



Шейдерный коктейль

Спикер:
Алексей Безгодов

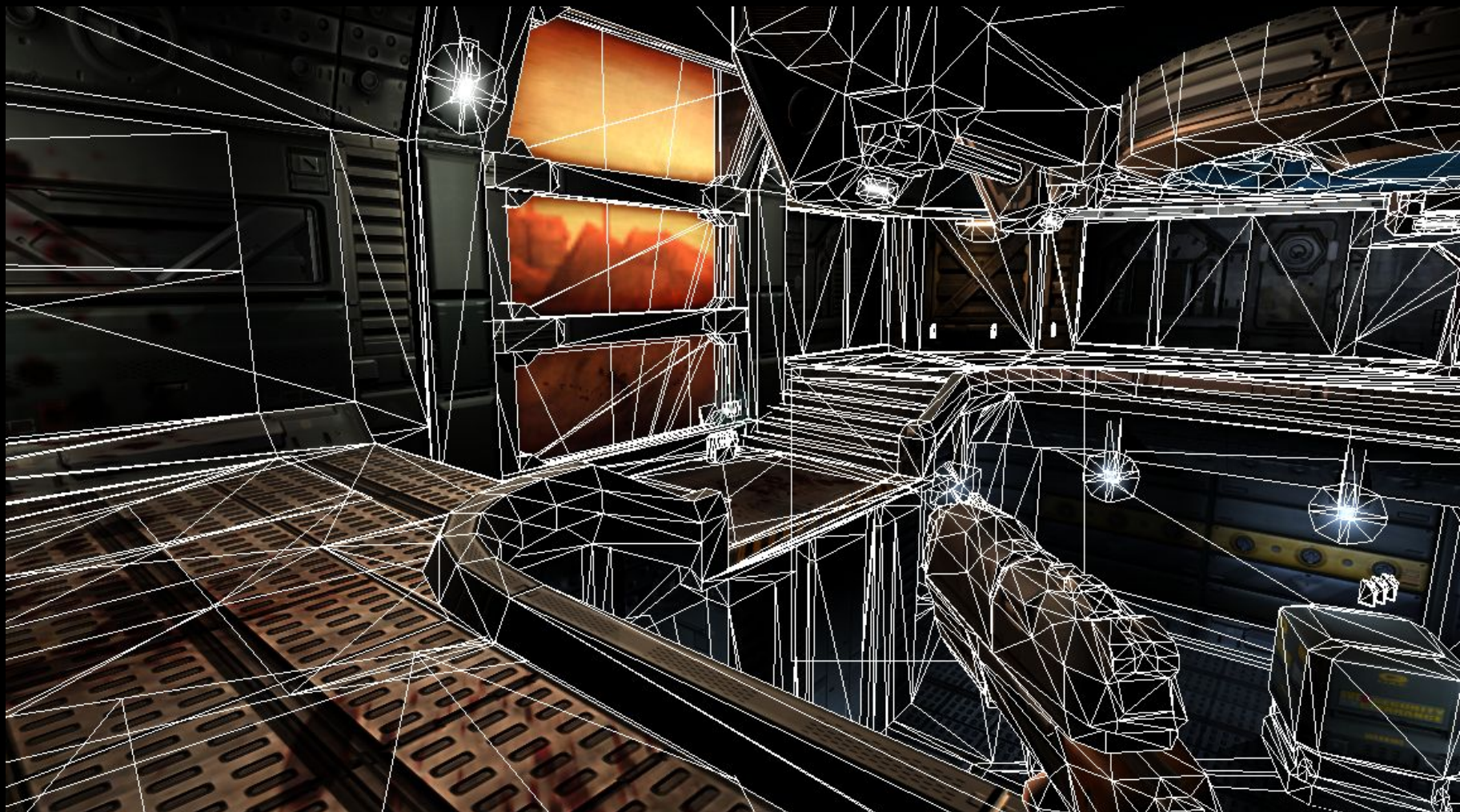
План

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

Drink-Time

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

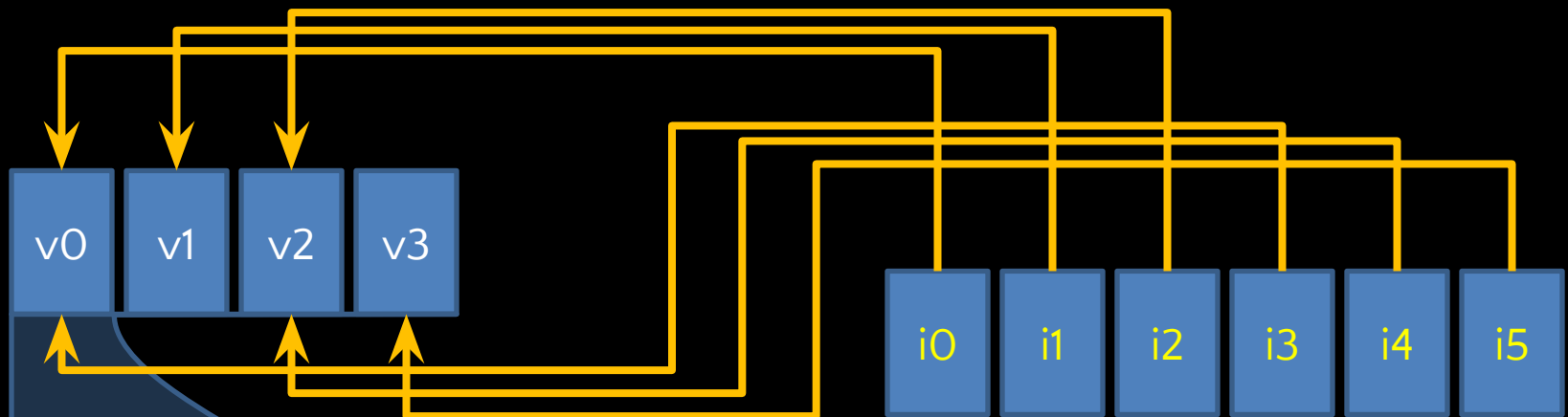
Мир состоит из треугольников



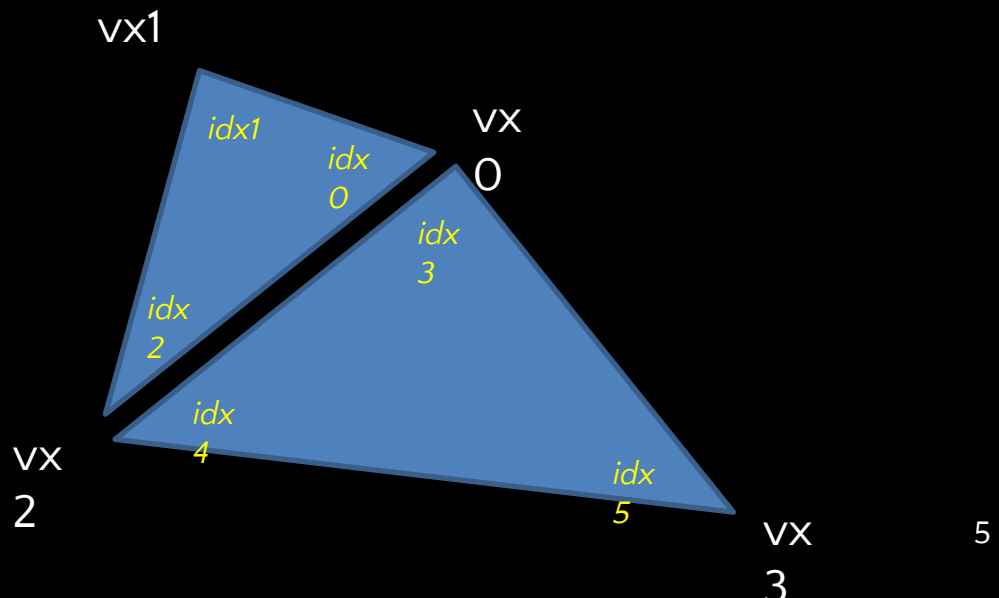
GPU: Объекты и функции

- **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**

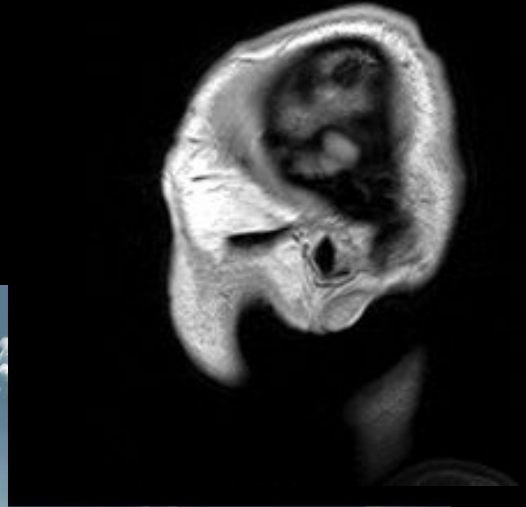
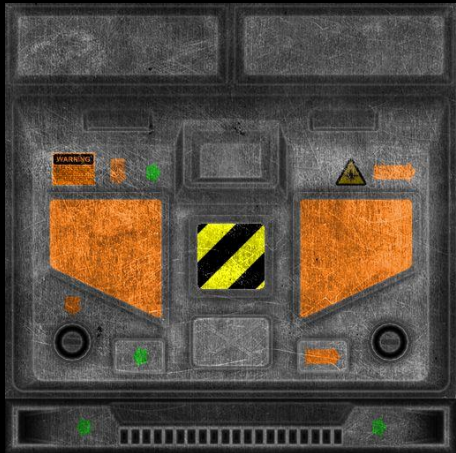
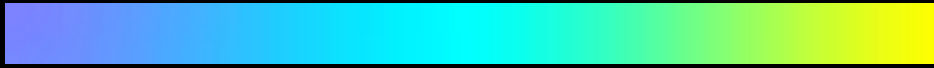
GAPI: Vertex & Index Buffers



Float4	Position
Float3	Normal
Half2	TexCoord
Byte4	Color
...	

