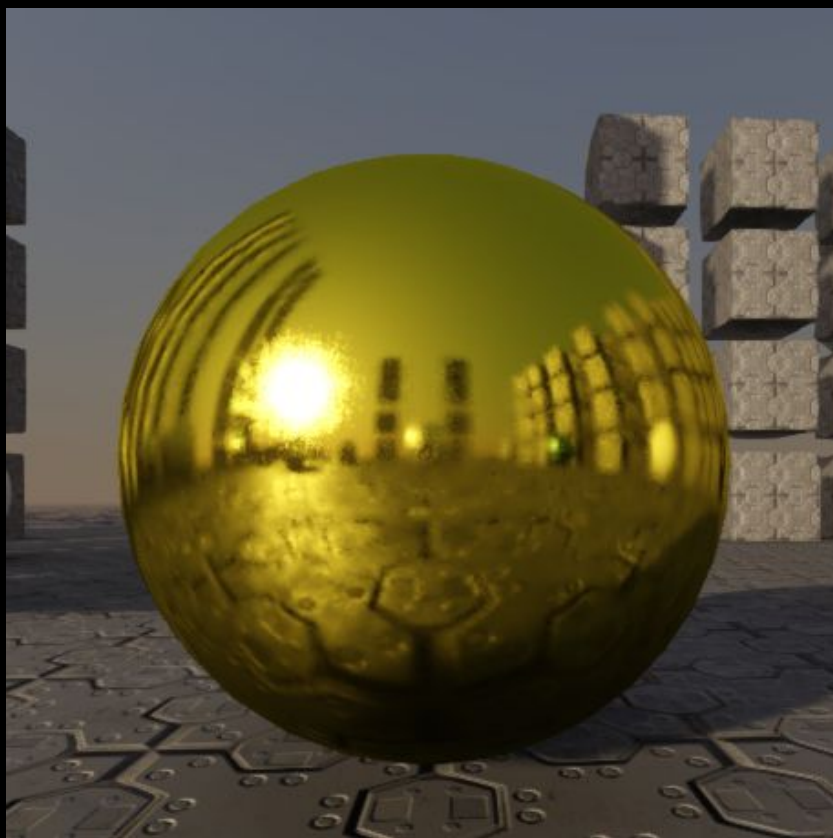
# Путь света и тени

- **Рассчитать освещенность**
  - Учесть тени
  - Учесть вторичную освещенность
  - Учесть отражение
- **Вывести на экран**
  - DOF
  - HDR
  - Bloom
  - Постпроцессинг

