

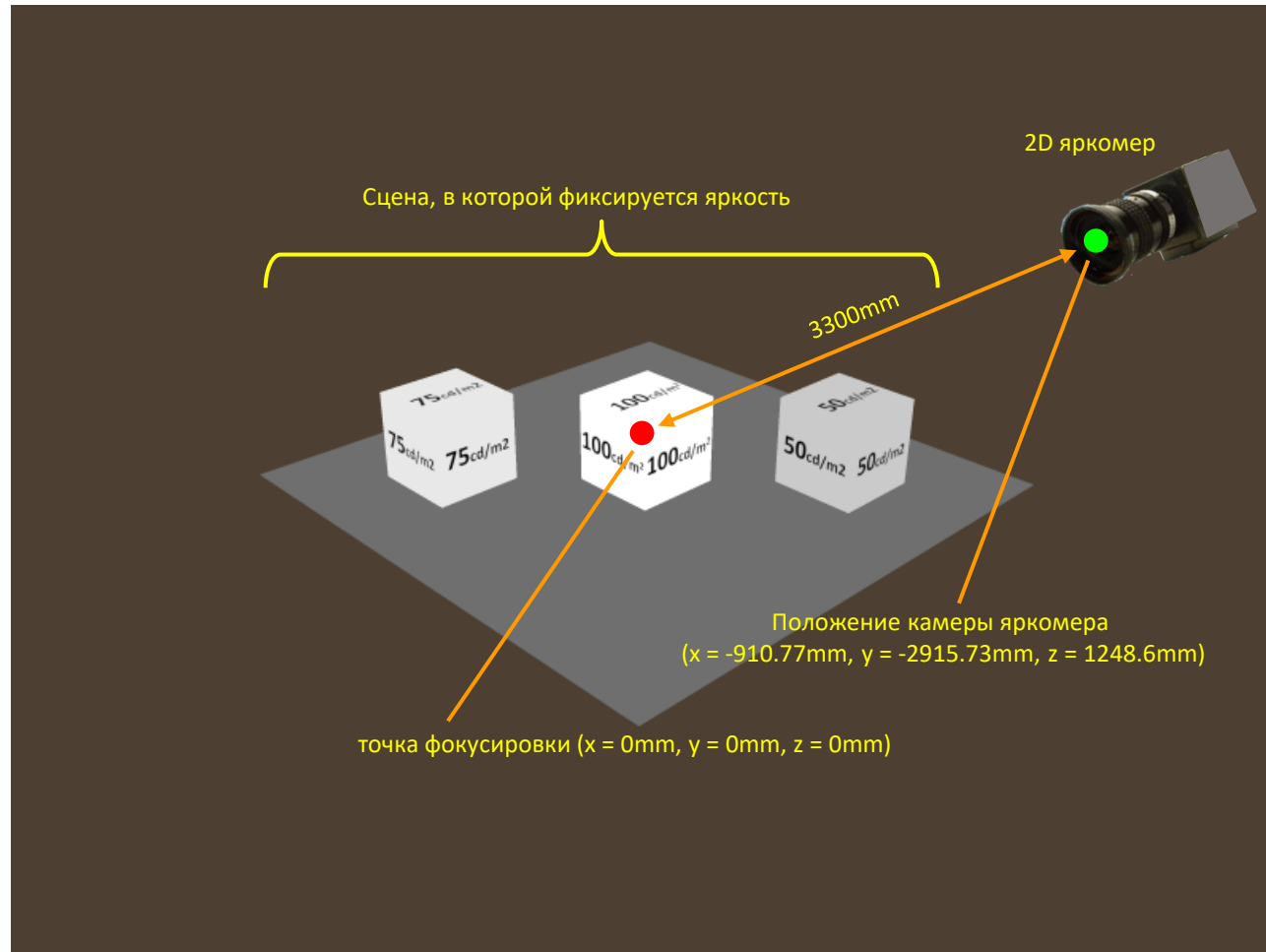
ФОТОРЕАЛИСТИЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН

Лабораторная работа №2

Моделирование двумерного распределения яркости
на базе прямой трассировки лучей методом Монте-
Карло с использованием комплекса программ
Lumiccept

Цель работы и описание сцены

Цель работы - моделирование двумерного распределения яркости в Lumiscept в соответствии с измерительным прибором и обеспечением максимального совпадения между моделированием и измерением. Рассмотрим задачу на простом примере, представленном на схеме. Модель (сцена), в которой фиксируется яркость, состоит из 3 кубов с собственной яркостью = 75, 100 и 50 кд / м². Эти кубы расположены на горизонтальной плоскости с собственной яркостью = 20 кд / м². Все геометрические объекты имеют идеальное поглощение. Итак, мы знаем истинные значения яркости. Известно также положение камеры яркомера (координаты центра объектива) и точка наблюдения (точка фокусировки камеры). Для точной реконструкции измерительного прибора требуется дополнительная информация об оптической системе яркомера: фокусное расстояние, диаметр входного зрачка, разрешение, поле зрения и т.д., см. таблицу ниже:

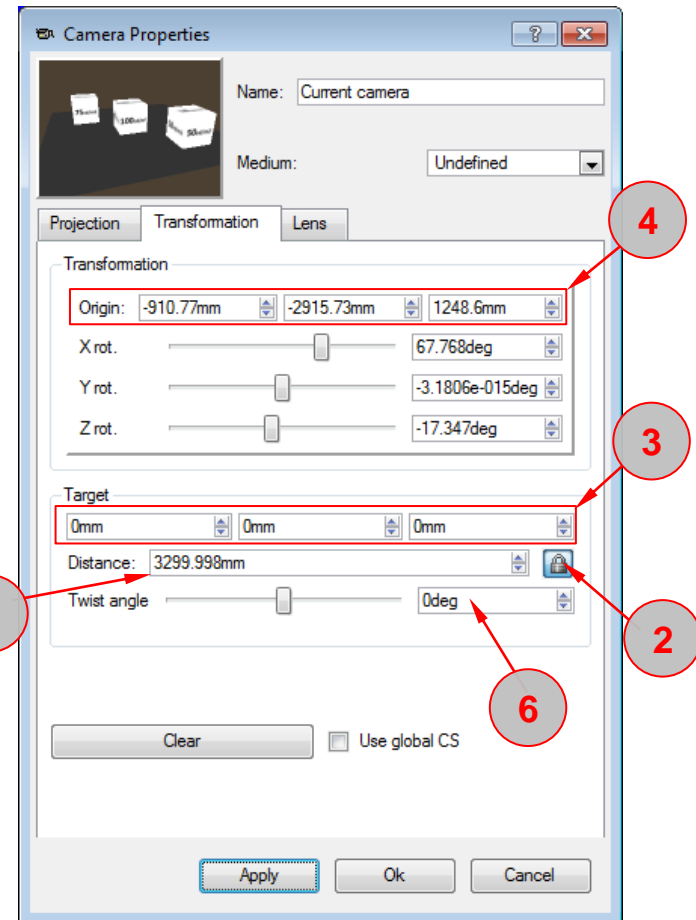
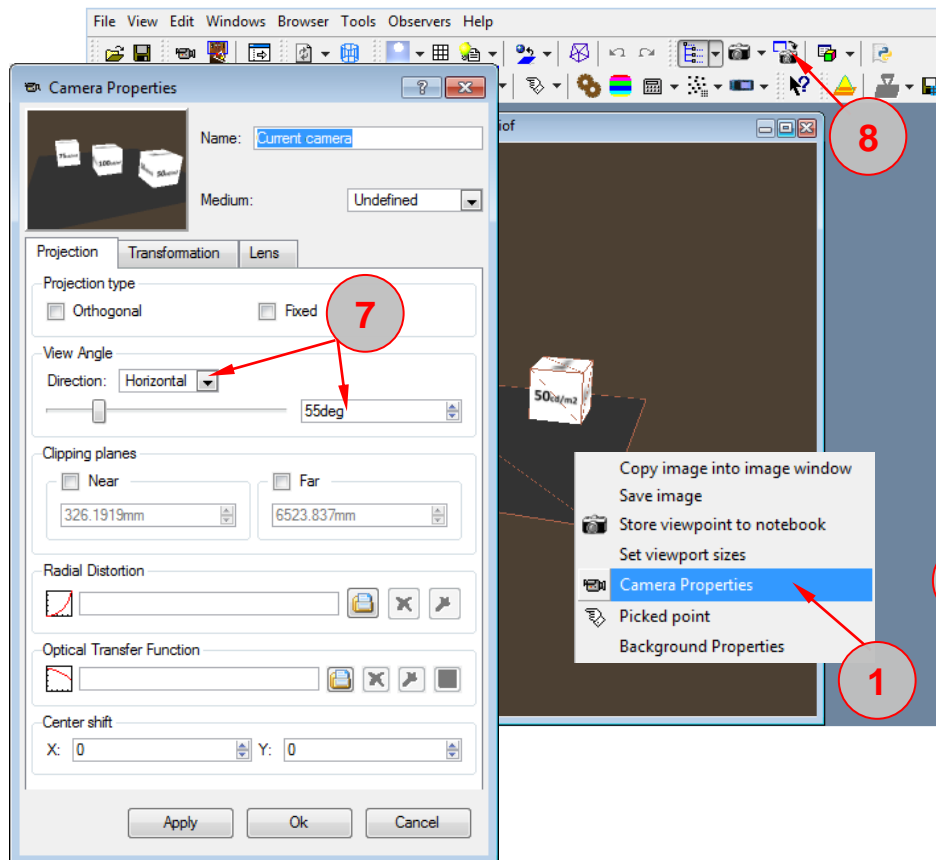


Параметр камеры	Значение
Фокусное расстояние	100mm
Диаметр вх. зрачка	50mm
Разрешение	640 x 480
Дистанция до цели	3300mm
Поле зрения (горизонтальное)	55°