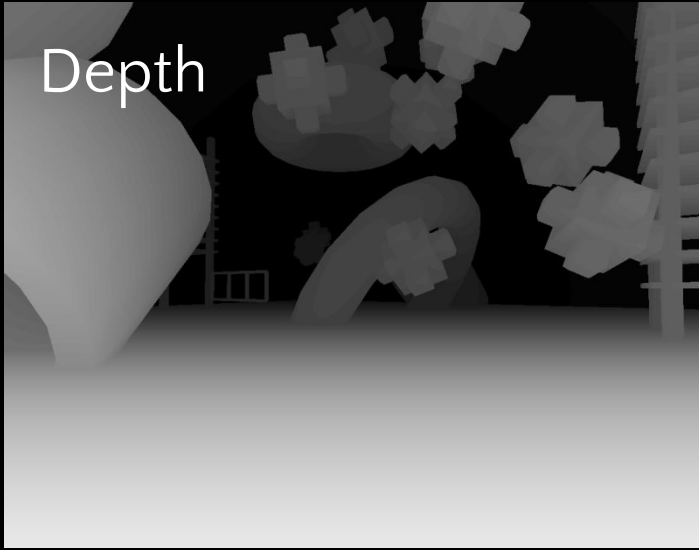


GAPI: Texture 1D, 2D, 3D, Cube

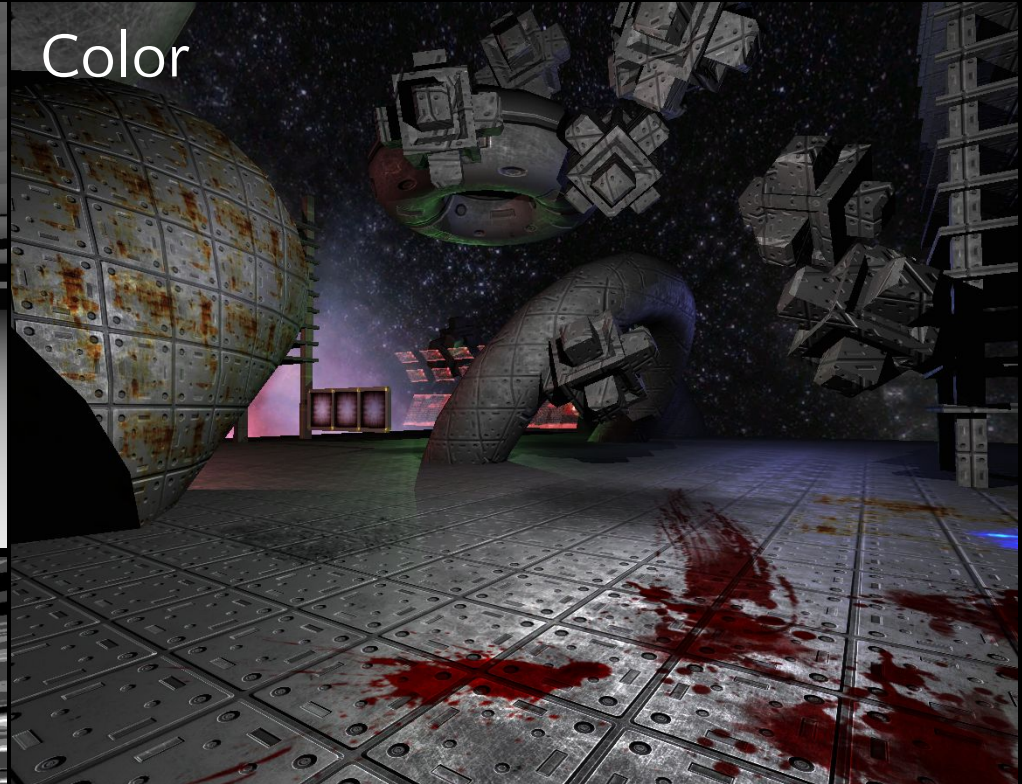


GAPI: Color, Depth, Stencil

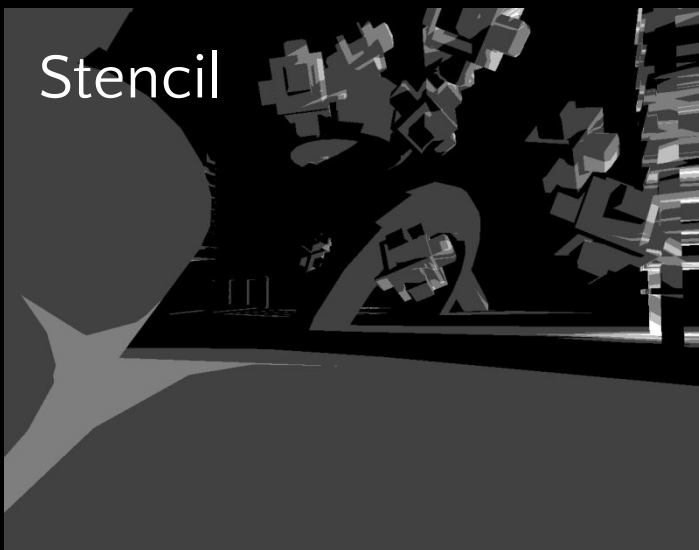
Depth



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

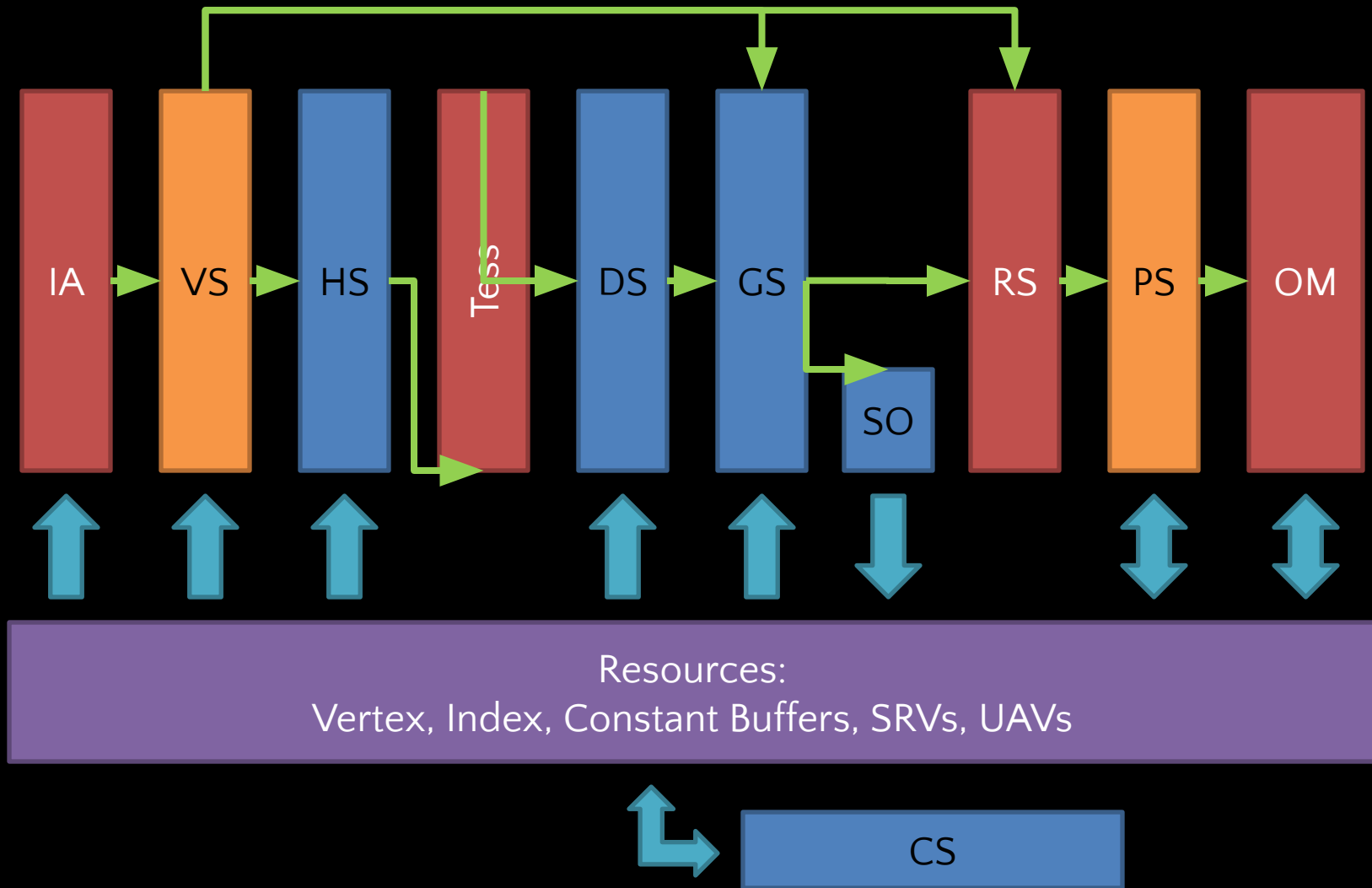
```
float4 PSMain(PS_IN input) : SV_Target
{
    float4 tex = Texture.Sample( Sampler,
                               input.tc );

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

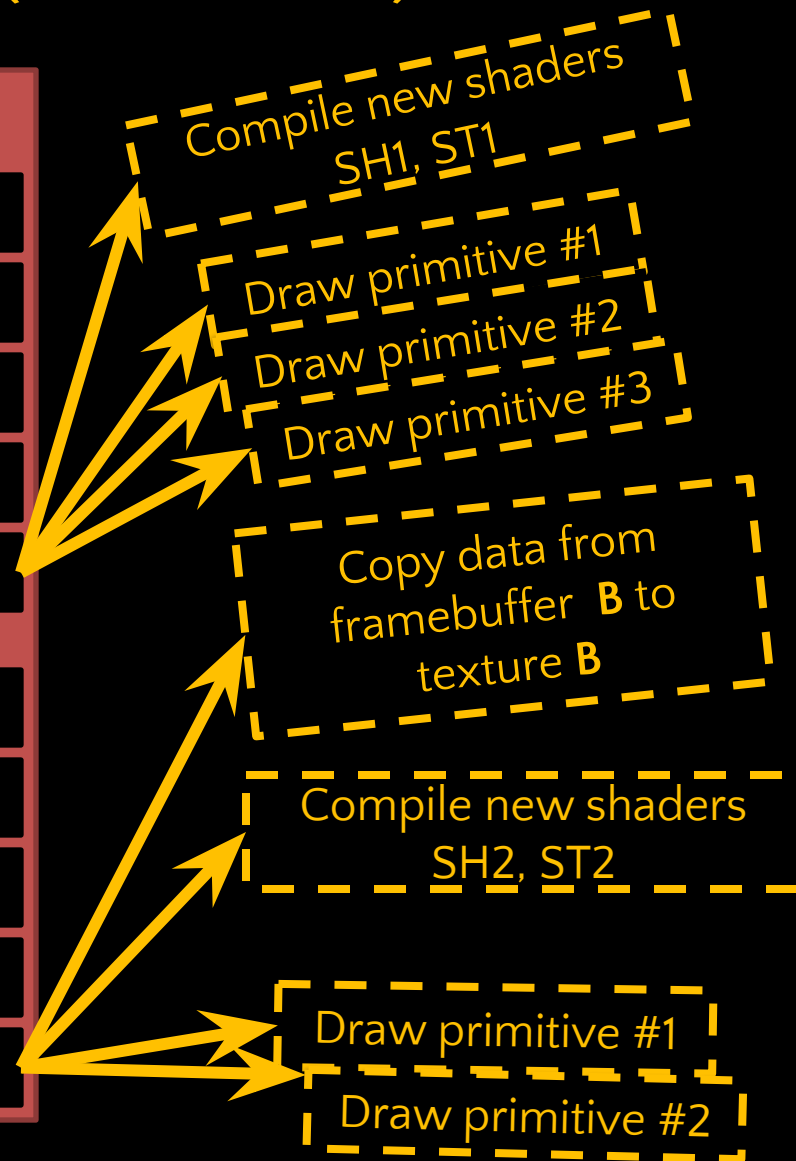
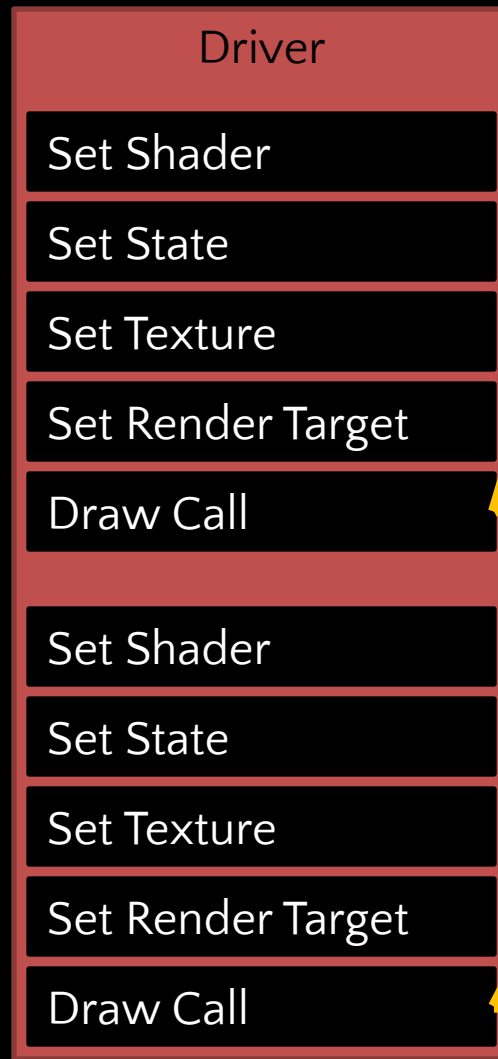
    tex.rgb    = lerp( bw.rgb, tex.rgb,
                     Batch.Saturation );

    return input.col * tex;
}
```