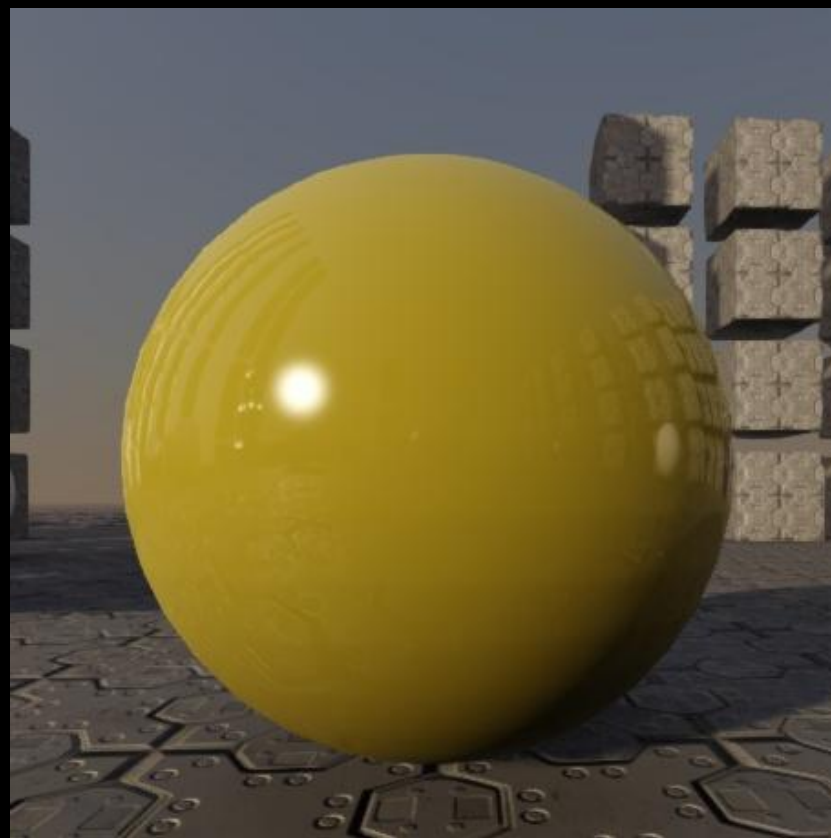


# Путь света: свойства материалов

**Металл**



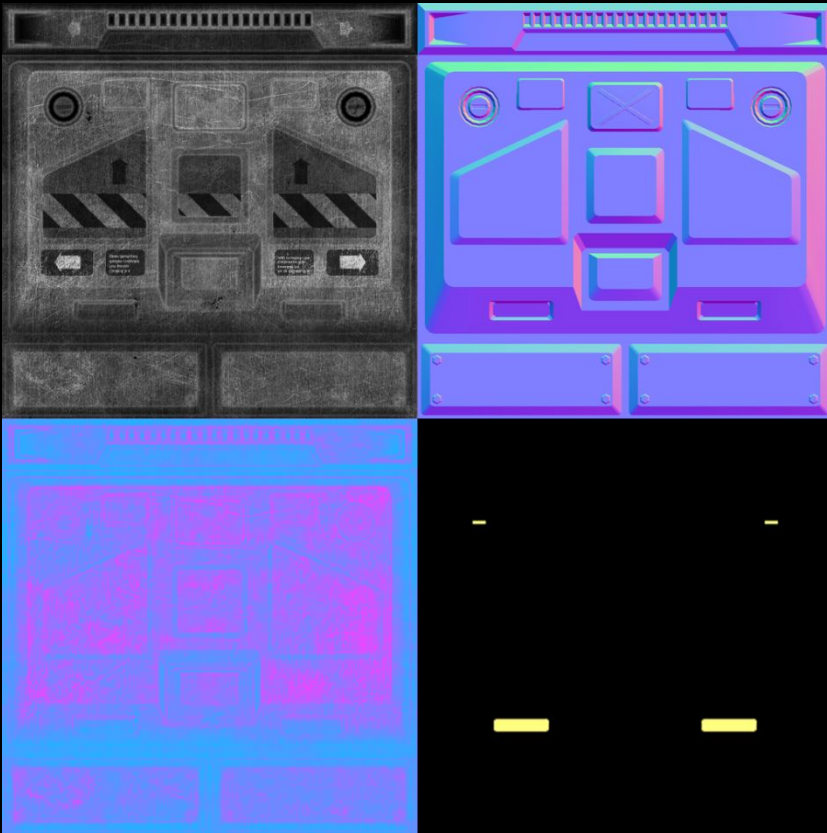
**Диэлектрик**



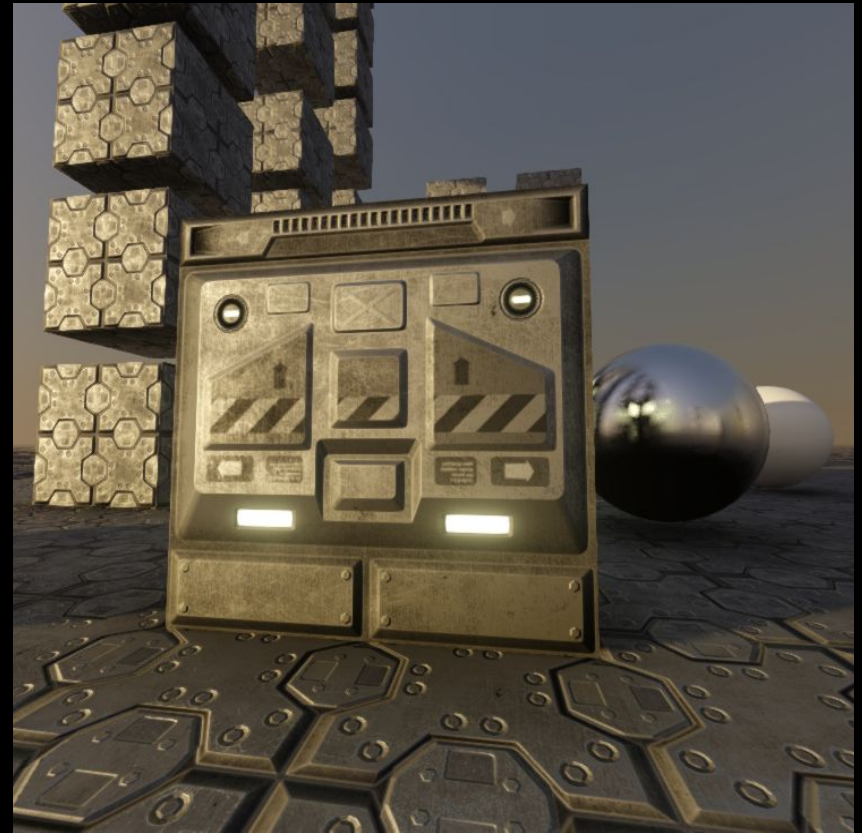


# Путь света: свойства материалов

## Текстуры



## Результат



# Путь света и тени

## Свет

- Forward
  - Singlepass