Настройка камеры

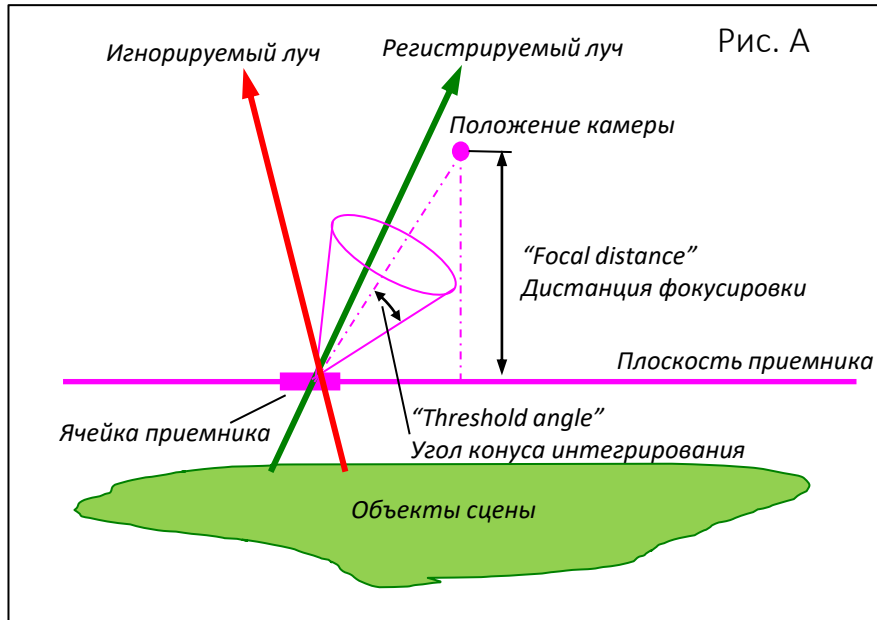
Загружаем сцену “data\initial.iof”:

1. Открыть “Camera Properties” диалог (например из контекстного меню в окне просмотра сцены (viewport));
2. Включить “Keep target point ...” для удержания направления камеры;
3. Установить координаты точки “Target” (0mm; 0mm; 0mm), см. предыдущий слайд (точка фокусировки);
4. Установить “Origin” = (-910.77mm; -2915.73; 1248.6mm), см. положение камеры яркомера на предыдущем слайде;
5. Убедитесь, что “Distance” $\cong 3300\text{mm}$;
6. Настройте вращение камеры аналогично изображению с реальной измерительной камеры с помощью “Twist angle” ($= 0^\circ$, в данном примере), затем нажмите “Ok”.
7. В закладке “Projection” установить View Angle = 55° (= FOV) в направлении “horizontal”;
8. Поместить настроенную камеру в notebook.



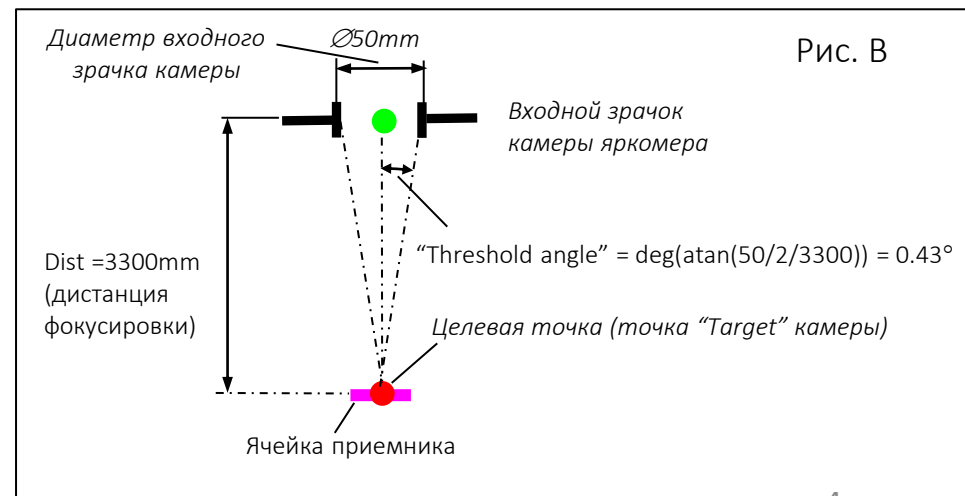
2D распределение яркости с использованием модели фотоприемника “plane observer”

Данный способ моделирования распределения яркости является приближительным, по крайней мере, в случае, когда наблюдатель находится на конечном расстоянии. Метод очень прост, но крайне неэффективен в случаях, когда эффективность системы невелика (количество лучей, детектируемых наблюдателем, мало по сравнению с общим количеством трассируемых лучей). Другая проблема подхода - он работает немного иначе, чем реальный измерительный прибор, см. Рис. А :



На рис. А показано, как работает модель плоского приемника яркости при отключении «ортогональной» проекции. Оба параметра “attached to all parts” и “occlusions” включены. Это дает приближение к реальным условиям измерения. Из рисунка видно, что приемник накапливает лучи в каждой конкретной ячейке, которые помещаются внутри конуса, созданного относительно направления наблюдения и в пределах заданного угла наблюдения. Для приближения результатов к реальности угол обзора должен быть очень маленьким (1-2° или даже меньше). Кроме того, этот угол разный для каждого направления наблюдения. Попробуем определить его для «целевой» точки, см Рис. В.