GAPI: Pipeline (Direct3D 11)



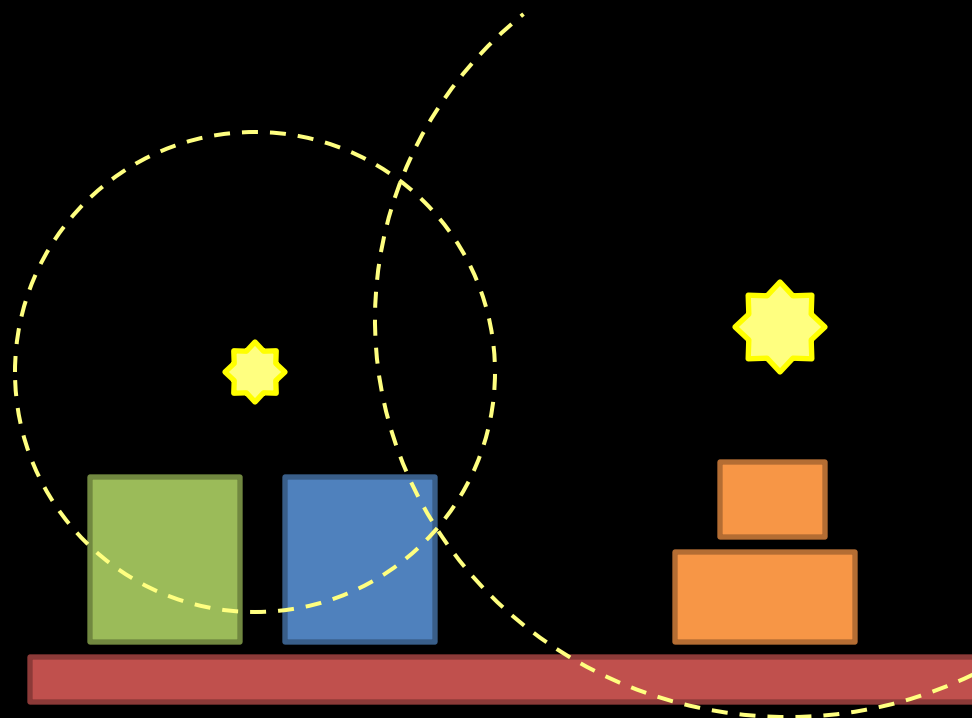
GAPI: Pipeline (~Driver)