  - Multipass

- Deferred
  - Classic
  - Tiled
  - Clustered

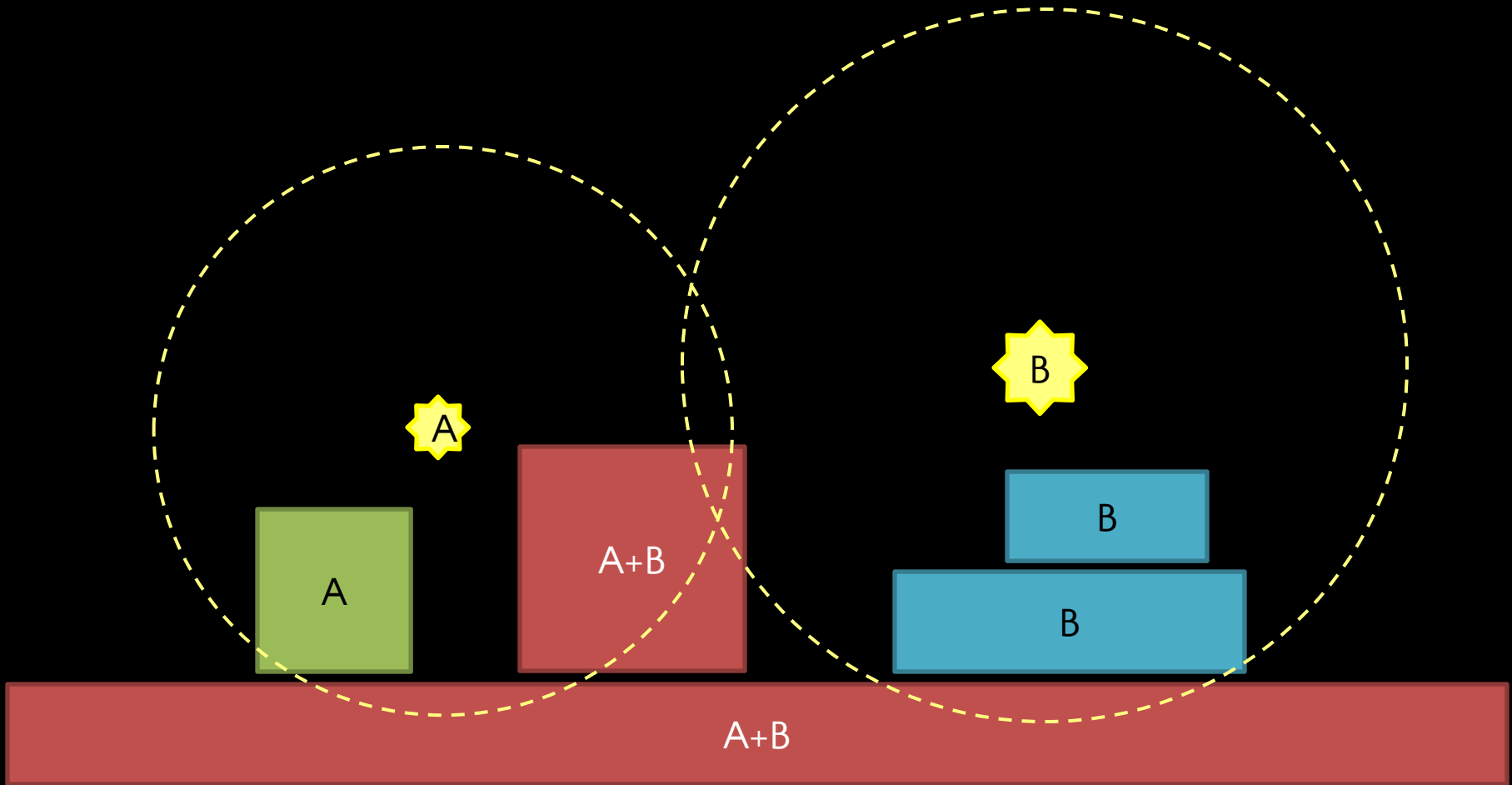
- Forward+
  - Tiled
  - Clustered

## Тень

- Light Maps
- Light Grids
- Shadow Volumes

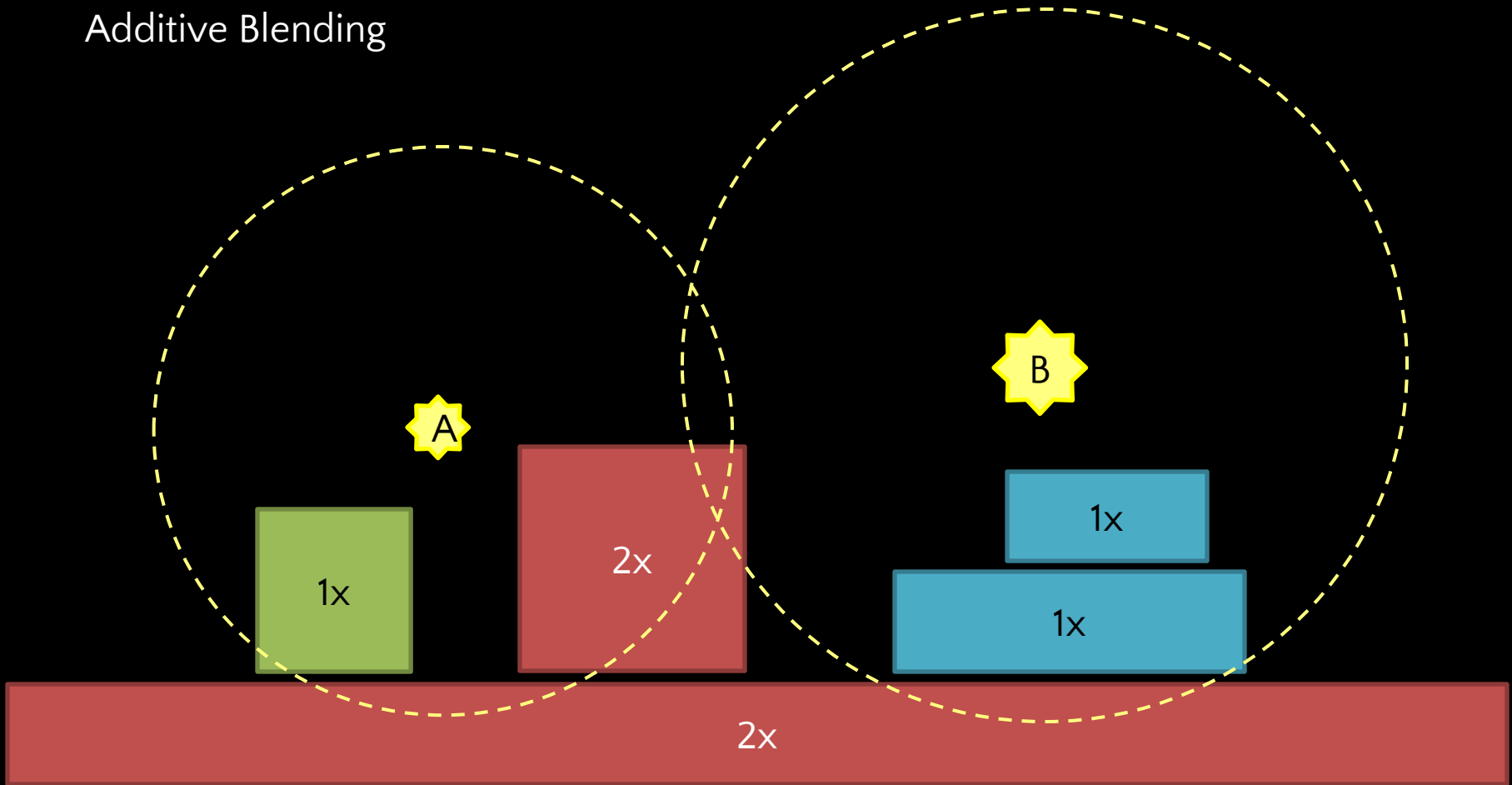
- Shadow Maps
  - Spot
  - Cascade
  - Cube
  - Variable Penumbra