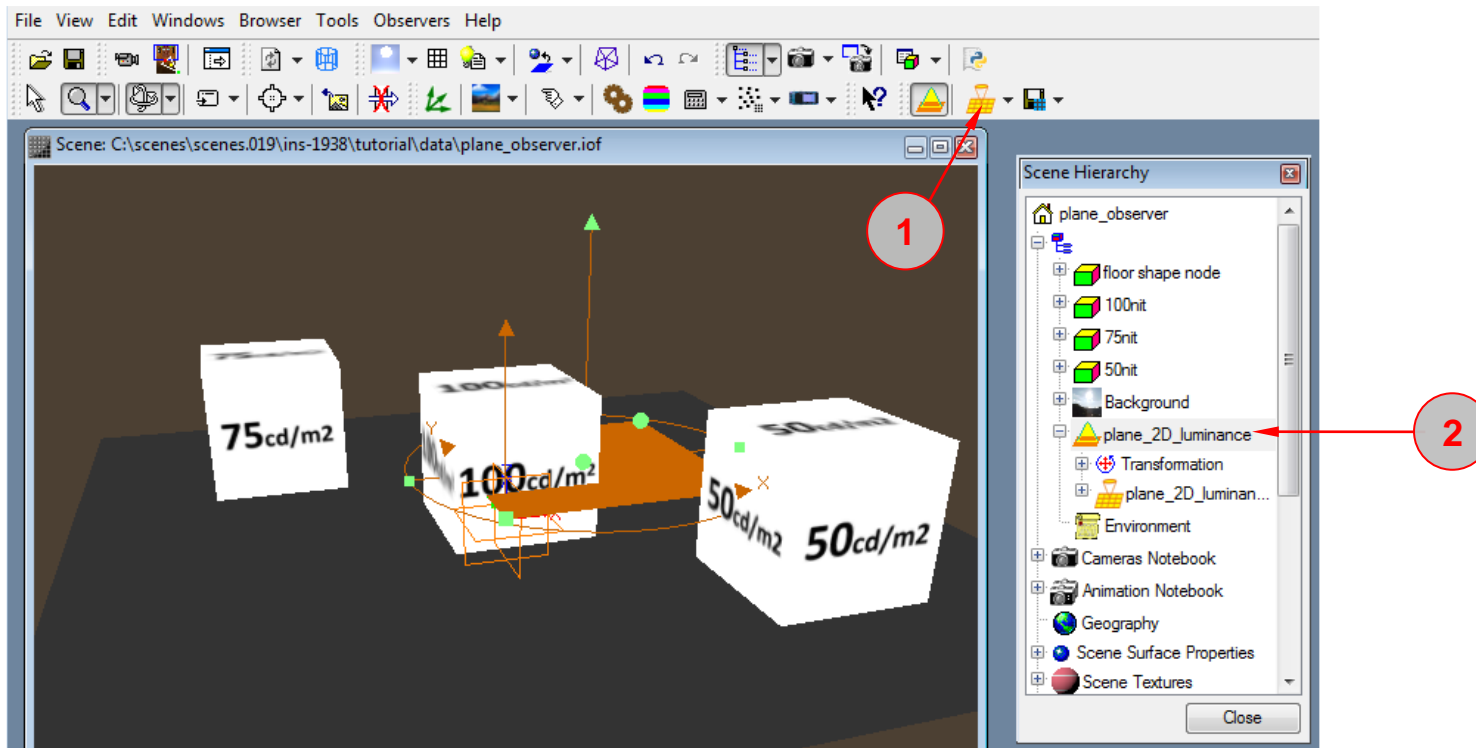
На рис.В представлена примерная схема расчета угла поля зрения для центрального направления наблюдения (до целевой точки) исходя из дистанции фокусировки и диаметра вх. зрачка. Как видим, это очень маленькое значение = 0.43°. Эти значения будут разными для разных направлений наблюдения, снятых камерой. В любом случае мы не можем указать эти настройки точно, поскольку поддерживается только постоянный угол, поэтому укажем угол = 1°. В нашем случае с диффузным излучением его можно установить больше (5, 10°), в то время как для сцен с очень неравномерным излучением спецификация малого угла может быть важна.



Добавление в сцену модели фотоприемника “plane observer”