Вопросы

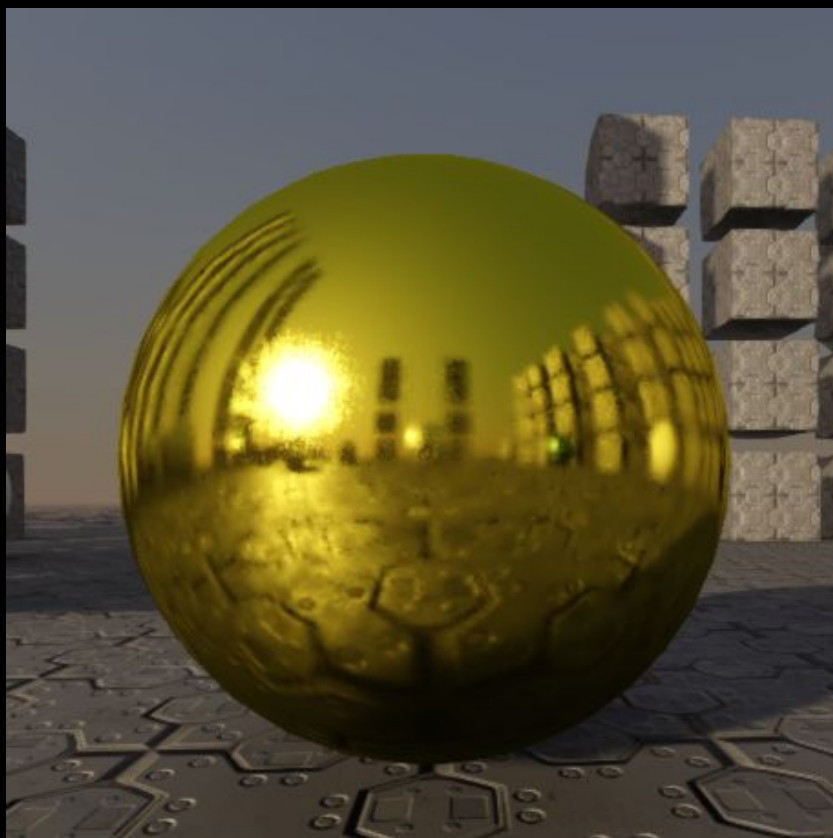
Путь света и тени

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

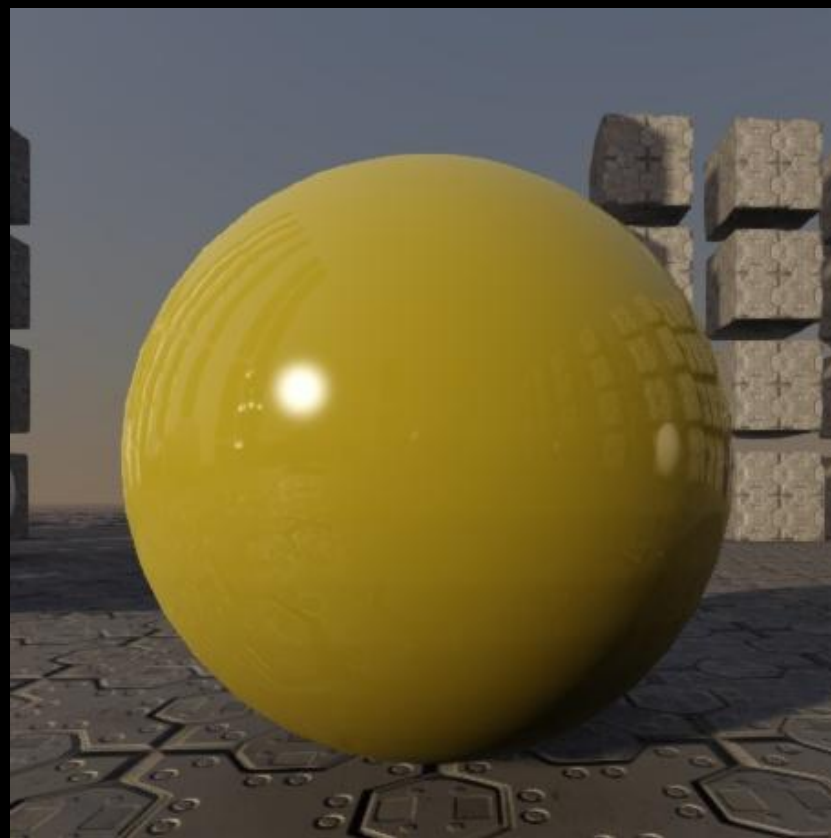


Путь света: свойства материалов

Металл

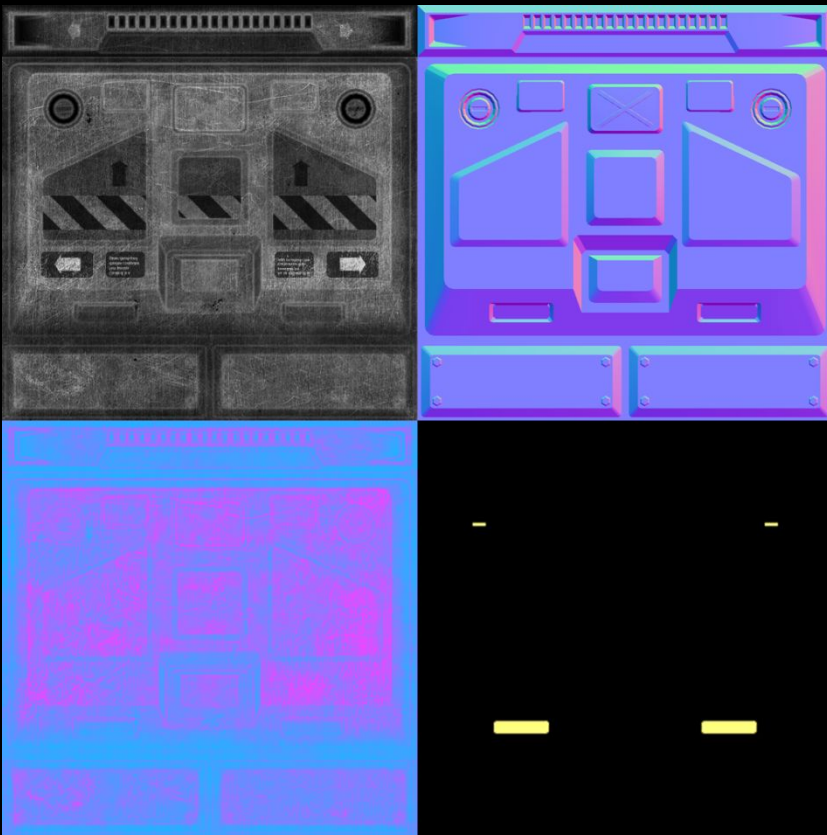


Диэлектрик

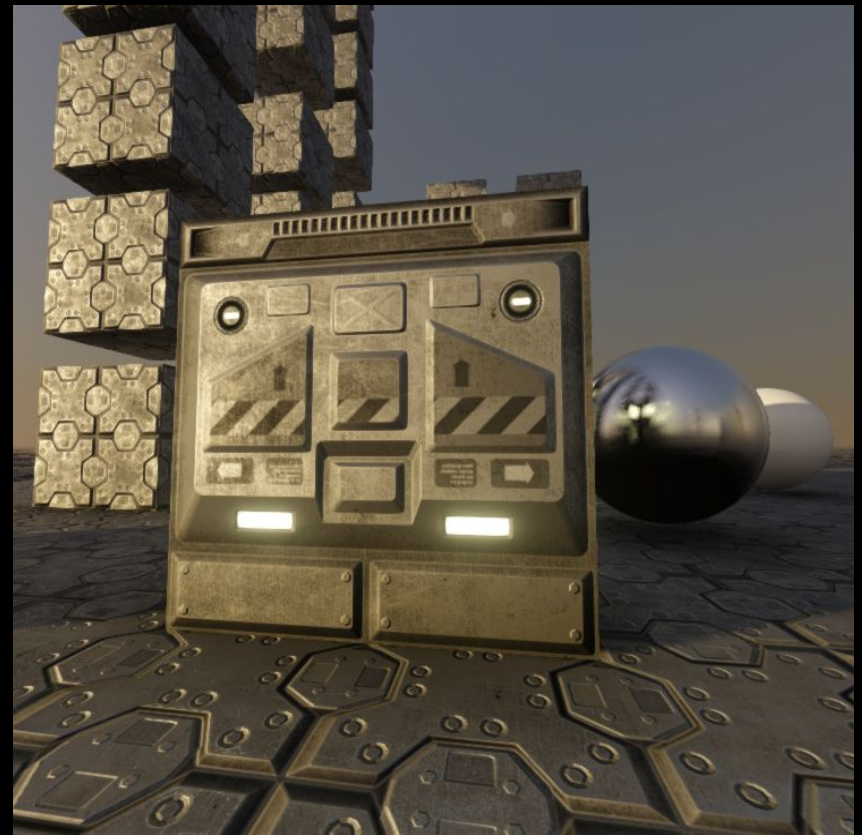


Путь света: свойства материалов

Текстуры



Результат



Путь света и тени

Свет

- Forward
 - Singlepass
 - Multipass

- Deferred
 - Classic
 - Tiled
