

Виртуальная реальность

занятие №9

Рябинин Константин Валентинович

e-mail: icosaeder@ya.ru

jabber: icosaeder@jabber.ru

Благодарности:

Bartek Skorupa (Lemon Film Studio, Польша)

Алексей Шестов,
Александр Воронов, (ВМК МГУ, Россия)
Дмитрий Ватолин

Пермь, 2012

Стереοизοбразение — это изображение, которое, являясь плоским, создаёт у наблюдателя эффект объёмного восприятия, то есть передаёт протяжённость пространства и рельефность, свойственные реальным объектам

Сетереоскопическая визуализация — это построение и демонстрация стереοизοбразений

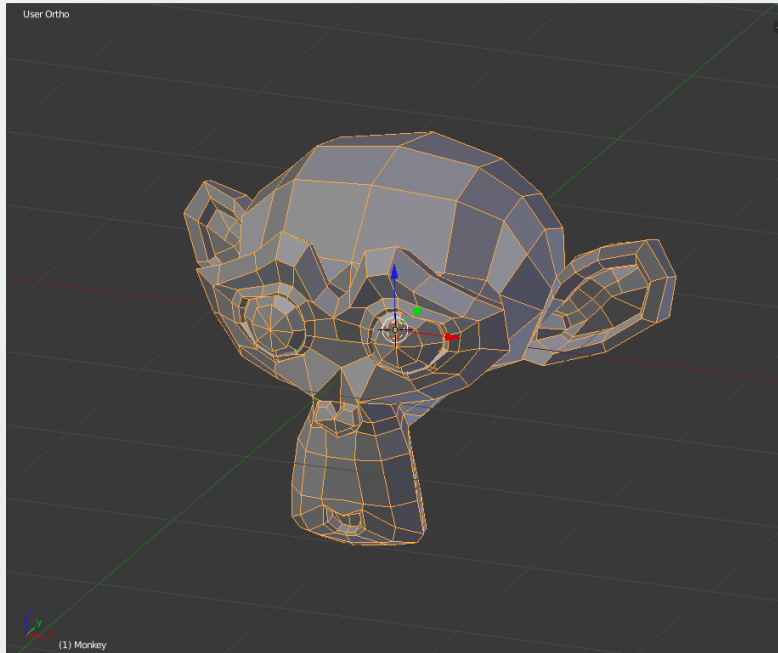
Области применения стереоскопической визуализации:

- Индустрия развлечений: кино и видеоигры
- Симуляция среды и условий
- Научные визуализации







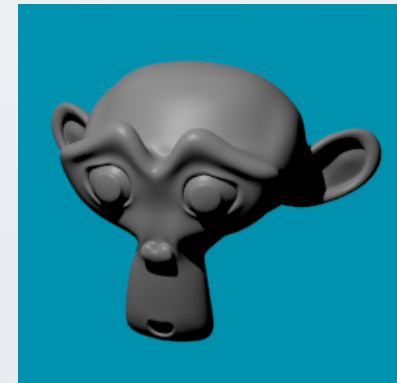


3D-изображение

Математическая модель
трёхмерной сцены



левый кадр



правый кадр

Стереопара

Две **двумерных** картинки,
изображающих сцену с
различных ракурсов



Стерео

3D



Вопросы относительно 3D- и стереоизображений, требующие решения

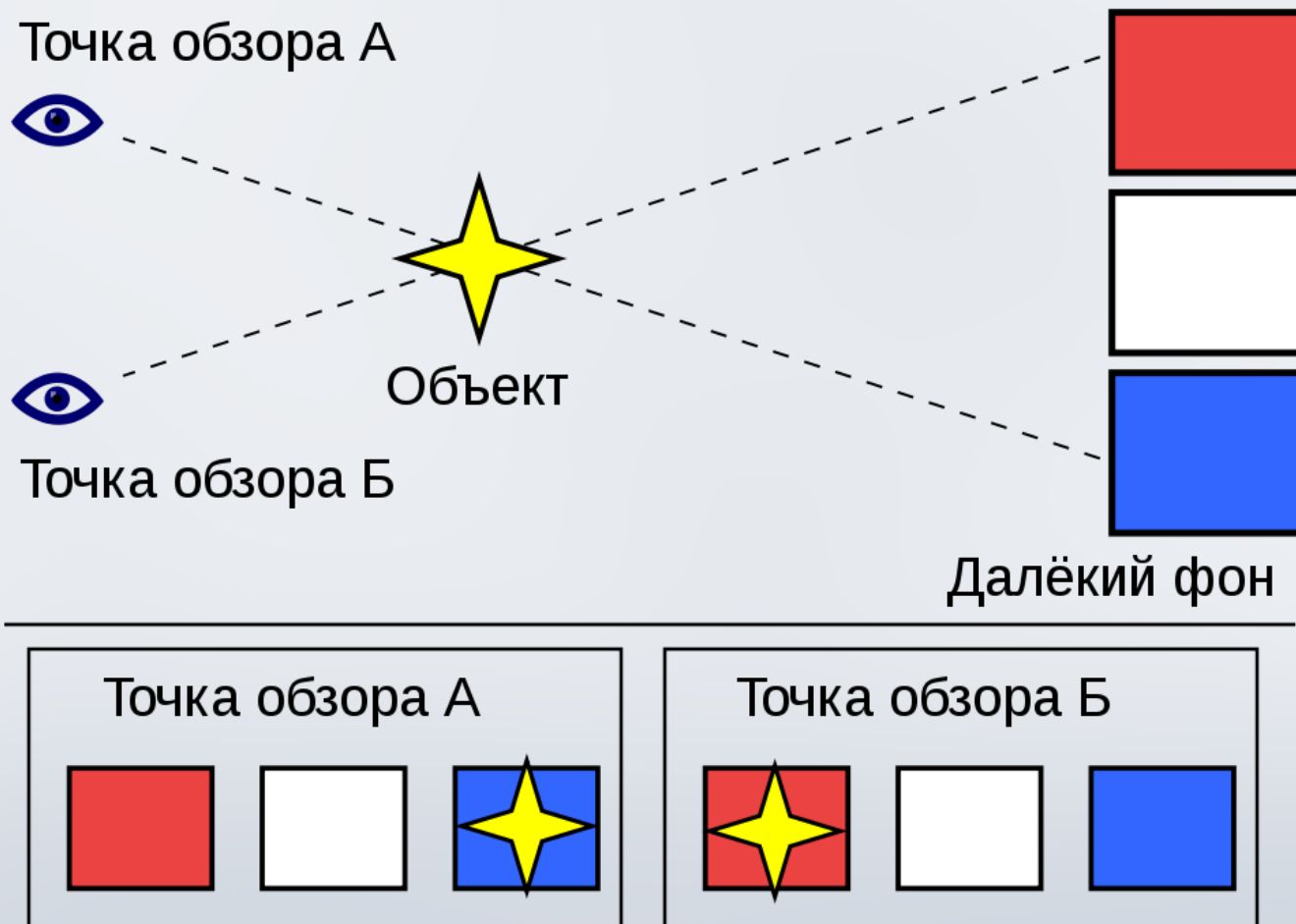
- **Как создавать?**
- **Как хранить?**
- **Как отображать?**