# Forward: Singlepass



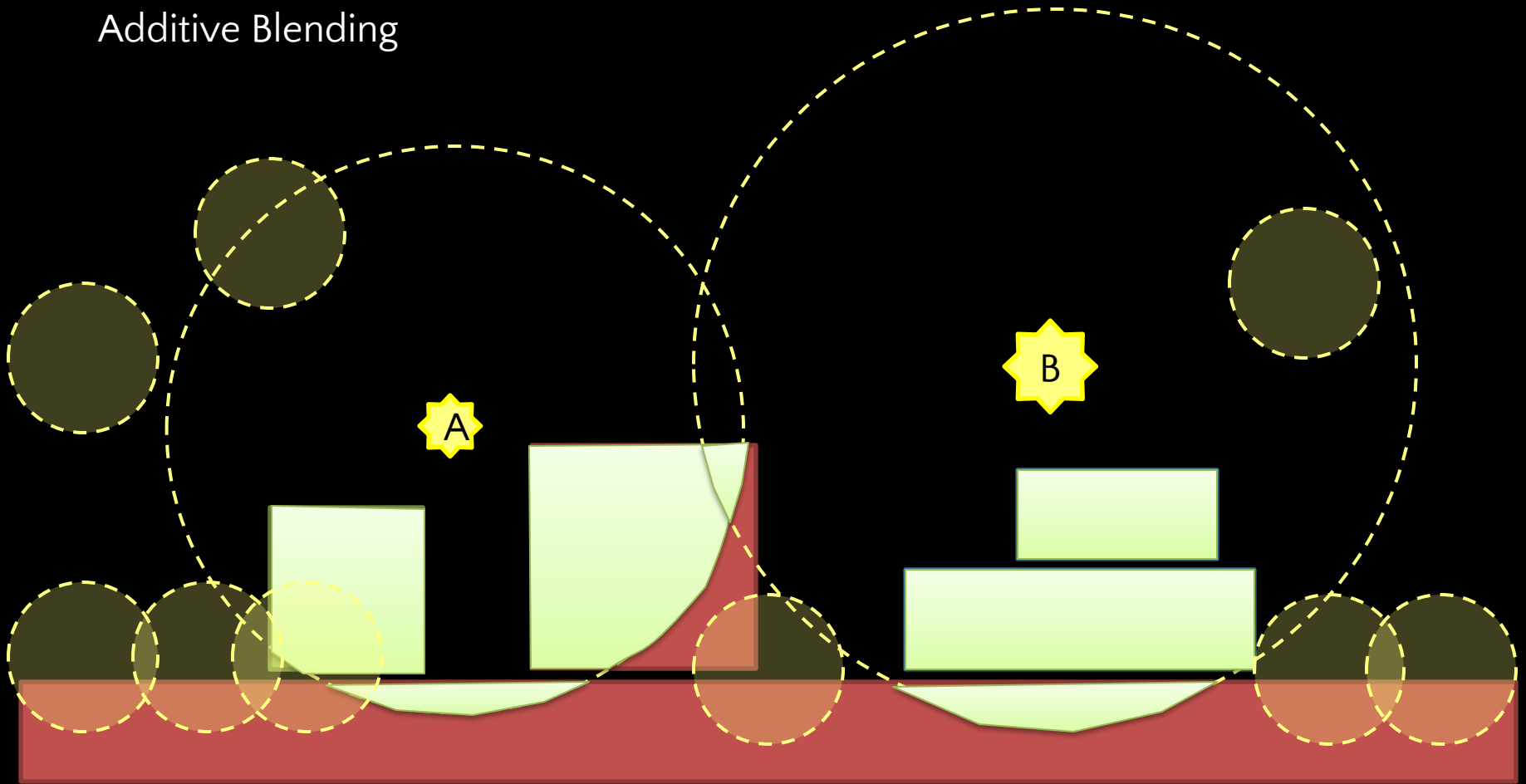
# Forward: Multipass

Additive Blending



# Deferred: Classic

Additive Blending

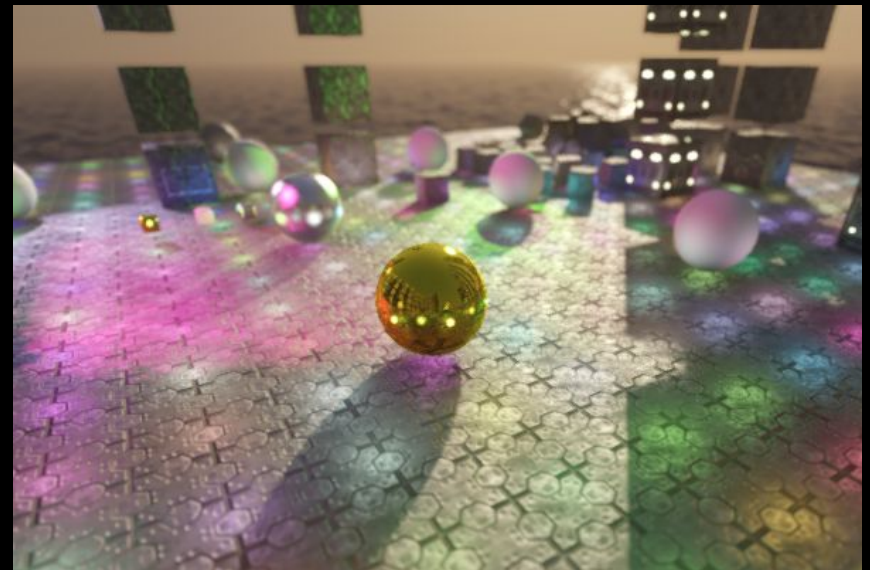
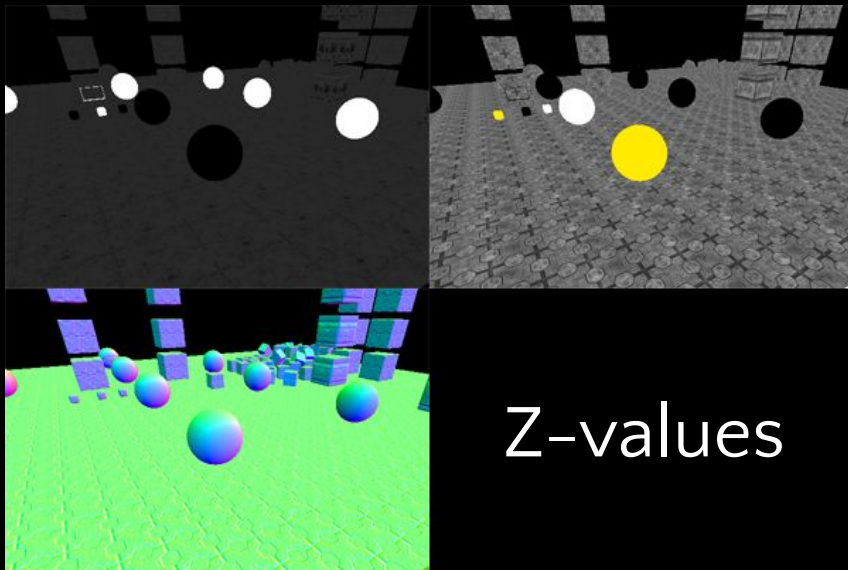




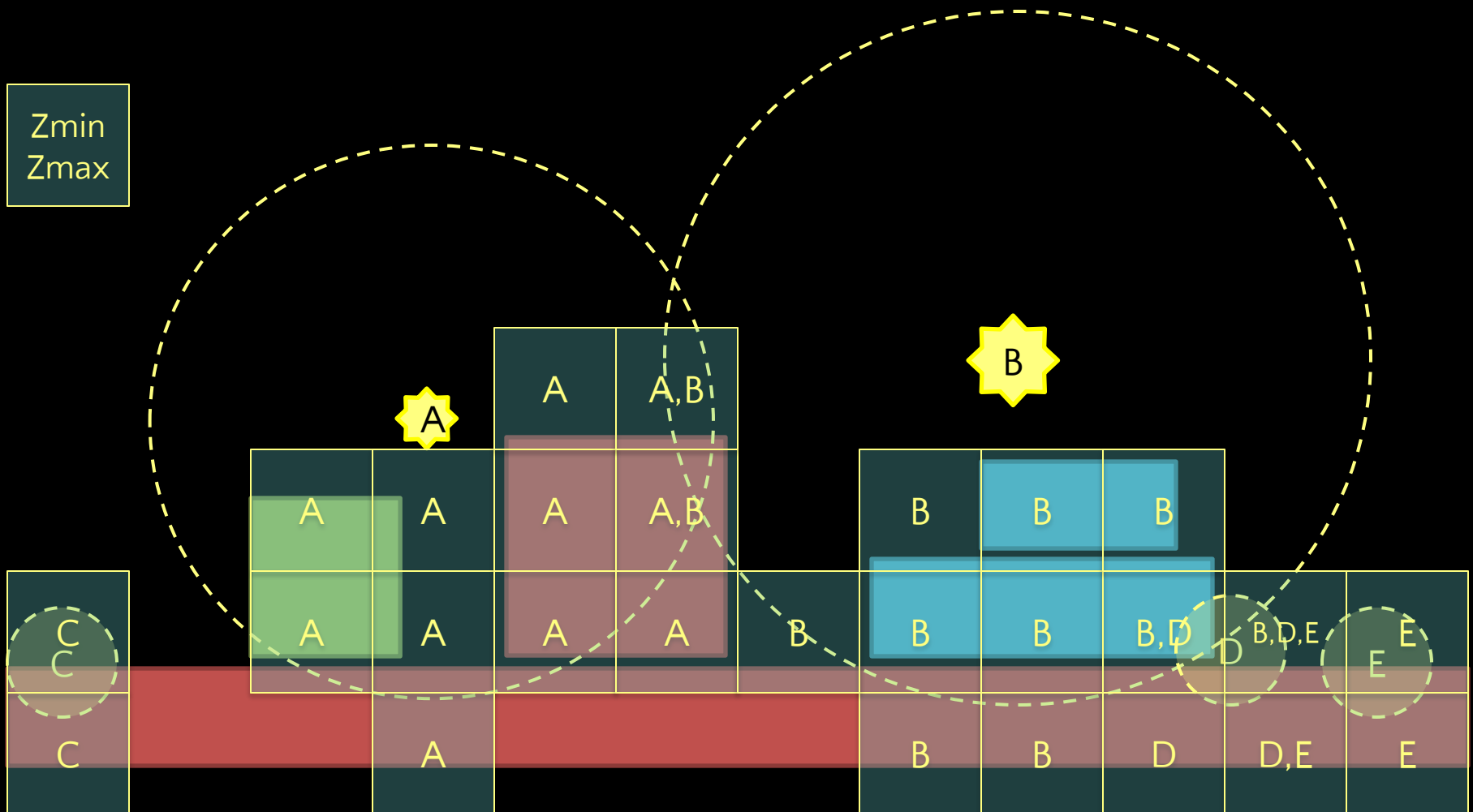
# Deferred Rendering

Геометрический буфер

Результат



# Deferred/Forward+: Tiled/Clustered



# Сравнение

Technique	Num Lights	Bandwidth	Z-pass	Complex Materials Transp.	Complex Lights	Small Lights	Shader Compl.	Shadows
Forward Singlepass	3-5	Very Good	Y/N	Yes	Y/N	No	Yes	Y/N
Forward Multipass	3-5	Bad	Y/N	Yes	Yes	No	No	Yes
Deferred	>1000	Very Bad	No	No	Yes	Yes	No	Yes
<b>Deferred Tiled/Clusterd</b>	>1000	Good	No	No	Y/N	Yes	Y/N	Yes
Forward+ Tiled/Clustered	>1000	Good	Yes	Yes	No	Yes	<b>YES!!!</b>	Y/N