 - Clustered

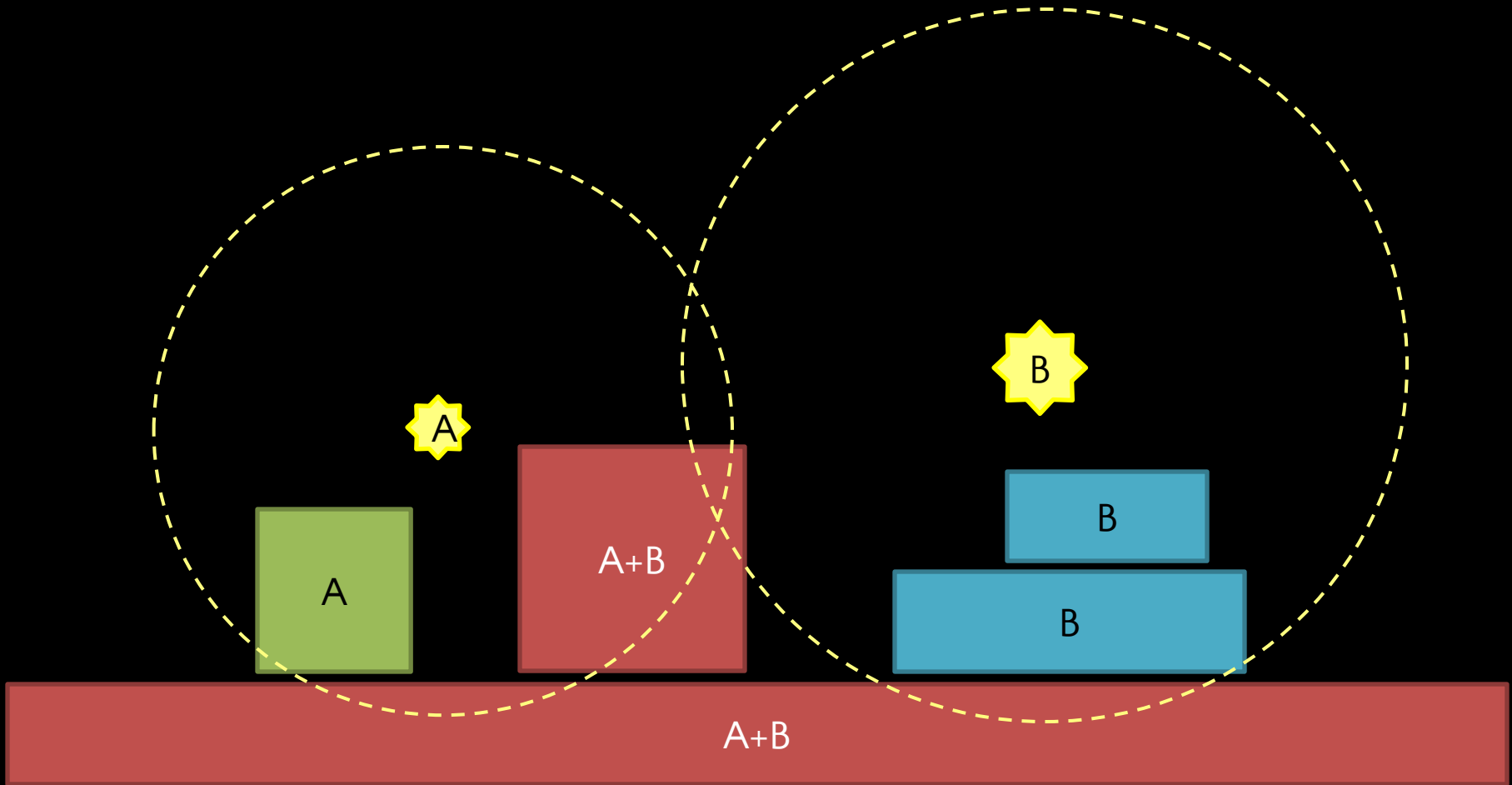
- Forward+
 - Tiled
 - Clustered

Тень

- Light Maps
- Light Grids
- Shadow Volumes

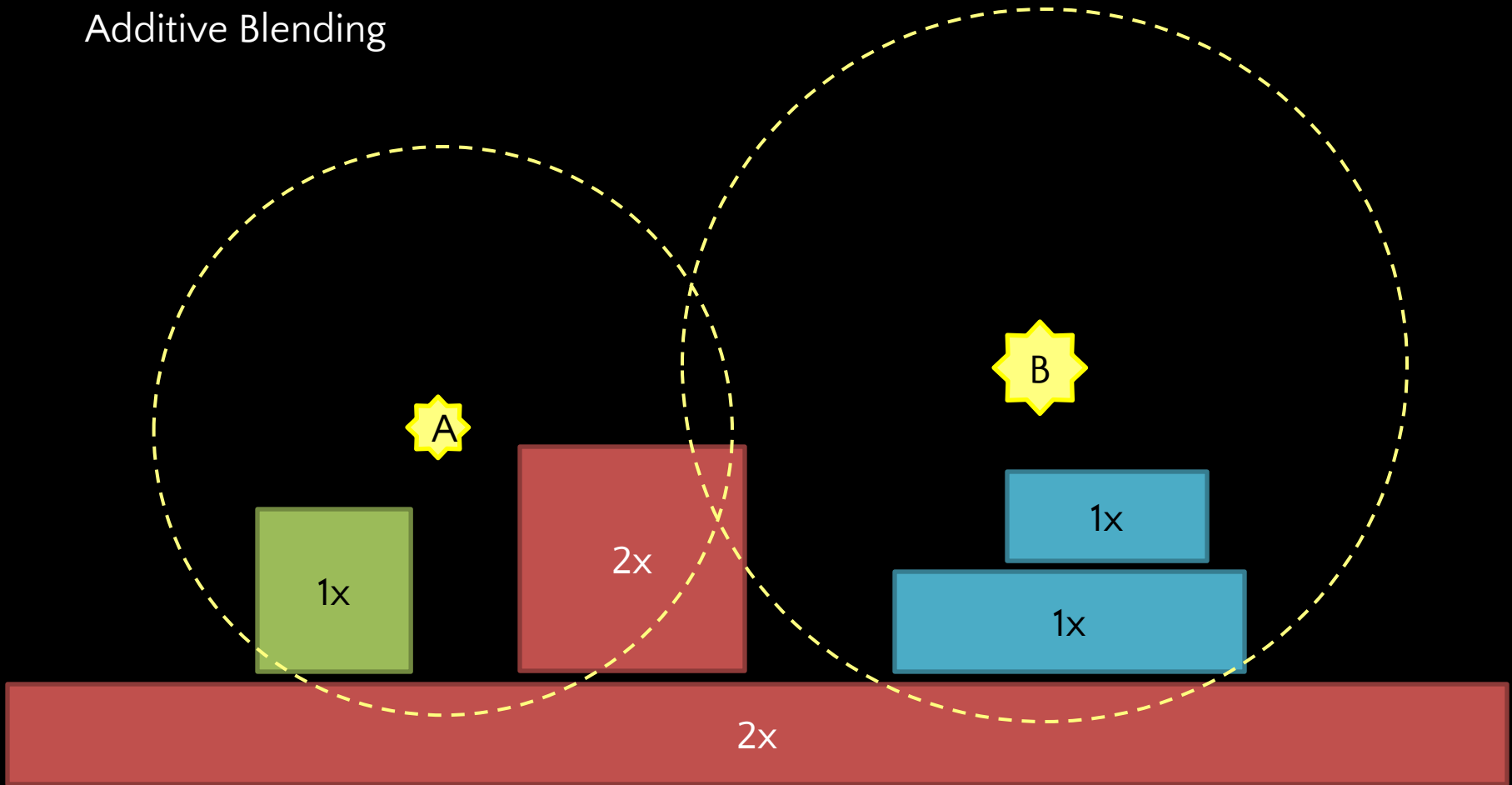
- Shadow Maps
 - Spot
 - Cascade
 - Cube
 - Variable Penumbra

Forward: Singlepass



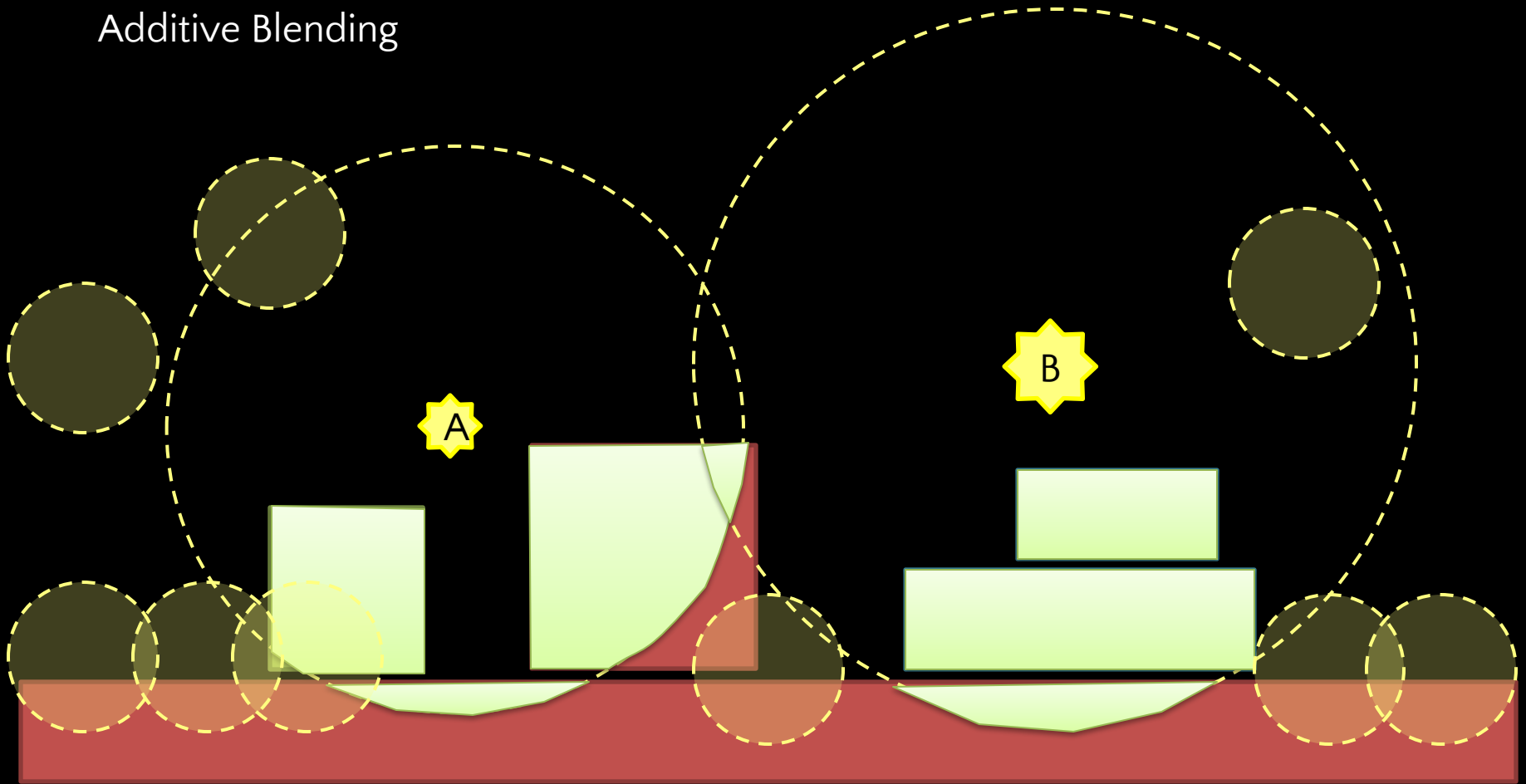
Forward: Multipass

Additive Blending



Deferred: Classic

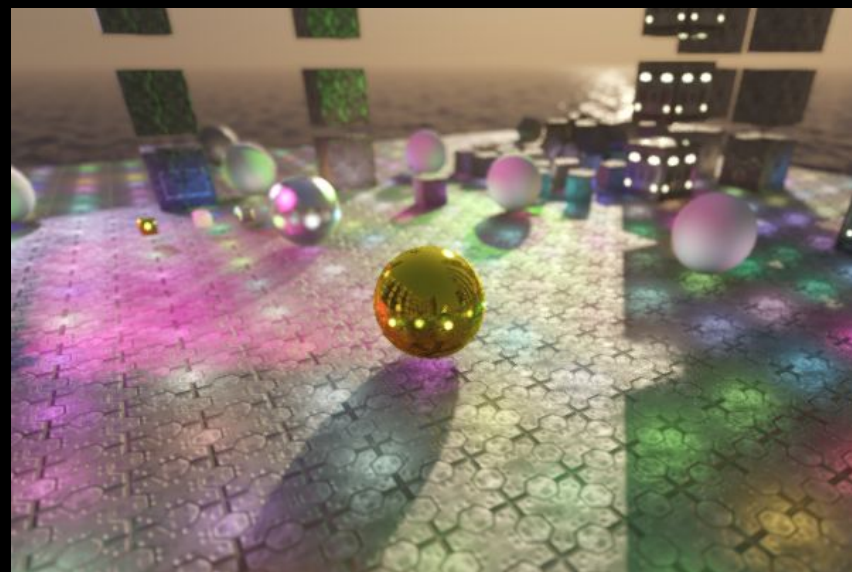
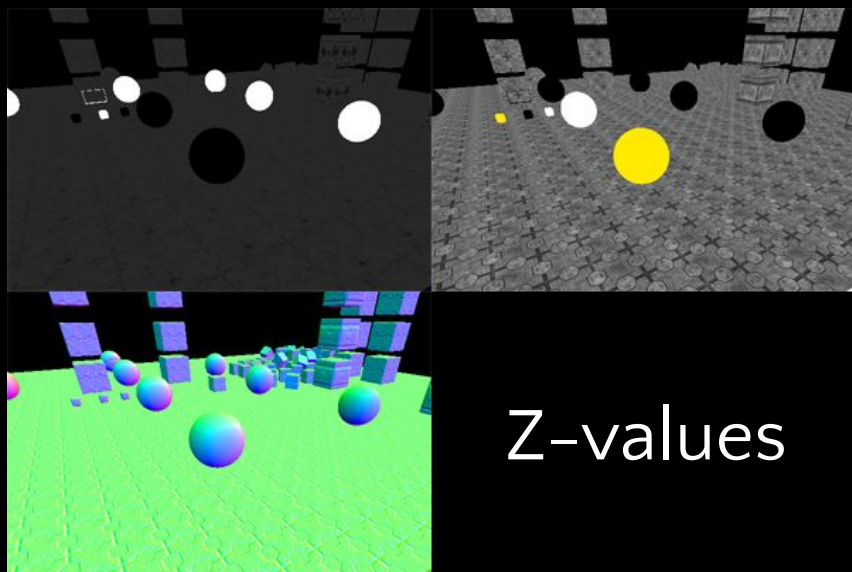
Additive Blending