Создание качественного стереоизображения – не такая простая задача, даже в кинематографии мирового уровня далеко не всегда находящая решение

Основные проблемы:

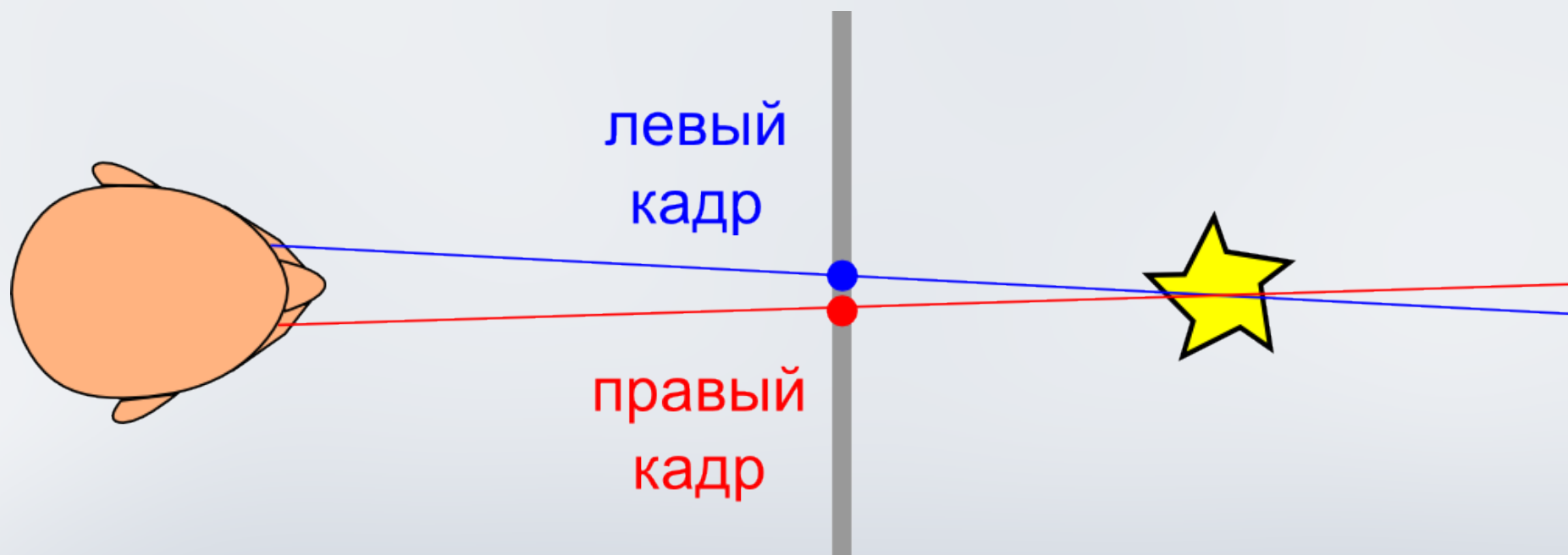
- Камеры и глаза человека – **абсолютно** разные вещи
- Теоретические результаты далеко не всегда совпадают с практическими, так как определяющим является **субъективное восприятие человека**
- Математическое моделирование и расчёт стереоскопического эффекта оказывается весьма нетривиальной задачей
- Много строится на эвристиках и экспериментировании

Параллакс – изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя



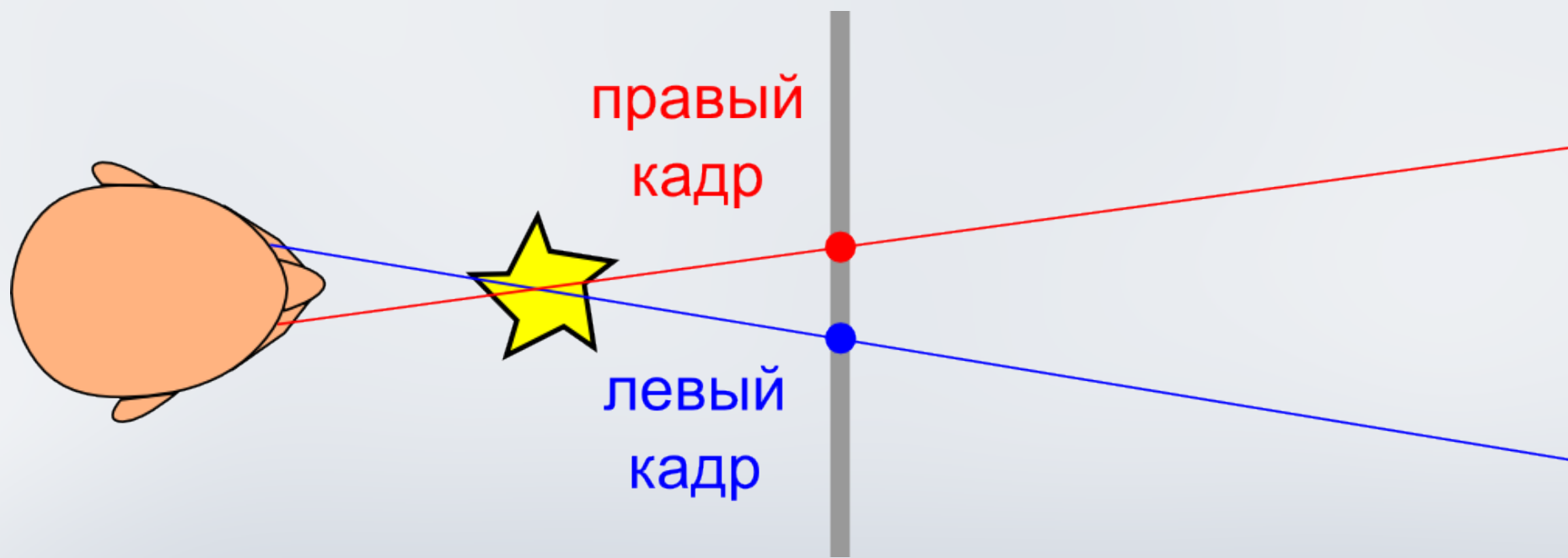
Положительный параллакс – левый кадр находится **слева** от правого кадра