# Вопросы

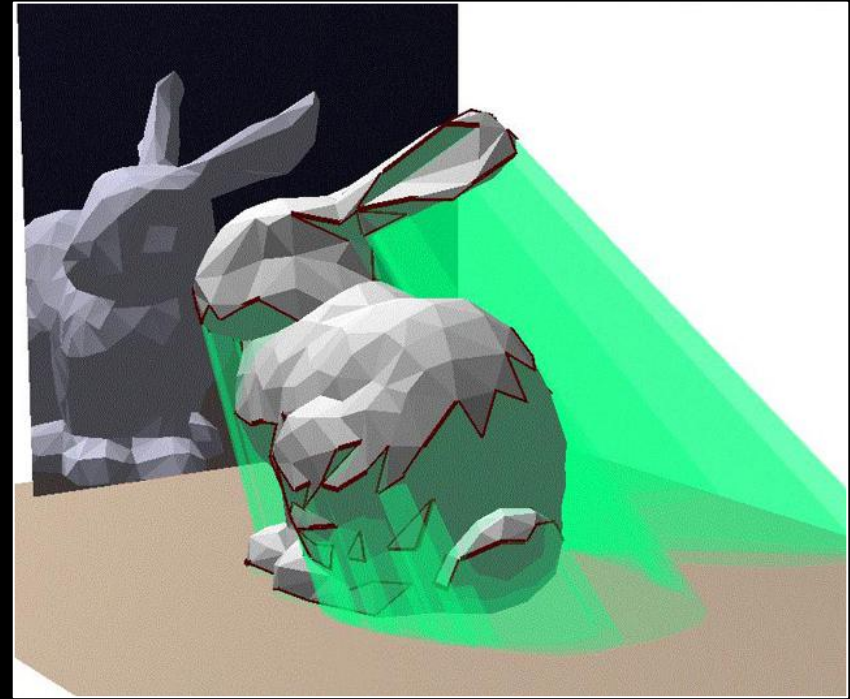
**Drink-Time**



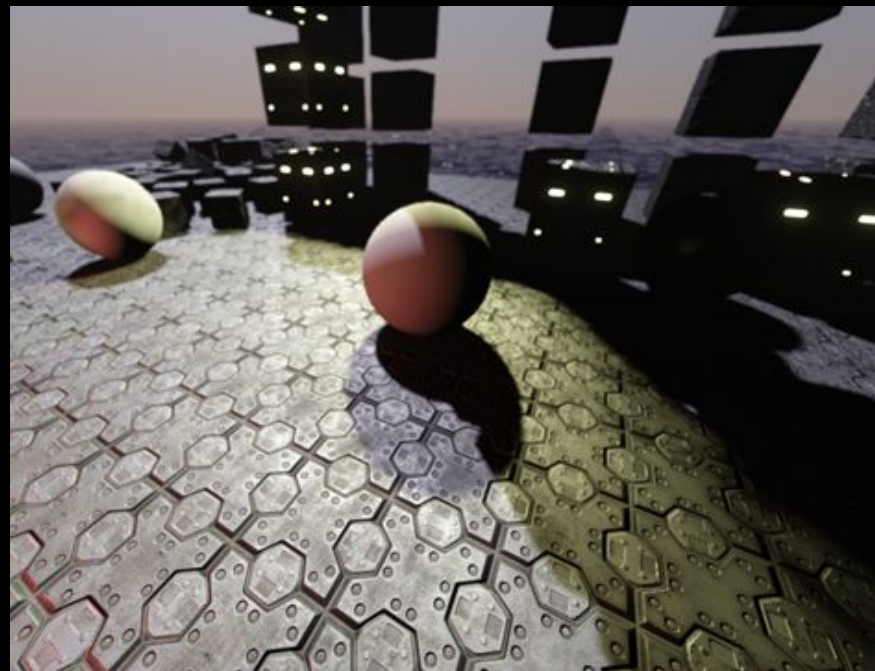
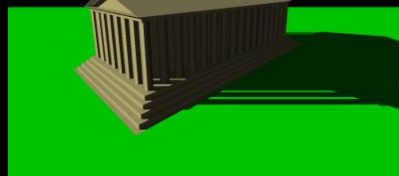
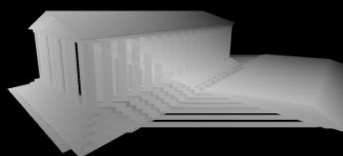
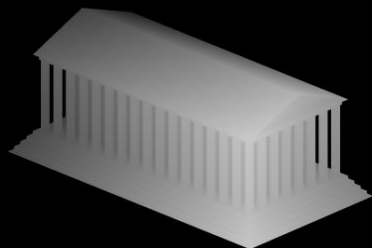
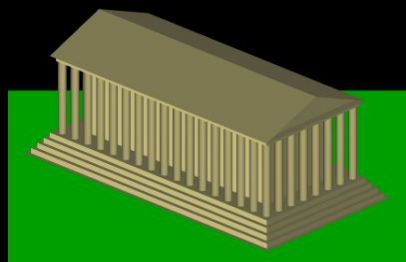
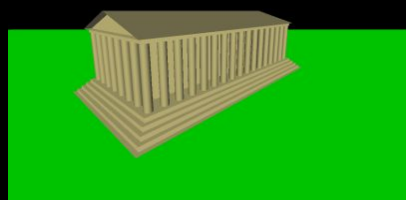
# Свет и тени: Light Maps



# Тени: Shadow Volumes



# Тени: Shadow Maps



# Глобальная освещенность

- Мягкие полутени
- Затекание света
- Отражение
- Истинная природа материалов
- Offline:
  - Radiosity
  - Photon Mapping
- Запечь в Light Map
- Запечь в Light Grid
- Запечь в Cube Maps
- SSAO
- Instant Radiosity
- ISM (*Ghost Recon: FS*)
- LPV (*CE 2,3*)
- VCT (*UE 4?*)



# Global Illumination: Sky Occlusion



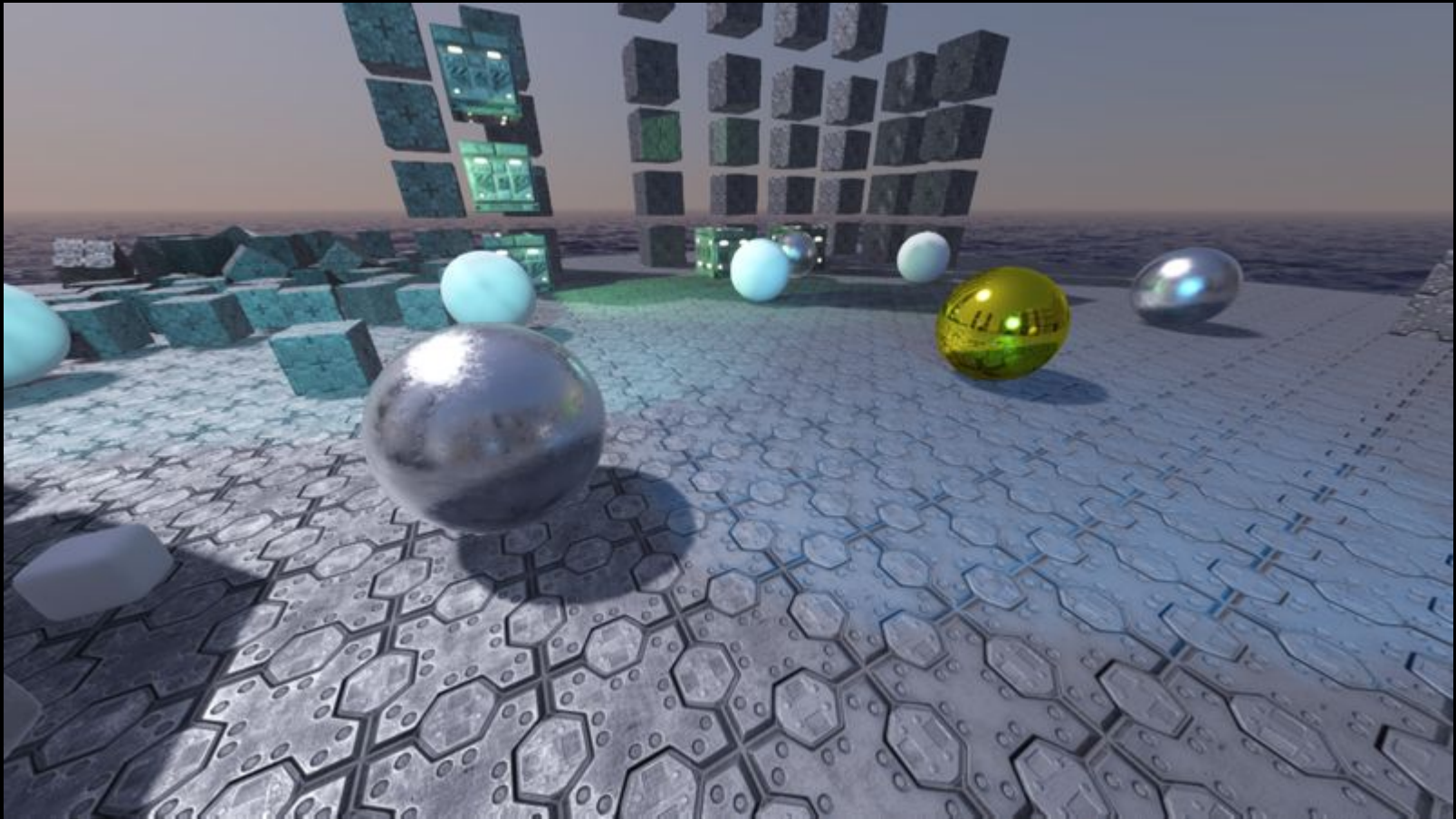
- **Cube Map**
  - 256x256x128
- **Shadow map**
  - 64 выборки
- **Каждый воксель**
  - Кол-во света
  - Усредненное направление