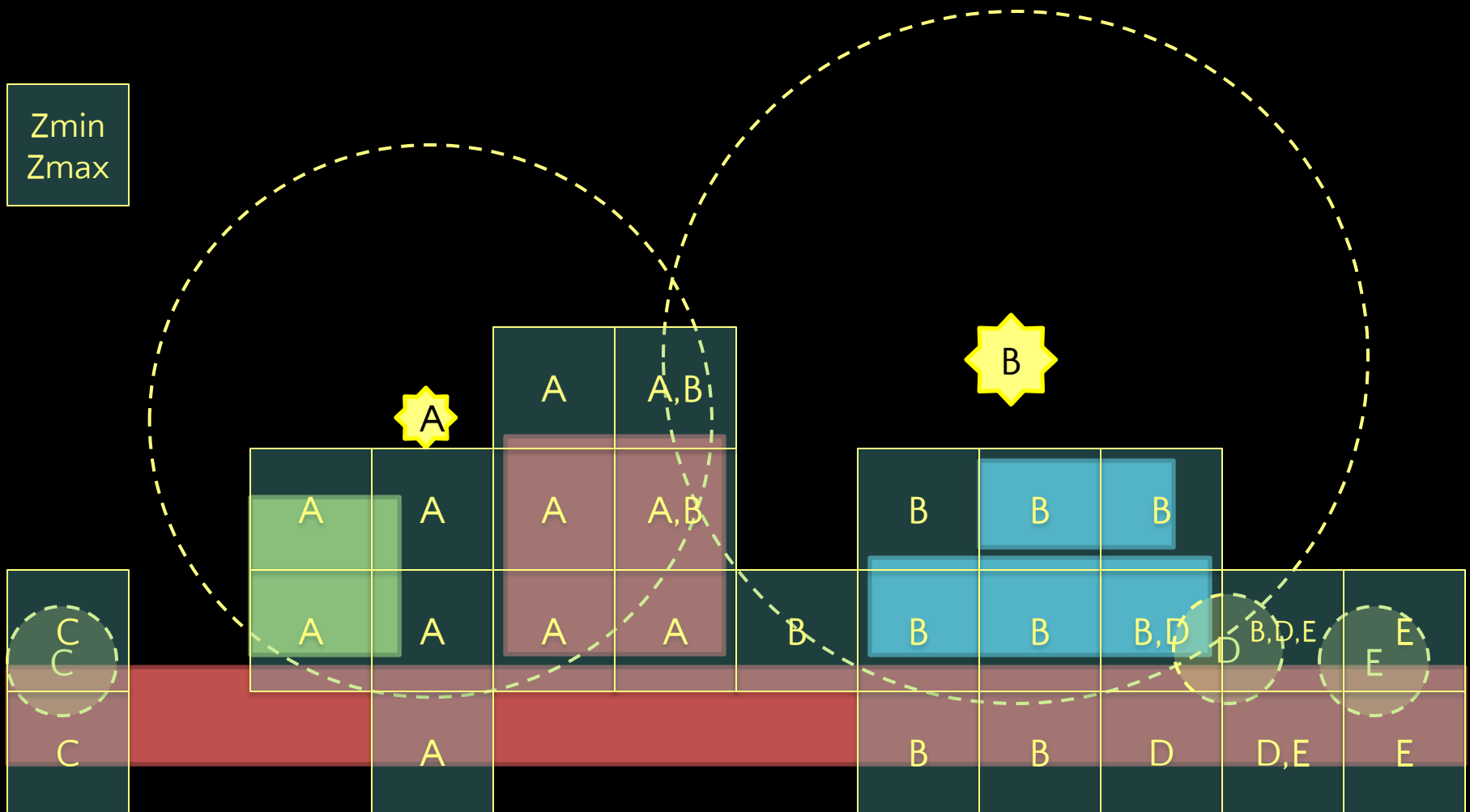
Deferred Rendering

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
Deferred Tiled/Clusterd	>1000	Good	No	No	Y/N	Yes	Y/N	Yes
Forward+ Tiled/Clustered	>1000	Good	Yes	Yes	No	Yes	YES!!!	Y/N

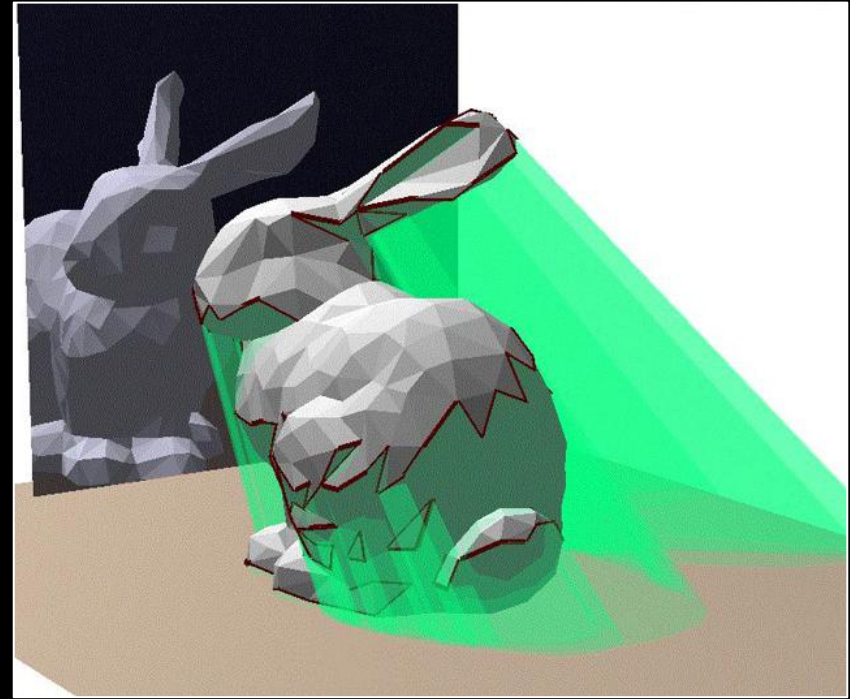
Вопросы

Drink-Time

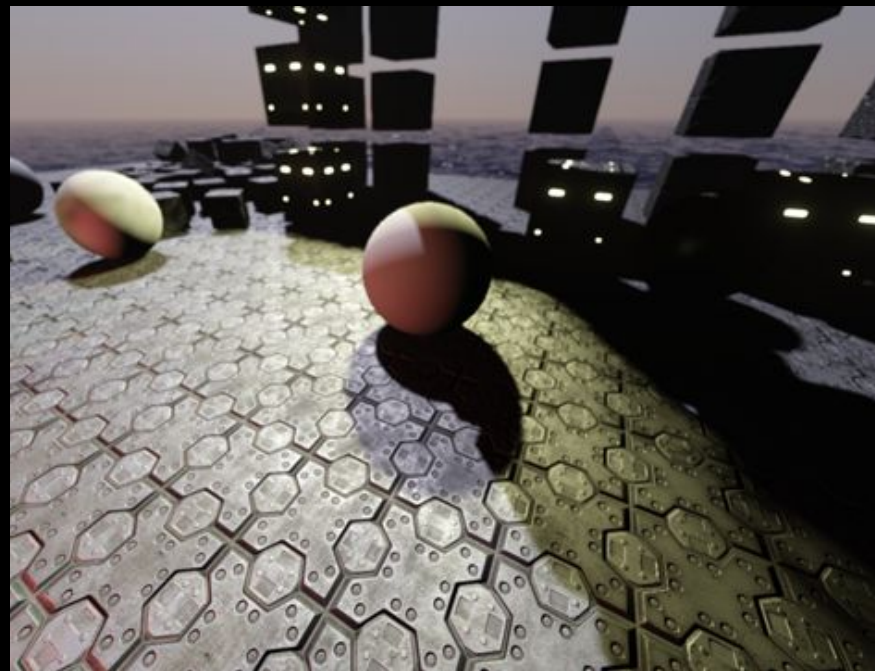
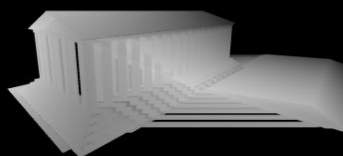
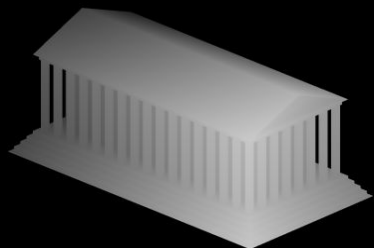
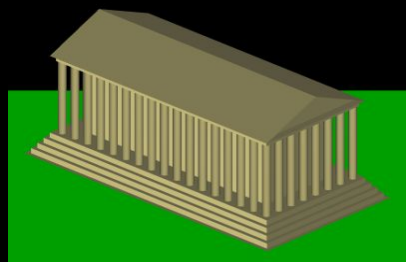
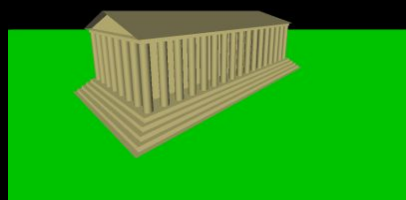
Свет и тени: Light Maps