В этом случае точка пересечения осей взгляда глаз человека лежит **за** плоскостью экрана



Отрицательный параллакс – левый кадр находится **справа** от правого кадра

В этом случае точка пересечения осей взгляда глаз человека лежит **перед** плоскостью экрана



- Если отрицательный параллакс равен по модулю расстоянию между глазами человека, объект воспринимается находящимся на «полпути» от экрана к человеку
- Если положительный параллакс равен расстоянию между глазами человека, объект воспринимается находящимся в бесконечности (далеко за экраном)
- Параллакс и воспринимаемая удалённость объекта связаны сложной экспоненциальной зависимостью
- Параллакс играет в основном вторичную роль в восприятии расстояния. Определяющими для человека являются
 - Перекрытия
 - Перспективные искажения
 - Глубина резкости
- Кроме этого, существует параллакс движения – при перемещении наблюдателя дальние объекты движутся медленнее ближних

Восприятие расстояния легко обмануть



Восприятие расстояния легко обмануть



- Большой отрицательный параллакс означает сильное сведение (конвергенцию) глаз



- Большой положительный параллакс означает разведение (дивергенцию) глаз



=> положительный параллакс не должен превышать расстояния между зрачками человека;
среднестатистический человек в состоянии развести глаза не более, чем на 1°

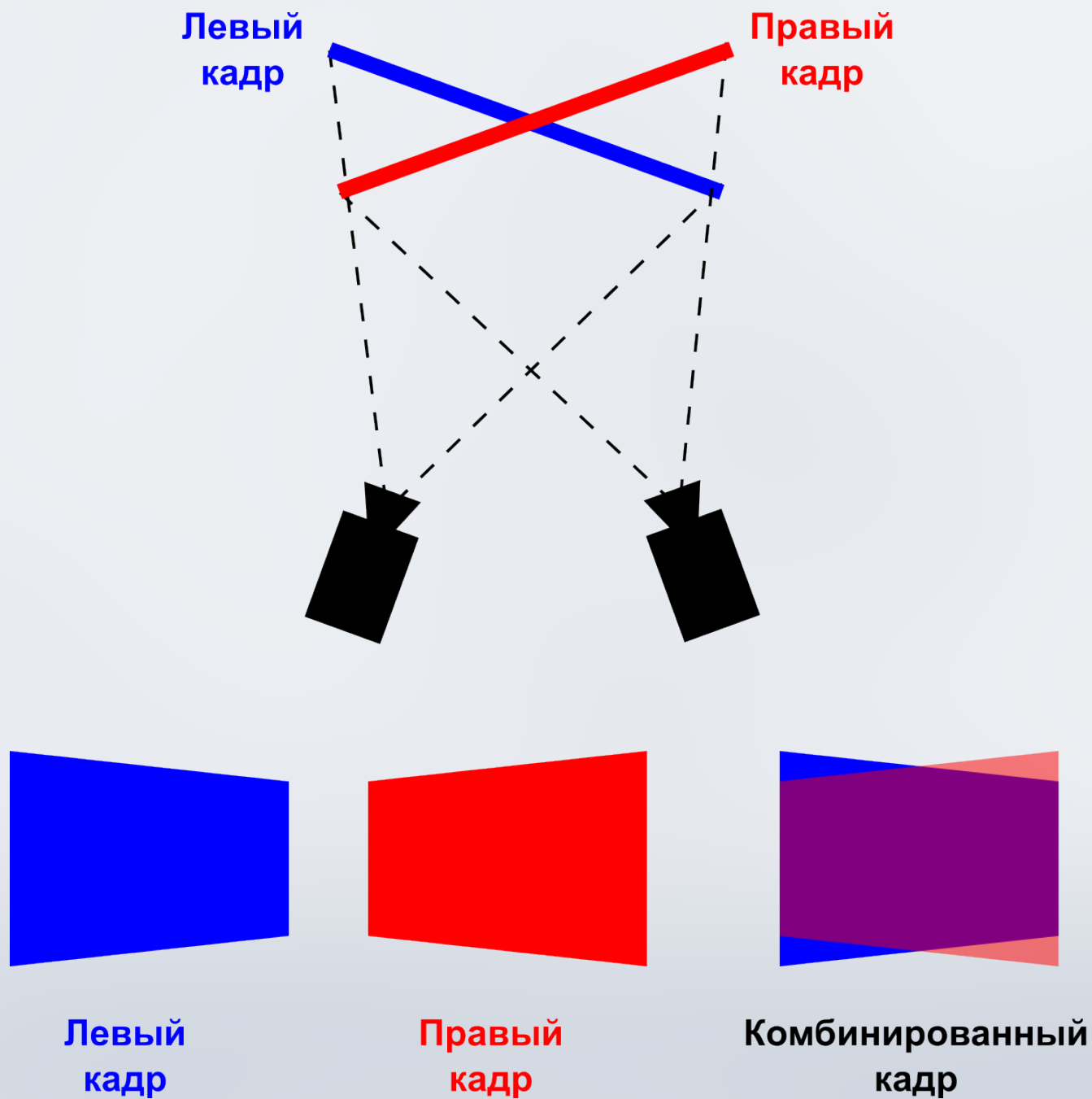
- **Размер параллакса, соотносимого с расстоянием между зрачками человека (~65 мм), зависит от размера экрана**
- **Для примера:**
 - Пусть кадр формата 2K (2048x1556) имеет параллакс в 20 пикселей (~1% размера)
 - Экран в 1 метр (широкоформатный телевизор) будет отображать параллакс в 10 мм
 - Экран в 10 метров (экран кинотеатра) будет отображать параллакс в 100 мм (уже больше, чем расстояние между зрачками)
 - Экран в 25 метров (экран в imax-кинотеатре) будет отображать параллакс в 250 мм
- **Однако расстояние от человека до экрана компенсирует дивергенцию**

- Экспериментально определено, что безопасное значение (для кадра формата 2K)
 - положительного параллакса:
12 пискелей
(в ряде случаев можно увеличивать до 31 пикселя)
 - отрицательного параллакса:
15 пикселей