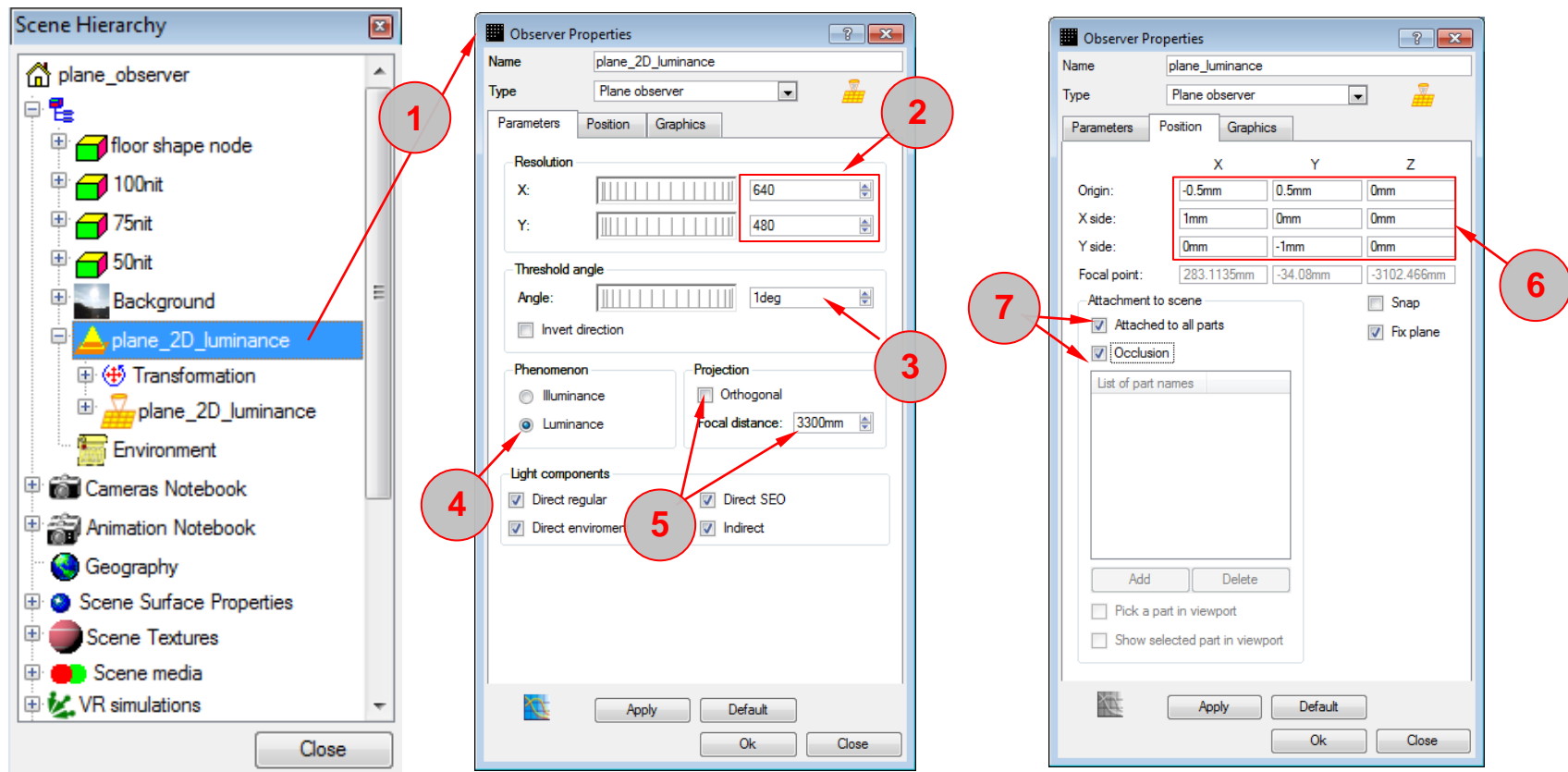
У плоского приемника есть гибкий инструмент для определения своего местоположения в пространстве, и он отличается от спецификации камеры. Однако мы можем унифицировать его, задавая приемник в 2 этапа: 1-й - это задание приемника в канонической системе координат, аналогичной камере - когда все углы вращения (вокруг осей X, Y, Z) равны нулю, и 2-й - реальное позиционирование с “ transformation”, таким же, как для камеры и любых других объектов в Lumiccept.

1. “Add Plane Observer”;
2. Редактируем имя объекта, например “plane_2D_luminance”;



Назначение параметров “plane observer”

1. Открываем диалог “Observer Properties”;
 2. В закладке “Parameters” задаем его разрешение = 640 x 480 (= разрешение реальной камеры);
 3. Устанавливаем пороговое значение угла “Threshold angle” = 1° (как определили на слайде 4).
 4. Назначаем расчетную характеристику “Luminance”;
 5. Выключаем “Orthogonal” и задаем дистанцию фокусировки = 3300mm.
 6. В закладке “Position”: задаем “Origin” = (-0.5mm; 0.5mm; 0mm); “X Side” = (1mm; 0mm; 0mm); “Y Side” = (0mm; -1mm; 0mm).
- Такая спецификация позволит использовать параметры преобразования таким же образом, как мы указали для камеры. Размеры приемника установлены 1 x 1. Это сделано намеренно, чтобы указать реальные размеры непосредственно с помощью инструмента трансформации в качестве масштаба.
7. Включаем “Attached to all part” и “Occlusion”