# Global Illumination: SSAO



# Global Illumination: Cube Maps



# Системы частиц

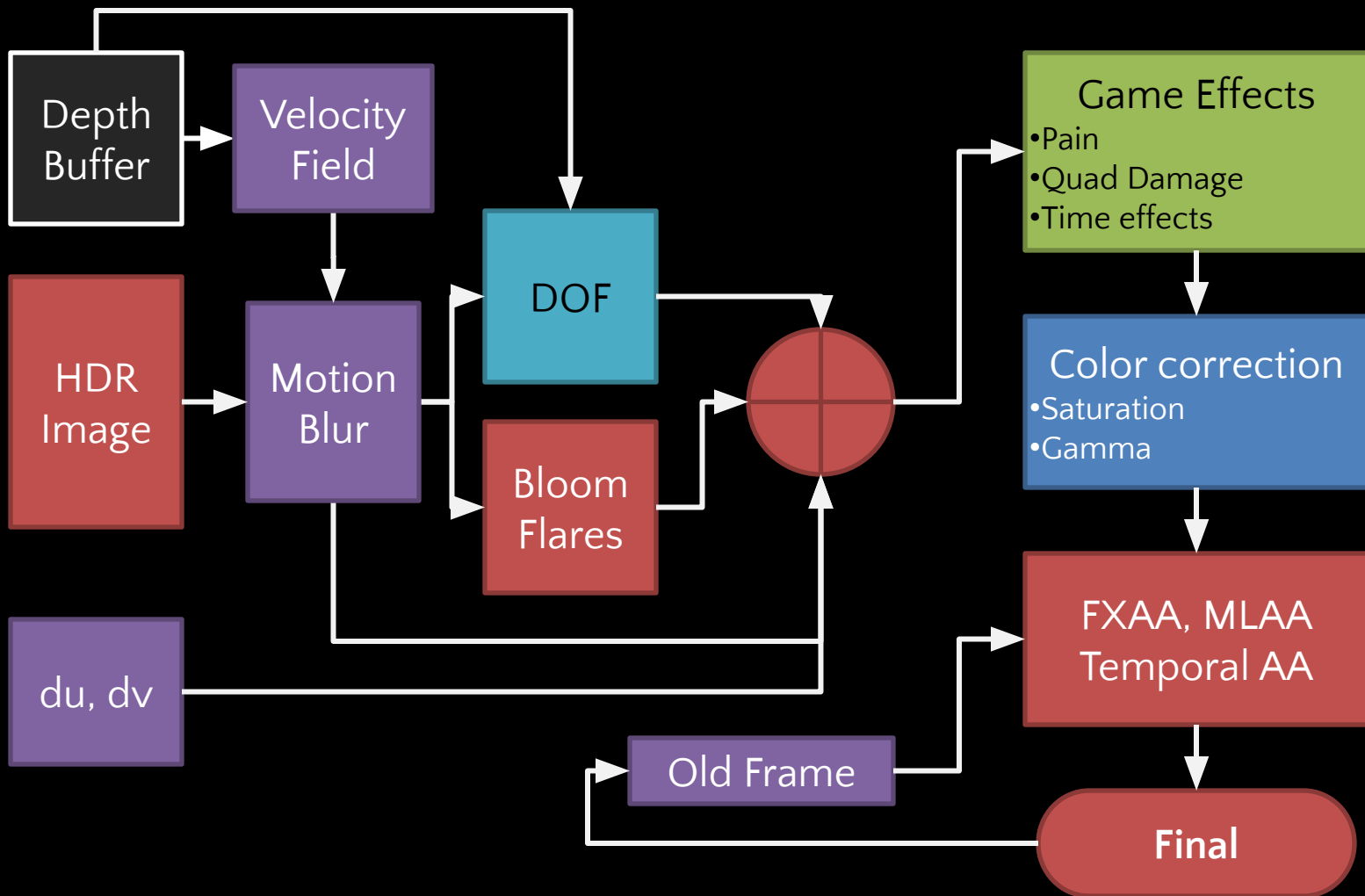
- Генератор частиц (группы):
  - Начальные распределения параметров
- Частица:
  - Время жизни
  - Кинематика:
    - Позиция
    - Скорость
    - Ускорение (лок.+глоб.)
    - Дампинг
  - Цвет, Текстура
  - Анимация:
    - Вращение
    - Цвет
    - Размер
  - Параметры сложного взаимодействия:
    - Упругость
    - Заряд/Масса
- Симулятор частиц:
  - Численный
    - $x = x + v \cdot t; v = v + a \cdot t$
    - Эйлер
    - Рунге-Кутта
  - Аналитический
    - $x = x_0 + v \cdot t + a \cdot t^2 / 2$
- Использование GPU
  - GS Stream Output / CS Append Buffer
    - Моделирование
    - Время жизни
  - Сортировка/Approx. OIT
  - VS / PS
    - Ориентация спрайтов
    - Анимация