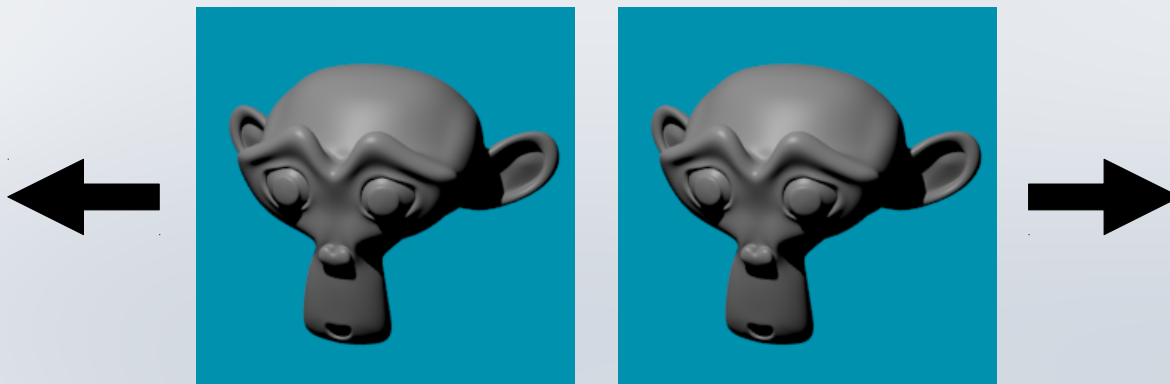
- Важными понятиями в стереоскопии являются
 - Диапазон глубин (depth budget) – максимальное значение положительного и отрицательного параллакса, то есть параллаксы потенциально самой ближней и самой дальней точек
 - Рекомендуемое значение: -15 .. +13 пикселей
 - Дельта глубин (depth bracket) – разность между максимальным и минимальным значением положительного и отрицательного параллакса, по факту встречающихся на сцене (значения должны вписываться в диапазон глубин)
 - Рекомендуемое значение: 14 пикселей

- Важными понятиями в стереоскопии являются
 - Позиция глубин (depth position) – область пространства, объекты в которой вписываются в дельту глубин, например области с параллаксом
 - -14 .. 0
 - -4 .. +10
 - 0 .. +14

- **Позицией глубин можно управлять, сводя камеры под разными углами**
 - **Если точка пересечения осей взгляда камер совпадает с ближайшей точкой сцены, ближайшие объекты будут восприниматься лежащими на экране, а все остальные – за экраном**
 - **Если точка пересечения ближе ближайшей точки сцены, все объекты будут восприниматься лежащими за экраном**
 - **Если точка пересечения дальше ближайшей точки сцены, ближайшие объекты будут восприниматься лежащими перед экраном**
- **Однако сведение камер влечёт за собой эффект трапеции (keystoning problem)**



- Камеры должны оставаться параллельными
- Однако в этом случае объекты всегда будут восприниматься находящимися перед экраном, вне зависимости от их фактической удалённости (так как точка пересечения осей взгляда камер определяет восприятие положения экрана, в случае параллельных камер экран оказывается в бесконечности)
- Для достижения восприятия объектов за экраном необходимо раздвигать полученные картинки искусственно, на этапе постобработки



Чем больше такое смещение, тем дальше объект воспринимается

- Таким образом, позиция глубины **может** быть изменена на этапе постобработки
- При этом позиция глубины **не влияет** на дельту глубин
- Дельта глубин **не может** быть изменена на этапе постобработки
- На дельту глубин действуют
 - Расстояние до ближней точки сцены
 - Расстояние до дальней точки сцены
 - Размер экрана
 - Фокусное расстояние камеры
 - Стереο-база (расстояние между камерами)

- Максимальный (комфортный) размер стерео-базы:
 - Расстояние до ближней точки ↑
 - Размер стерео-базы ↑
 - Расстояние до дальней точки ↑
 - Размер стерео-базы ↓
 - Размер экрана ↑
 - Размер стерео-базы ↑
 - Фокусное расстояние камеры ↑
 - Размер стерео-базы ↓

- Существуют способы аналитического определения максимального комфортного размера стерео-базы:

- **Формула Джона Берковица**

$$Base = \delta \cdot \frac{Far \cdot Near}{Far - Near} \cdot \left(\frac{1}{Focus} - \frac{Far + Near}{2 \cdot Far \cdot Near} \right)$$

- **Уравнение Франка Ди Марцио**

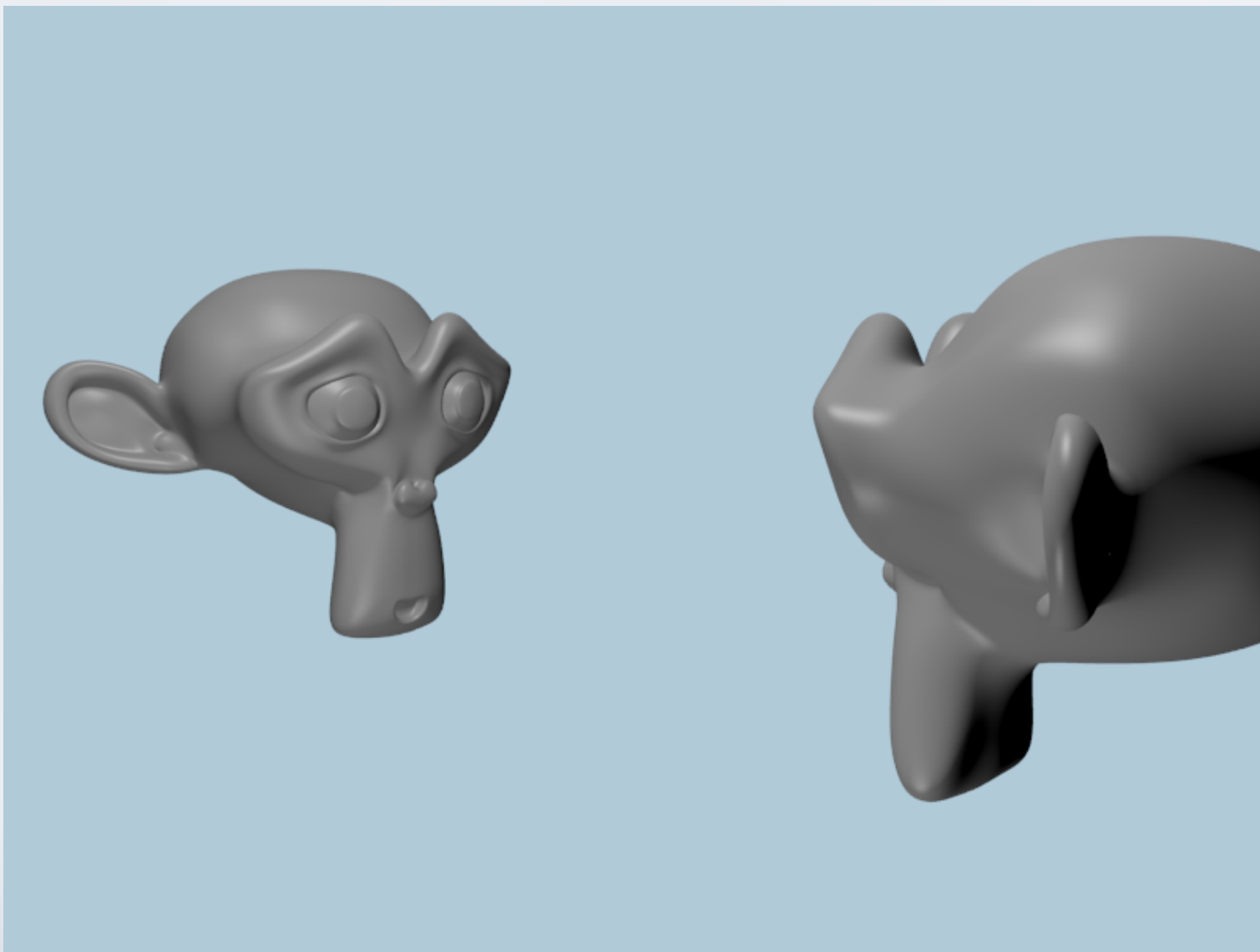
$$Base = \delta \cdot \frac{Far \cdot Near}{Far - Near} \cdot \left(\frac{1}{Focus} - \frac{1}{Width} \right)$$