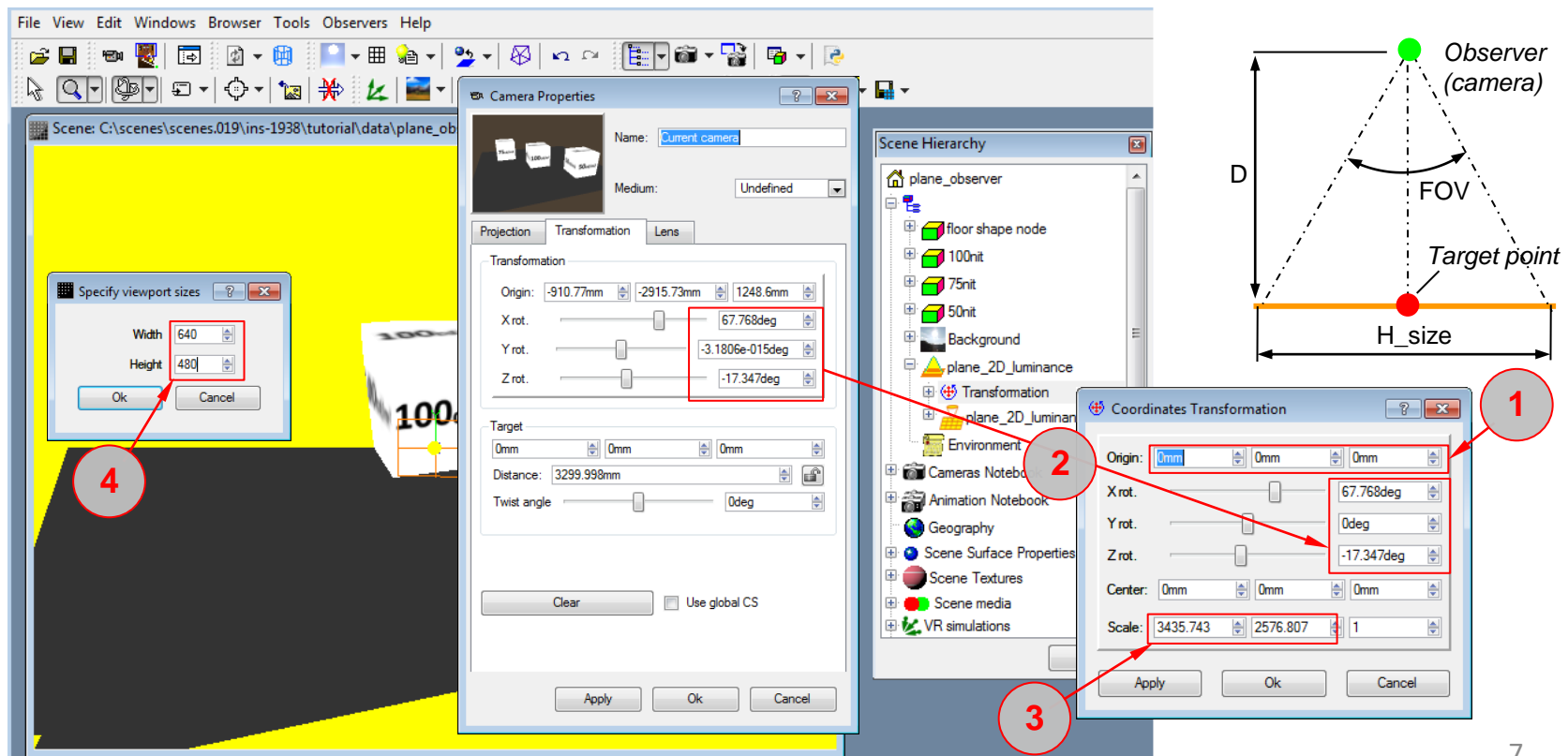
Назначение параметров “plane observer”

Чтобы завершить задание, нам нужно знать размер области наблюдения = размер объекта, снятого камерой яркомера. Для этого можно использовать 3 входных параметра камеры: “Distance” до цели: $D = 3300\text{mm}$; Поле зрения (горизонтальное): $\text{FOV} = 55^\circ$; Разрешение камеры: $h \times v = 640 \times 480$. Таким образом, размеры объекта, захваченного камерой, можно рассчитать как:

$$H_size = 2 * D * \tan(\text{FOV} / 2) = 2 * 3300 * \tan(55/2) = 3435.743\text{mm}$$