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

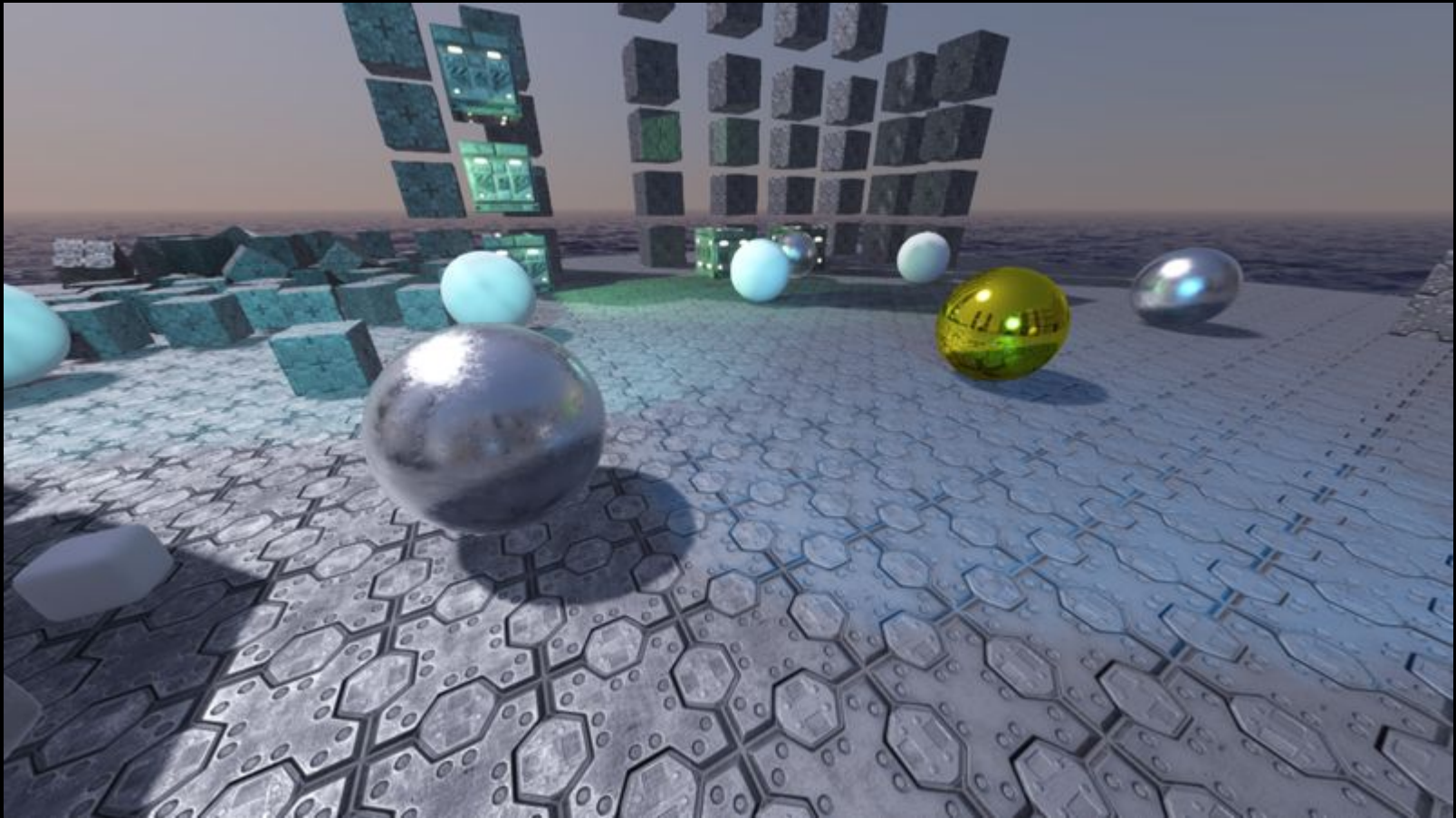


- **Cube Map**
 - 256x256x128
- **Shadow map**
 - 64 выборки
- **Каждый воксель**
 - Кол-во света
 - Усредненное направление

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_NORMAL_MAP
USE_PARALLAX
USE_DETAIL_NORMALMAP
USE_WET
USE_TROPIC_SPEC
USE_DETAIL_MAP

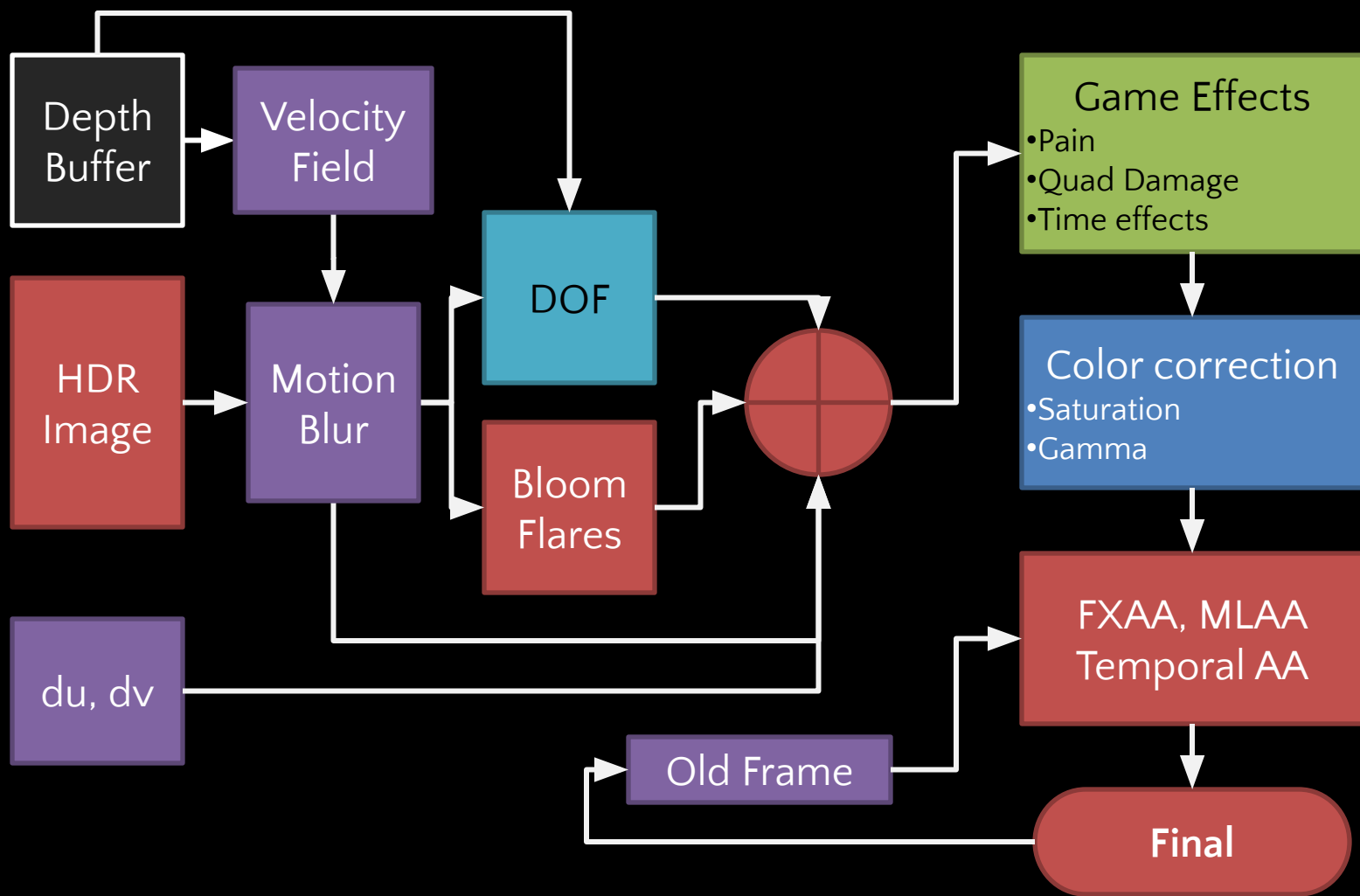
// Platform-specific
PC_OPENGL
PC_DIRECT3D
XBOX
PS3

SetUberShader(
    LIGHT0 | LIGHT1 |
    WET |
    USE_DETAIL_MAP |
    PIXEL_SHADER | PC_DIRECT3D
);