- **Формула Пьера Мондра**

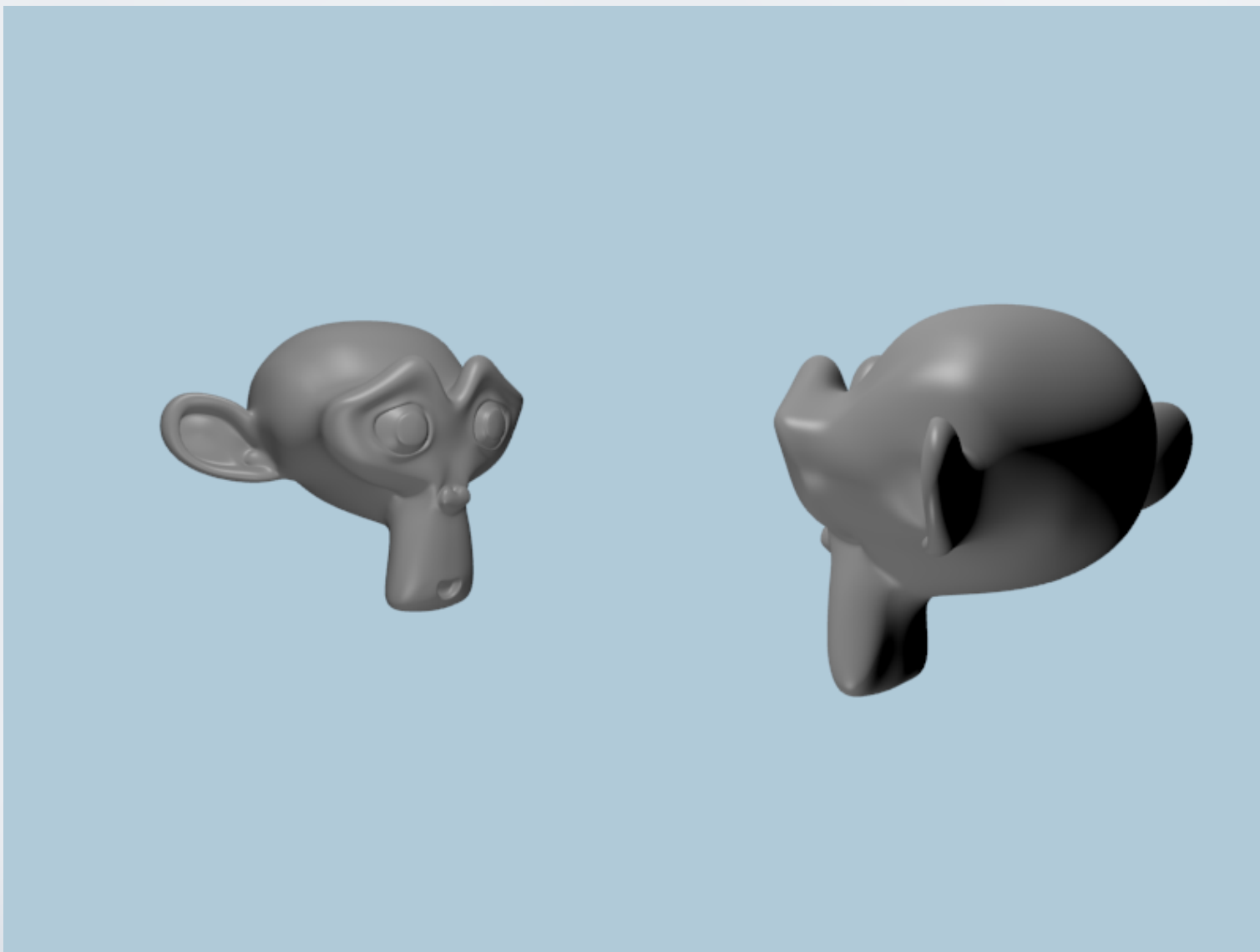
$$Base = \frac{\delta}{Focus} \cdot \frac{Near \cdot Far}{Far - Near}$$