$$V_size = H_size * v / h = 2576.807\text{mm}$$

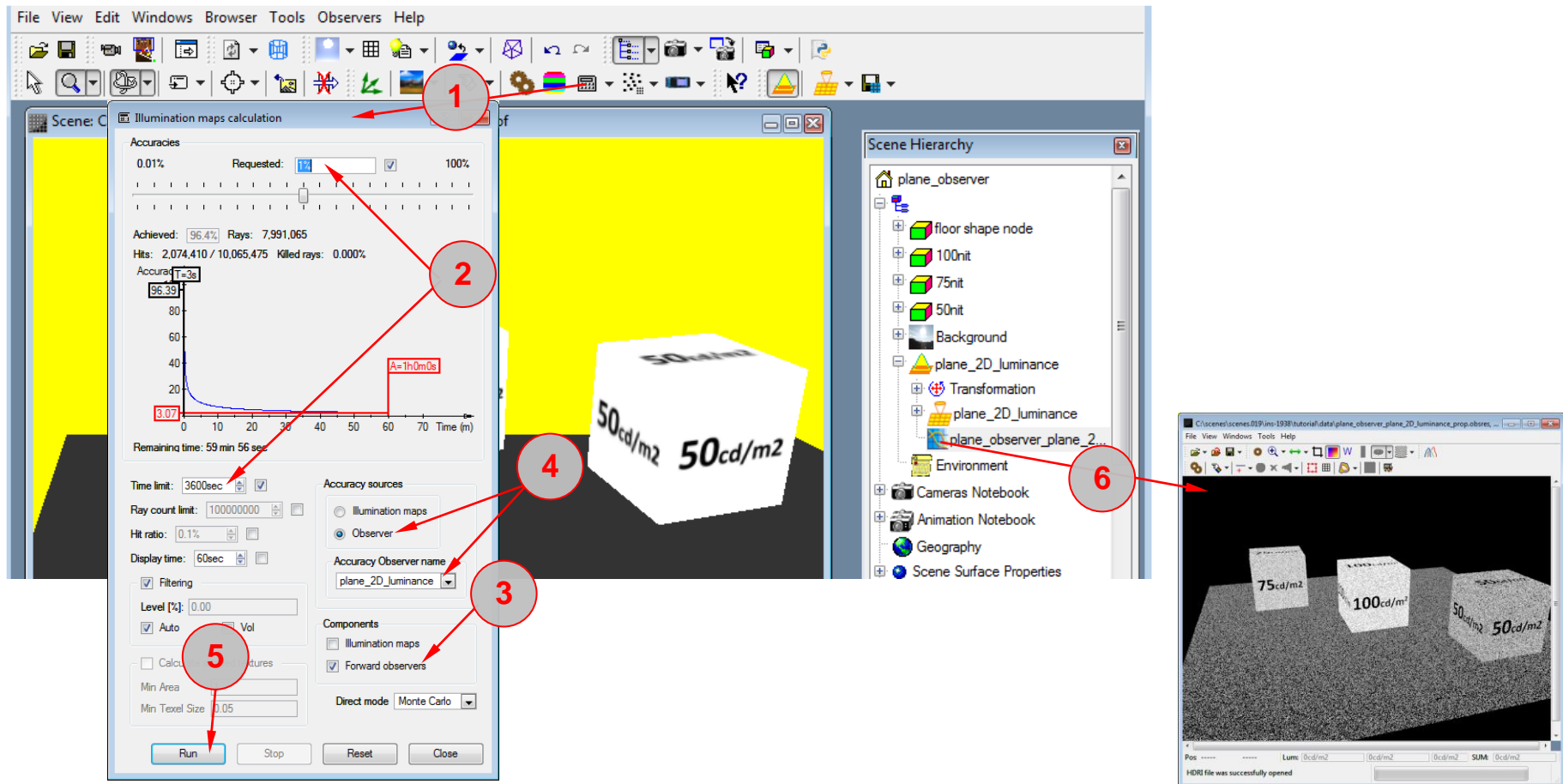
1. В “Coordinates Transformation” приемника задаем координаты “Origin” (точка “Target” в схеме на сл.2) = (0mm; 0mm; 0mm)
2. Задаем углы вращения те же, что и для камеры: “X rot.” = 67.768deg; “Y rot.” = 0deg; “Z rot.” = -17.347deg;
3. В “Scale” задаем размеры приемника: 3435.743mm and 2576.807mm;
4. Спецификацию можно проверить с помощью настройки разрешения области просмотра с тем же значением, которое было установлено для приемника / камеры (или с тем же соотношением сторон (можно сделать с помощью контекстного меню в области просмотра). Приемник должен охватывать размеры области просмотра.



Расчет распределения яркости

Запускаем расчет MCRT:

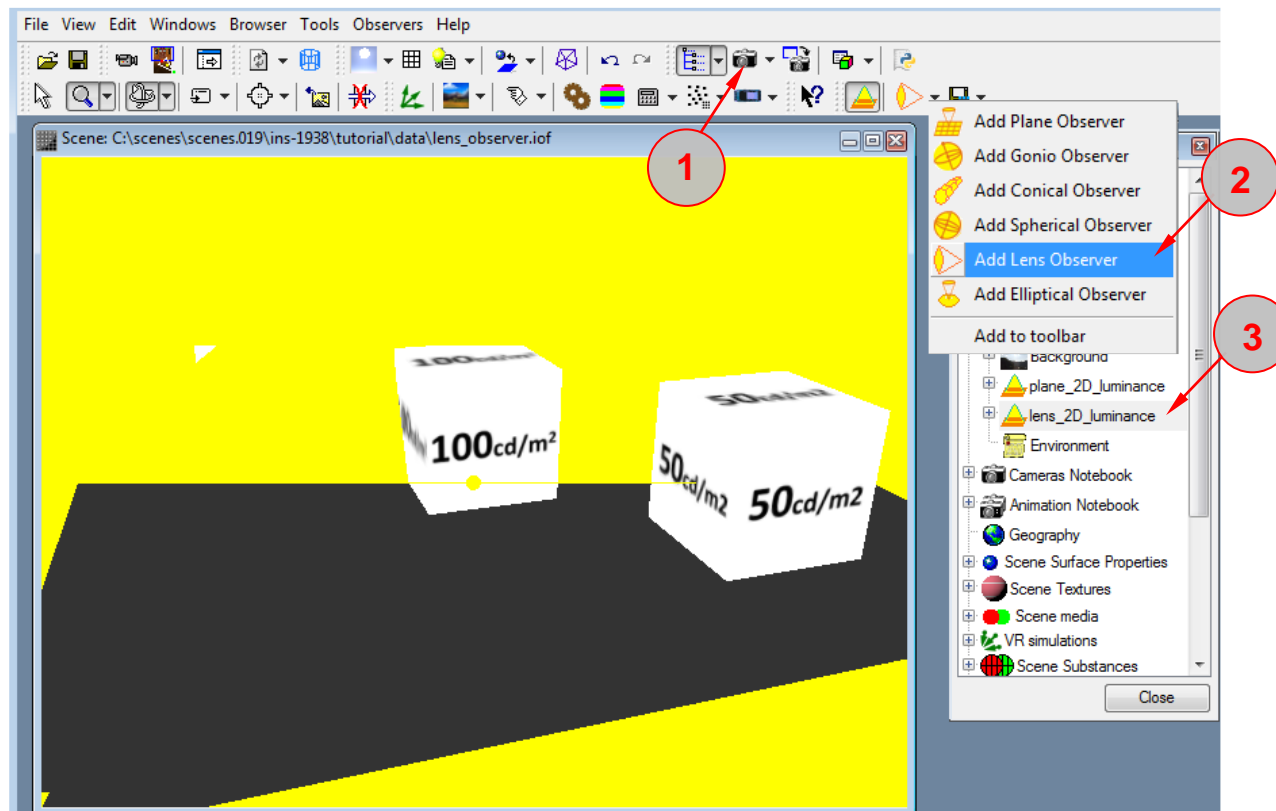
1. Открыть диалог "Illumination maps calculations";
2. Задаем критерии остановки расчета ("inaccuracy" и "time");
3. Включаем компонент "Forward observers";
4. Селектируем "plane_2D_luminance" как источник точности;
5. Запускаем расчет;
6. Смотрим распределение яркости рассчитанное на плоском приемнике с помощью LumiVue.