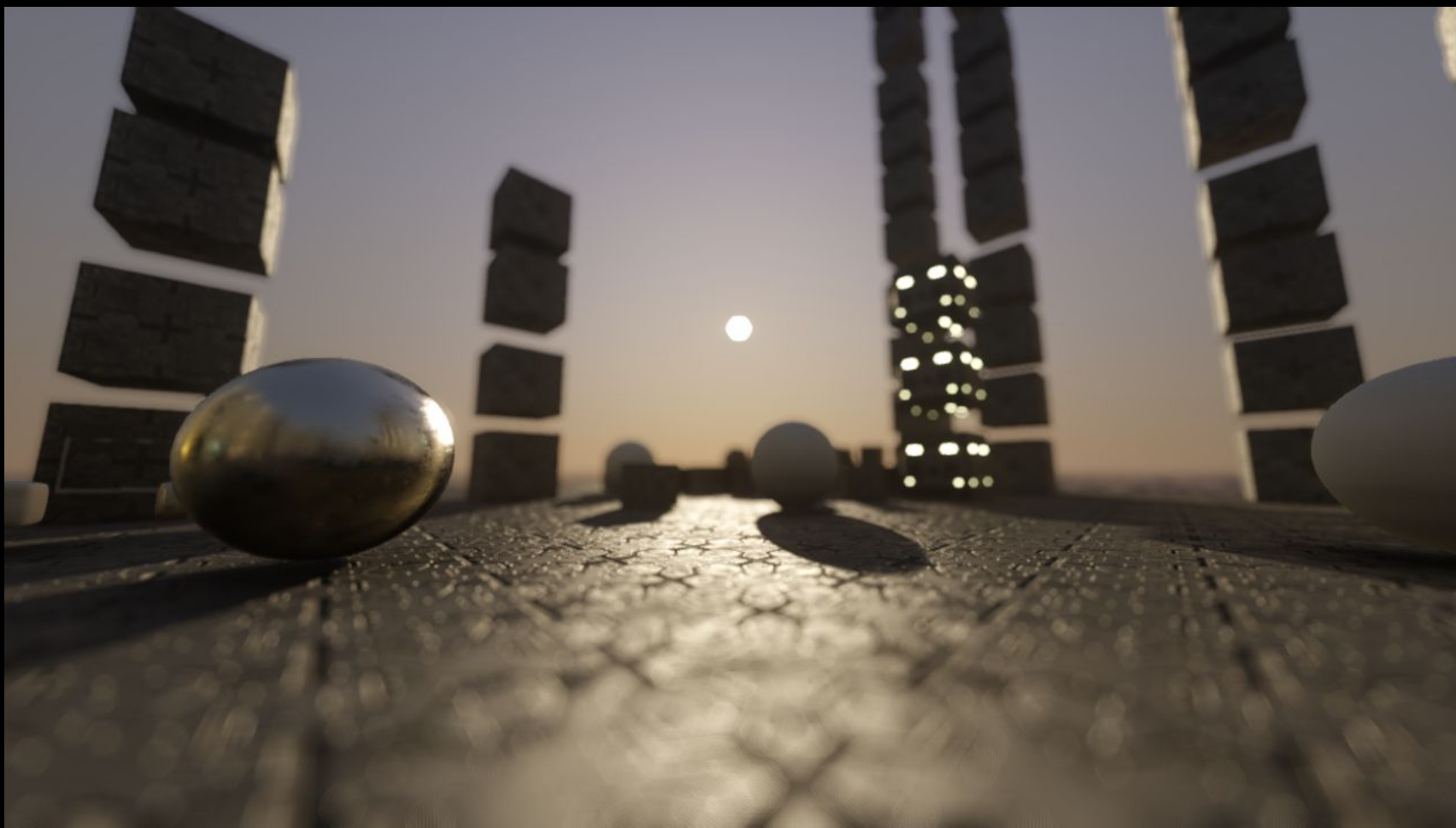
```



Постобработка

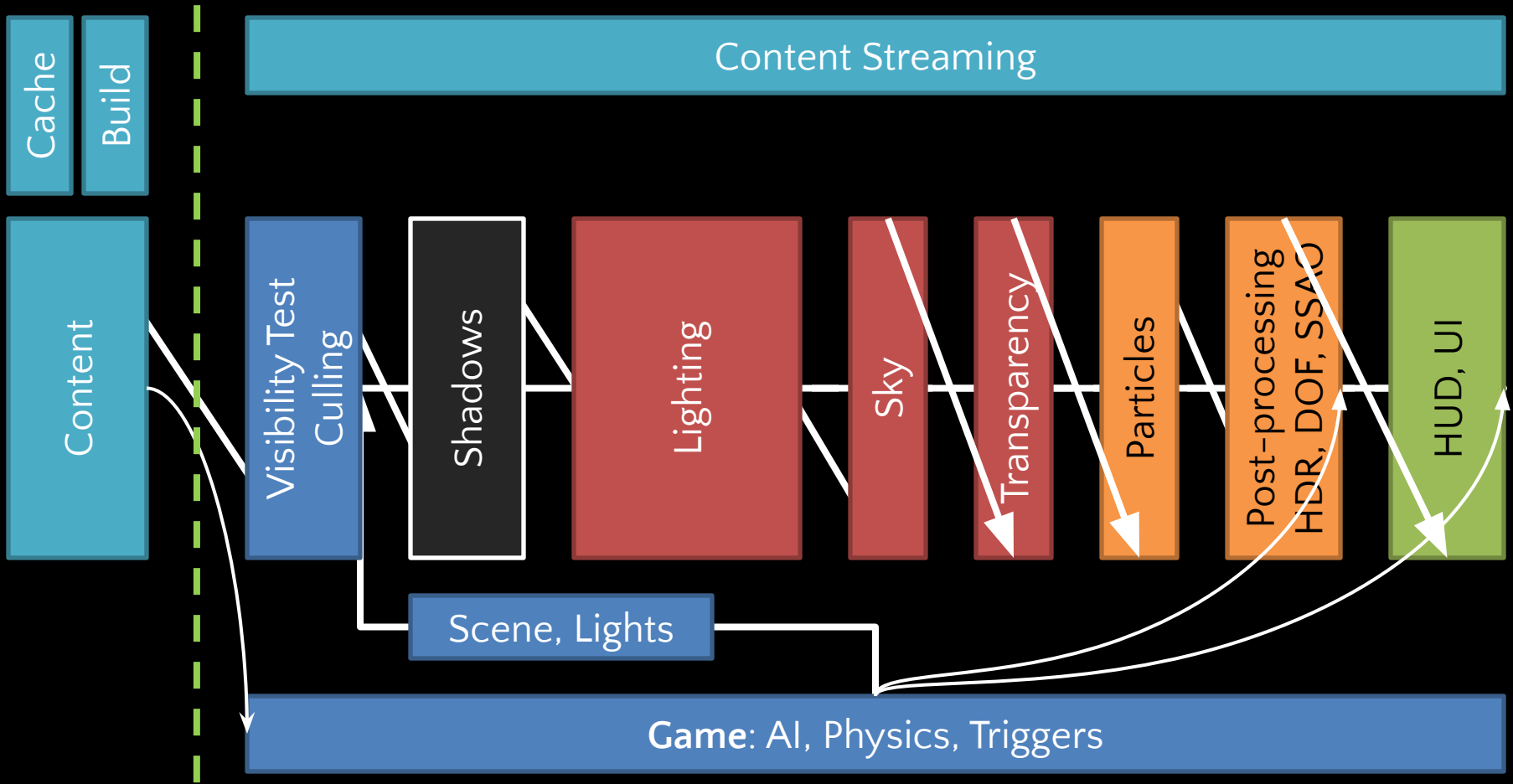


Постобработка



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

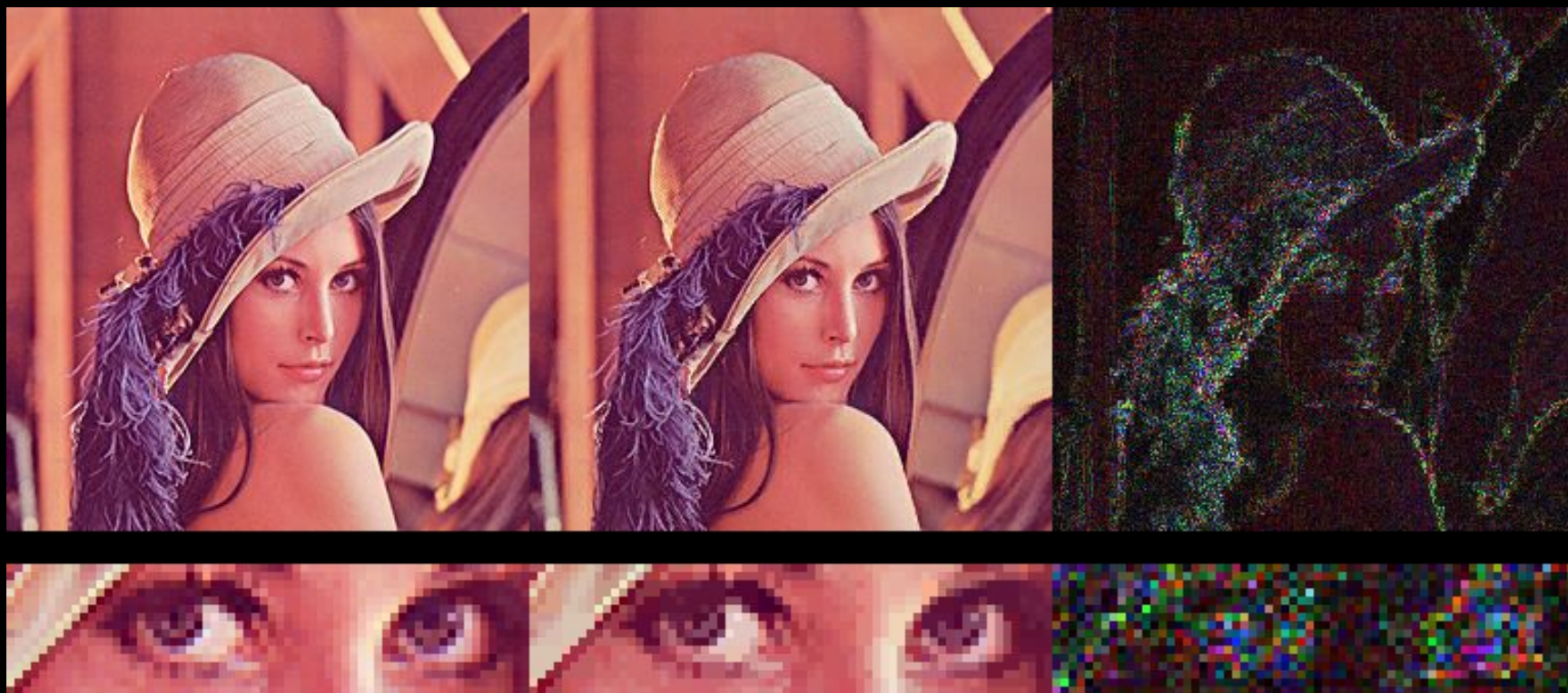
Оптимизация: Pixel shader

- 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>
	Skinned	92 bytes	52 bytes	32 bytes
	Rigid	72 bytes	40 bytes	20 bytes

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 "мультичность" 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° 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



FEMALE / MUSCLES / TORSO / PECTORALIS MAJOR (LEFT)

Pectoralis Major (left)

CONNECTED FILES

[user_guide_beta.docx](#)
системного программиста 1.1...

Sed ut perspiciatis, unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo.

Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem.

Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur?

Qui autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur?

Pectoralis Major (Left)

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