- **Более простой (но и значительно более грубый) приём – правило 1/30**

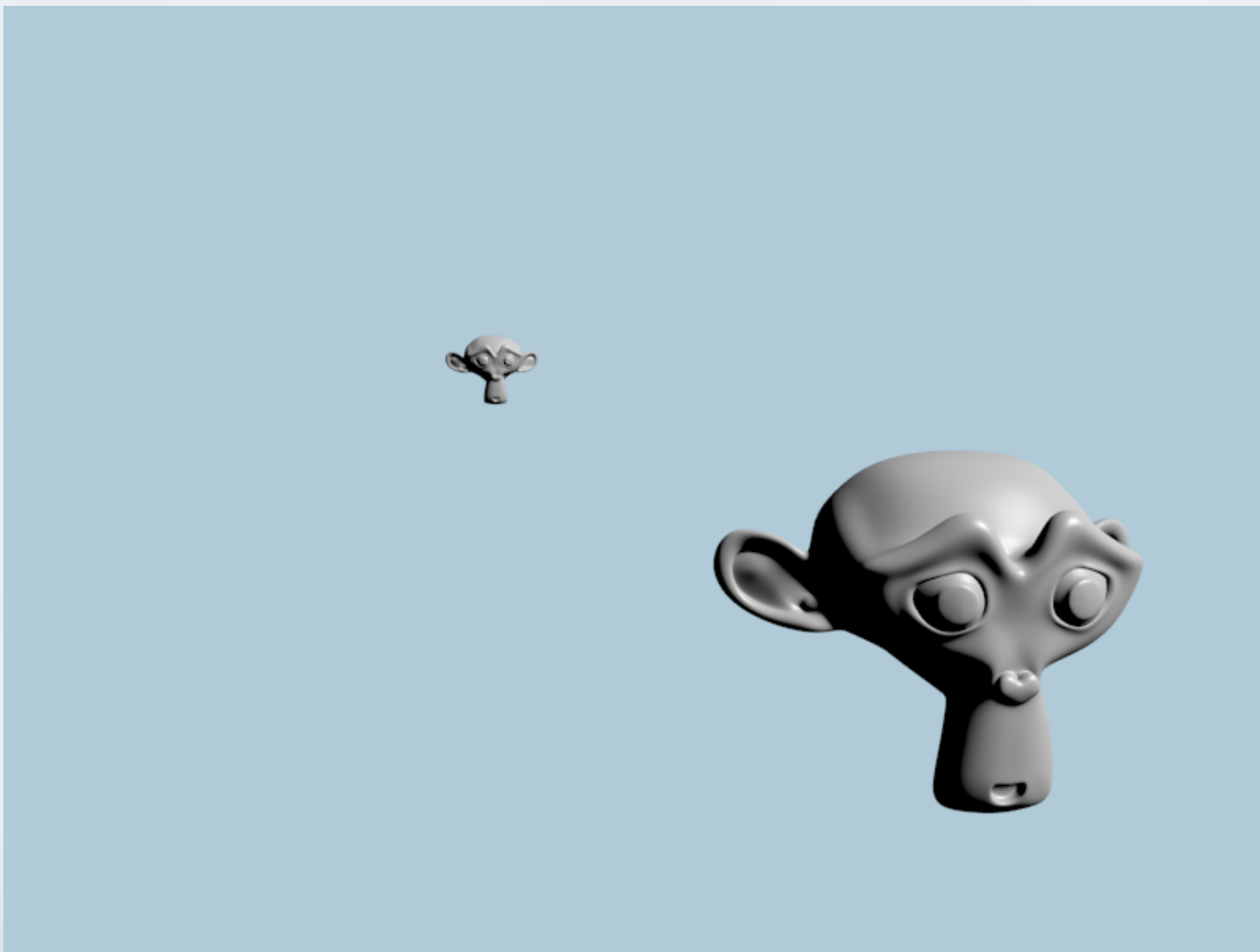
$$\frac{Base}{Near} = \frac{1}{30}$$



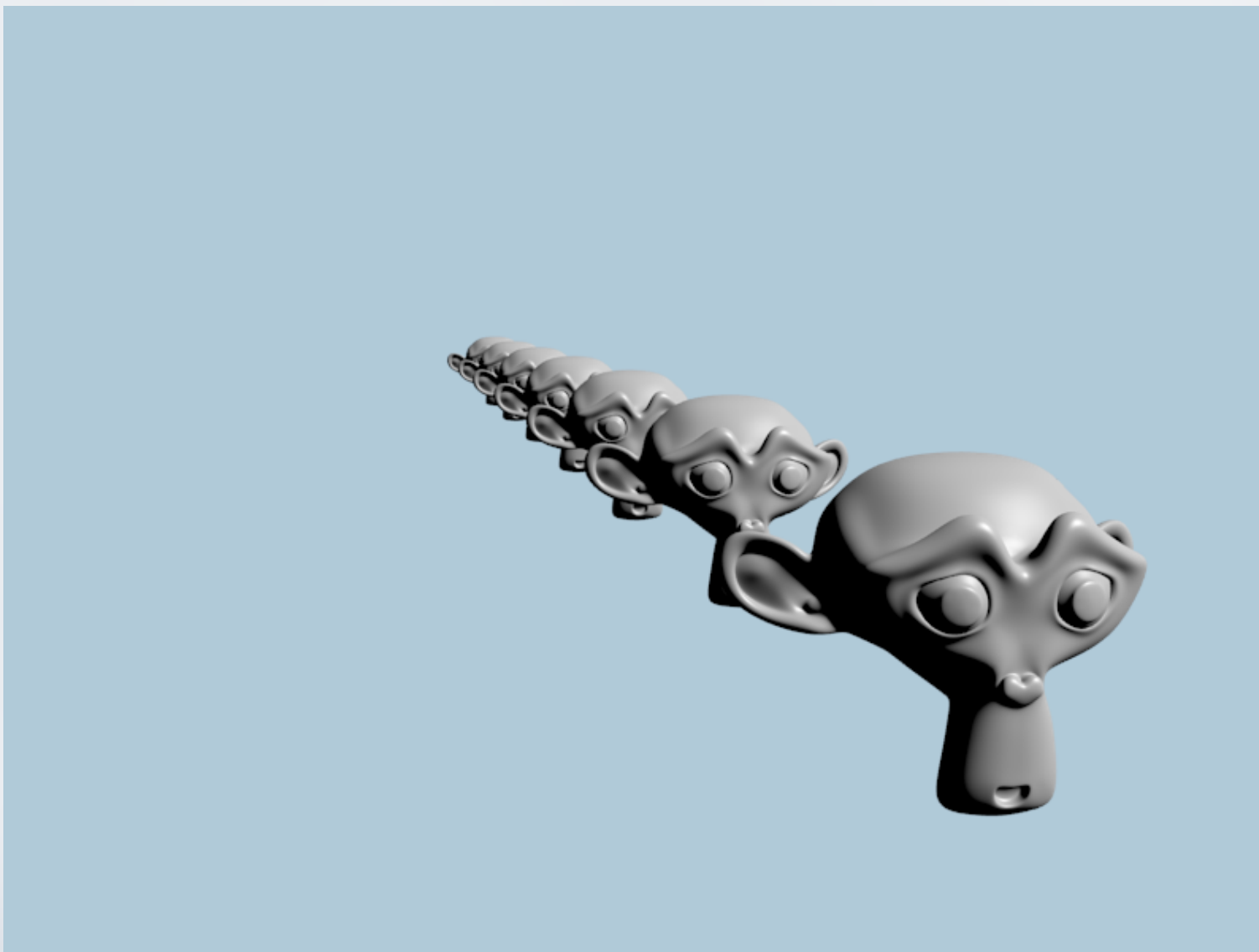
Плохо,
так как объект переднего плана обрезается границей экрана