# Übershaders

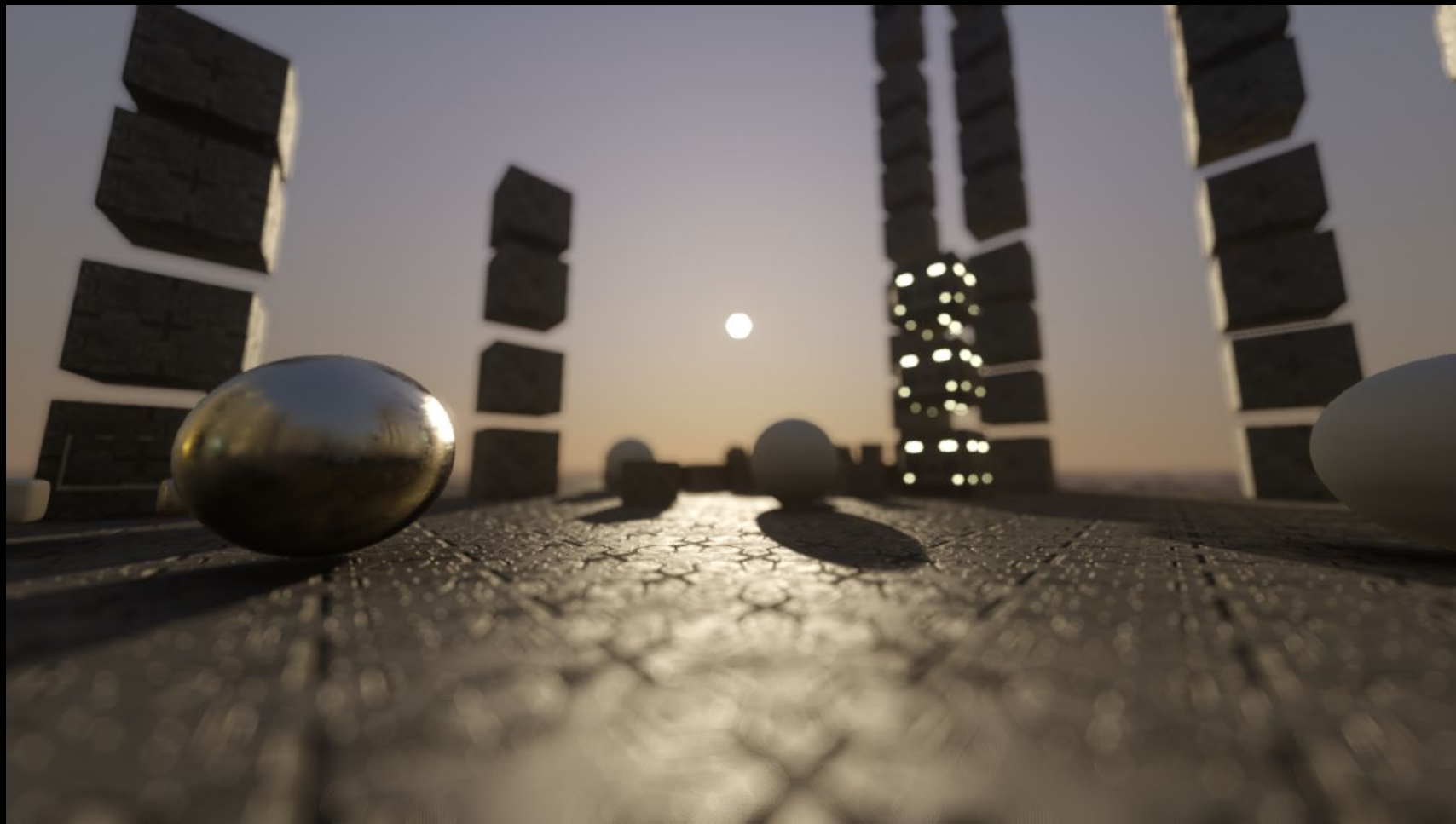
```
void ShaderFunc () {  
    #ifdef WET  
        SetWetSurface ();  
    #endif  
    #ifdef SKYLIGHT  
        ApplySkyLight();  
        #ifdef SHADOW  
            ApplyShadow();  
        #endif  
    #endif  
    #ifdef LIGHT0  
        ApplyLight ( 0 );  
    #endif  
    #ifdef LIGHT1  
        ApplyLight ( 1 );  
    #endif  
    #ifdef LIGHT2  
        ApplyLight ( 2 );  
    #endif  
    #if XBOX  
        // Do XBOX-specific stuff  
    #endif  
}  
  
// Render-specific  
SKYLIGHT = 0x0001  
SHADOW = 0x0002  
LIGHT0 = 0x0004  
LIGHT1 = 0x0008  
LIGHT2 = 0x0010  
  
// Game-specific  
WET  
FREEZED  
CLOACKED  
  
// Stage-specific  
PIXEL_SHADER  
VERTEX_SHADER  
  
// Material-specific  
USE_DETAIL_MAP  
USE_PARALLAX  
USE_DETAIL_NORMALMAP  
USE_TROPIC_SPEC  
USE_DETAIL_MAP  
PIXEL_SHADER | PC_DIRECT3D  
XBOX  
PS3  
  
SetUberShader(  
    LIGHT0 | LIGHT1 |  
    WET |  
    USE_DETAIL_MAP |  
    PIXEL_SHADER | PC_DIRECT3D  
);
```

2^N □ 4000 M  
Cache

# Постобработка



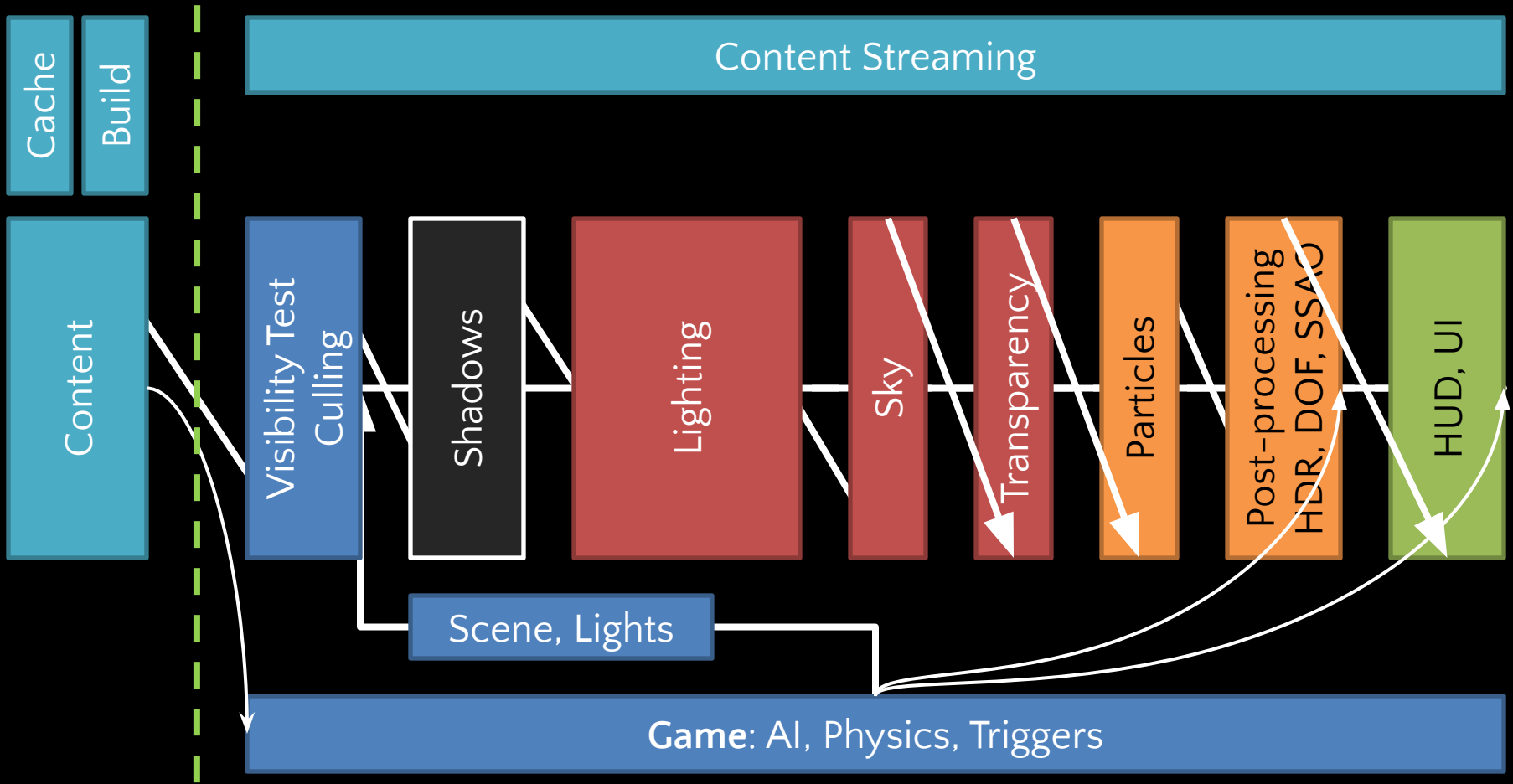
# Постобработка



# Вопросы



# Схема графической системы



# Оптимизация: Draw Calls

- Чем меньше Draw Calls – тем лучше
  - 1000–2000 батчей максимум
  - Shadows
  - Z-prepass
- Frustum culling
  - Иерархический
- Occlusion culling
  - Occlusion query/Conditional Rendering
  - Precomputed visibility
- Склеивание мешей
- Instancing

# Оптимизация: Pixel shader

- Early Z-cull
  - Рендеринг в порядке возрастания глубины
  - Требуется Z-prepass
- Рендеринг в меньшее разрешение
  - Проблема «краев»
- Reprojection
  - Ghosting
- Tiled techniques

# Оптимизация: DXT/BC сжатие

- Уменьшение размеров текстур (в 2 раза)
  - Лучше жать текстуры цвета чем карты нормалей
- BC/DXT-сжатие
  - Экономия памяти
  - Ускорение рендеринга
  - Блоки 4x4:
    - 2 цвета □ 5.6.5
    - 2 бита – параметр интерполяции
- DXT/BC
  - Текстуры поверхностей
  - Фотографии
  - Карты нормалей (нерегулярные)
  - Карты нормалей (регулярные)
  - Диаграммы, схемы
  - Шрифты
- P.S. Нужен контроль!

# Оптимизация: DXT/VC сжатие



192 Kb

32 Kb

Diff: x8

# Оптимизация: Сжатие вершин

	Атрибут вершины	Наивный подход	Простое сжатие	Сжатие с распаковкой в шейдере
1	Position	float3	float3	half4 + quat sign
2	Normal	float3	half4	byte4 (quat)
3	Tangent	float3	half4 (xyz)	
4	Binormal	float3	half4 (xyz)	
5	Texture Coord	float2	[3].w [4].w	half2
6	Color	float4	byte4	byte4
7	<i>Blend Weights</i>	<i>float4</i>	<i>half4</i>	<i>half4</i>
8	<i>Blend Indices</i>	<i>byte4</i>	<i>byte4</i>	<i>byte4</i>
	<b>Skinned</b>	<b>92 bytes</b>	<b>52 bytes</b>	<b>32 bytes</b>
	<b>Rigid</b>	<b>72 bytes</b>	<b>40 bytes</b>	<b>20 bytes</b>

# Вопросы?

# Вопросы online

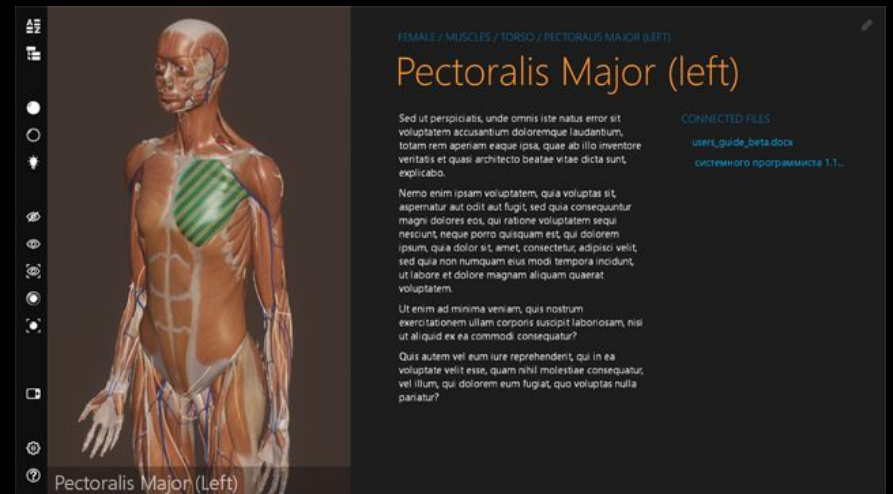
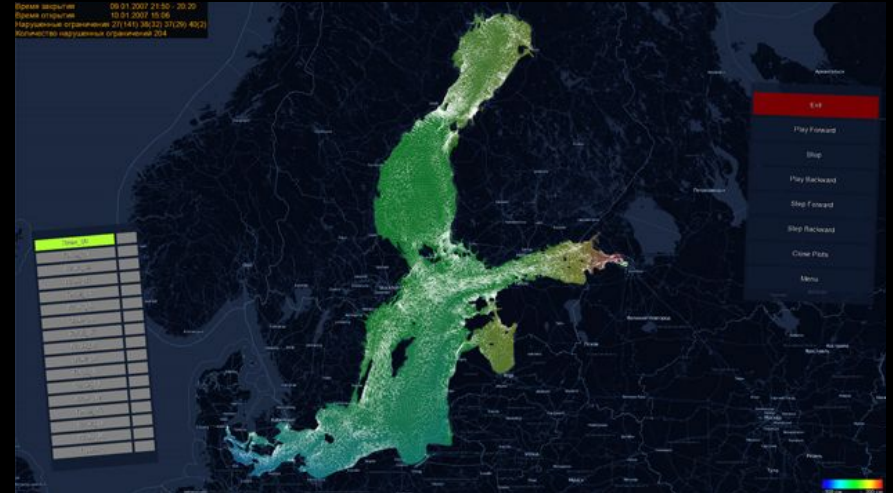
- Почему в OpenGL нет моделей освещения?
- Связана ли дисперсия с пинк фloydом?) [Y/N]
- Можно ли варить современный графический движок в кладовке или лоджии? Легально ли это?
- Чем новые API (Mantle, DX12, Apple Metal и тд) отличаются от старых?
- Используются ли модели глобального освещения в играх на данный момент?
- Насколько можно быстро сварить простой движок для 3D визуализации дилетанту, который в последний раз графику программировал для режима 320x200x256 в ассемблере через сегмент A000 (это было в "лохматом" 1996 году )))) ) , а в этом году баловался Unity и SandBox?
- Как расположить span по центру div (и вертикально и горизонтально) не используя абсолютного позиционирования?
- Можно ли научиться варить движок, если в программировании почти ноль (0.1)?



# Вопросы online

- Насколько целесообразно создавать собственный движок с нуля? И с чем может быть связана такая потребность?
- Почему в современных графических движках так усердно стараются наращивать количество полигонов в сцене, при этом отводя на задний план качество текстур, освещение и тени? Ведь из-за этого во многих современных играх наблюдается некая "мультишность" изображения.
- Что вы думаете о перспективах алгоритмов unbiased rendering в играх?
- Что там насчет массовой применимости на сегодня и ближайшее будущее у техник, альтернативных растеризации треугольничков? Воксели, рейтрейс – вот это вот все.
- Скорость распространения света в первой среде 225 000 км/с, а во второй – 200 000 км/с. Луч света падает на поверхность раздела этих сред под углом  $30^\circ$  и переходит во вторую среду. Чему равен угол преломления луча?
- Насколько сильно различаются API графики для PC и консолей? Различаются ли принципиально методики разработки и общий цикл?
- Что вы думаете о будущем использования мегатекстур (как в игре Rage)?
- Чем отличается тесселяция от триангуляции?

# Проекты НИИ НКТ НИУ ИТМО



# Кафедра

- **День открытых дверей:**
  - 8 июля в 18:00
  - Биржевая линия, д. 4
- **Двойной диплом**
  - Университет  
г. Амстердам,  
Нидерланды



# Программы и преимущества

- Суперкомпьютерные технологии в междисциплинарных исследованиях
- Суперкомпьютерные технологии в исследовании процессов большого города
- Экстренные вычисления и обработка сверхбольших объемов данных
- Возможность совмещать учебу и работу
  - 25 т.р. за 1/2
- Возможность обучения за рубежом
- Автоматическое поступление в аспирантуру