Хорошо



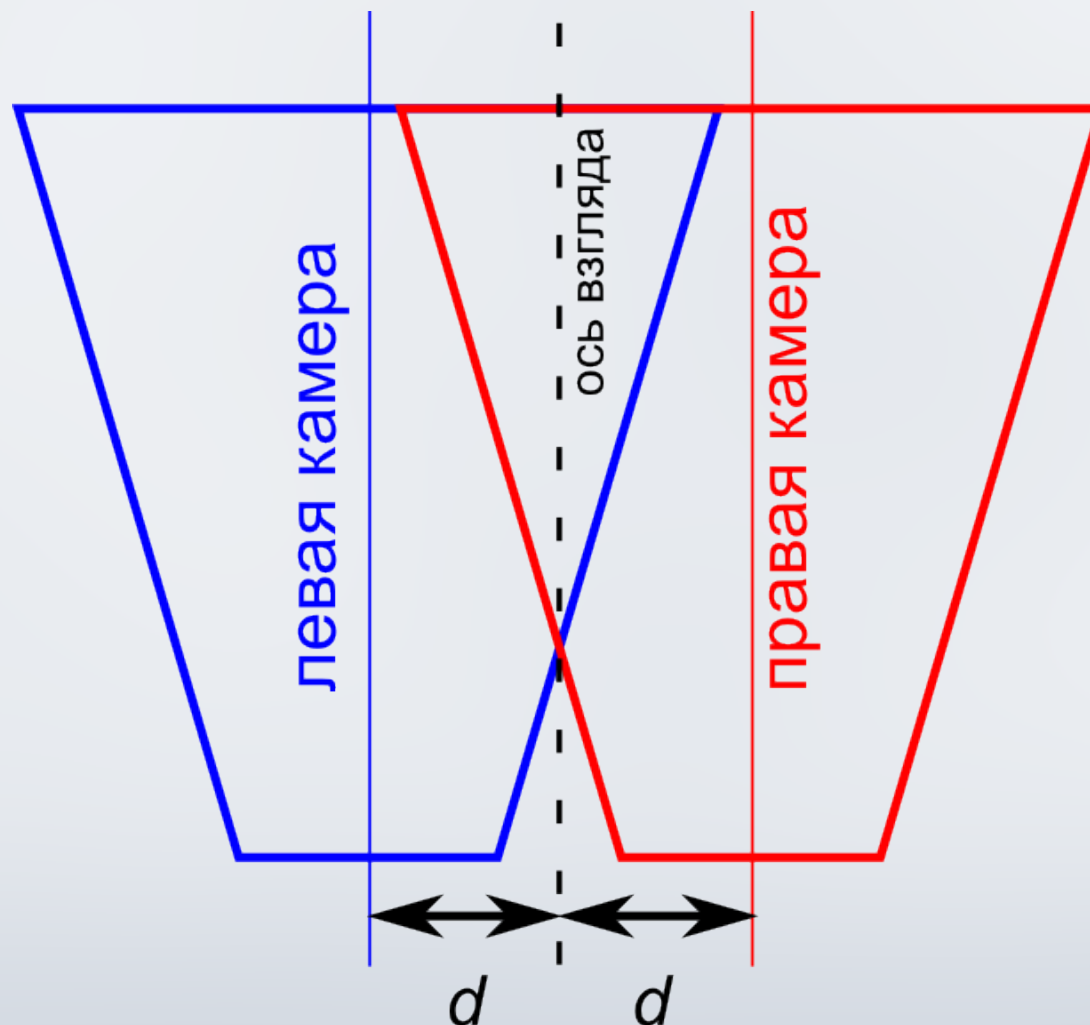
Плохо,
много пустого пространства, воспринимаемая объёмность сцены теряется



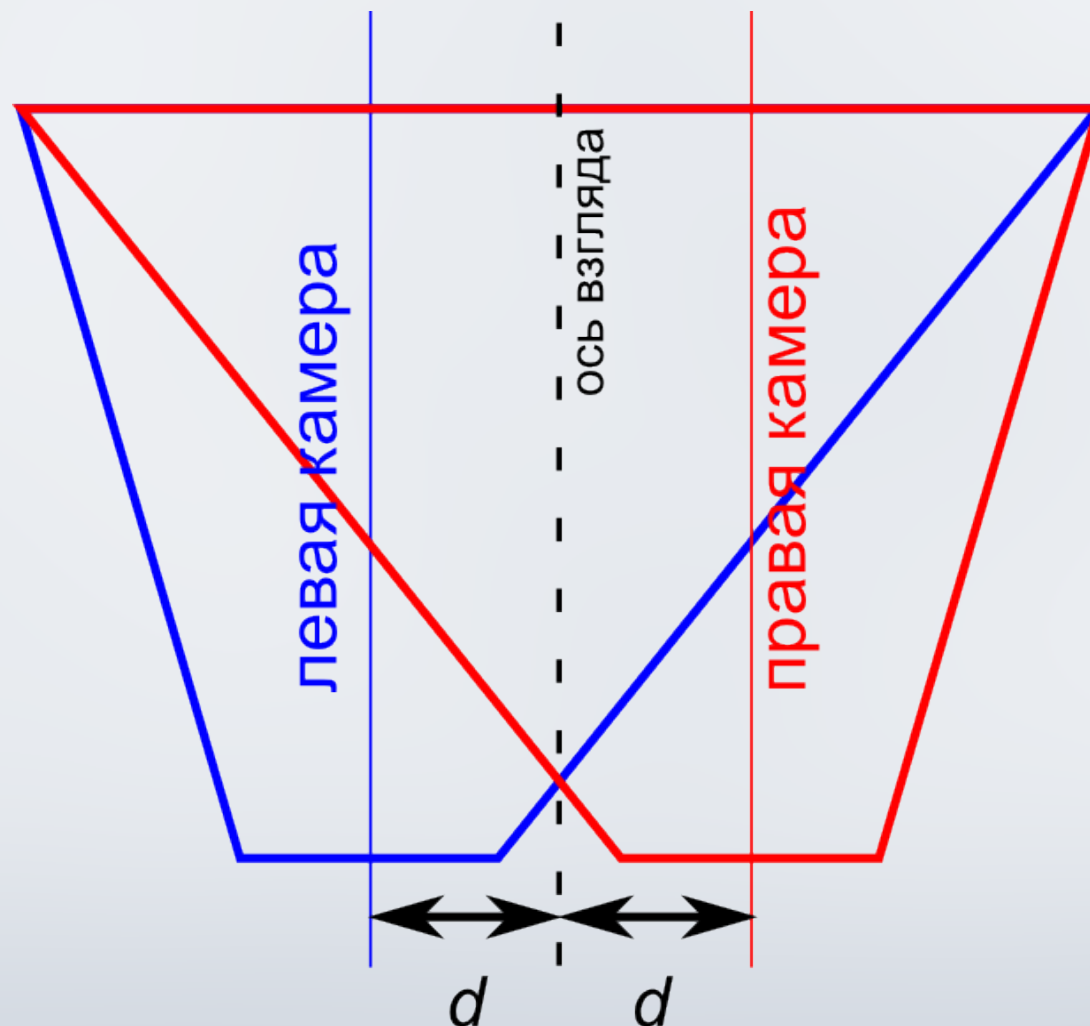
Хорошо

- Даже в профессиональных стереоскопических работах (современных стерео-фильмах) от случая к случаю присутствуют ошибки
 - Разная яркость и цветность кадров стереопары
 - Разный фокус в кадрах стереопары
 - Вертикальный сдвиг кадров стереопары
 - Разное содержимое (!!!) в кадрах стереопары
 - Кадры стереопары перепутаны местами
- Не должно быть слишком много сцен с большим отрицательным параллаксом
- Глубина сцен должна быть выровнена в соответствии с диапазоном глубин, позицией глубины и дельтой

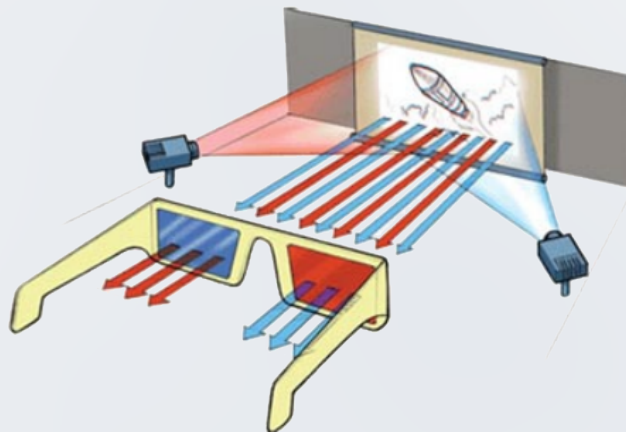
Подход на основе параллельных камер



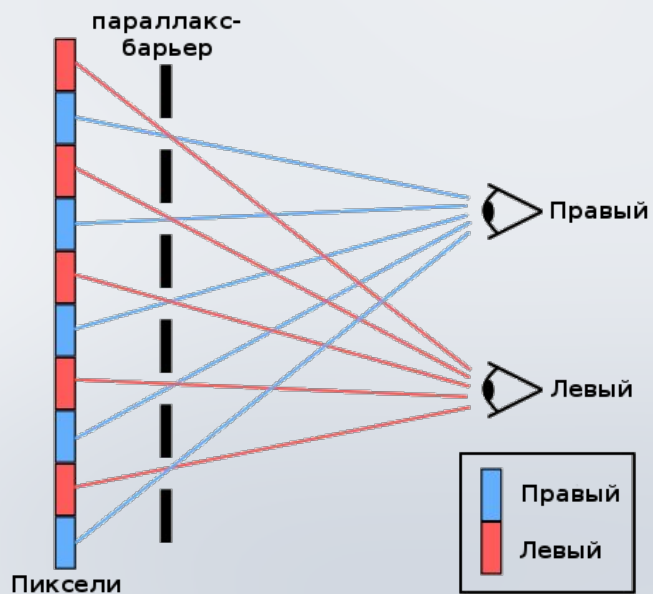
Подход на основе асимметричных камер



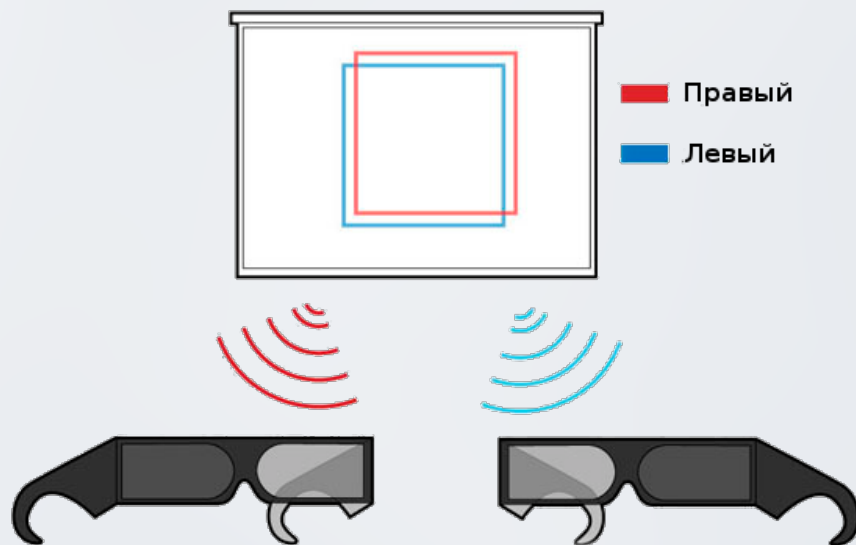
- Анаглиф
- Поляризация



- Параллакс-барьер



● Эклипс (затвор)



● Пространственное разделение (стереоскоп)





В распоряжении кафедры МОВС находится шлем виртуальной реальности
eMagin Z800 3DVisor

Технические характеристики:

- Два LCD-дисплея 800x600@60Hz
- Наушники
- Гироскопический датчик поворотов головы, регистрирующий вертикальное и горизонтальное вращение
- ПО (*Windows only*):
 - Драйверы
 - Программа управления





В распоряжении кафедры МОВС находятся затворные очки
eDimensional 3D Vision

Технические характеристики:

- Два LCD-затвора на максимальную частоту в 200 Гц
- Синхронизация через инфракрасный маячок
- ПО (*Windows native, Linux on Wine*):
 - Управляющая программа