Моделирование 2D распределения яркости с использованием модели фотоприемника “lens observer”

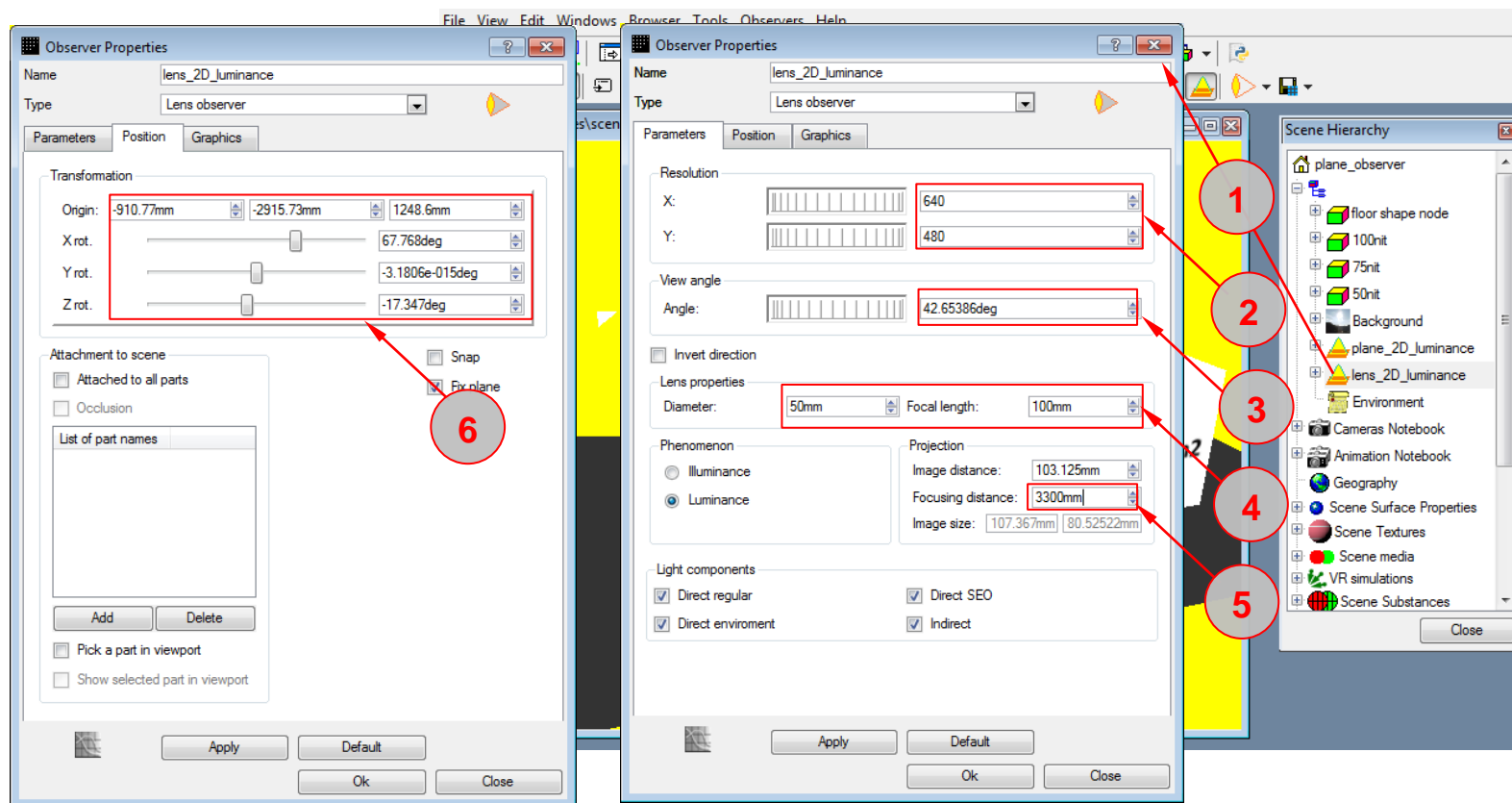
Следующий подход к моделированию 2D распределения яркости - это использование MCRT с детектированием лучей приемником типа «lens observer». Этот подход очень близок к реальной измерительной камере с точки зрения задания параметров. Преобразование лучей здесь аналогично реальному устройству, но используется приближение «идеальной» линзы. Основным недостатком этого способа является крайне низкая эффективность, особенно для больших сцен, относительно размера входного зрачка объектива или слишком удаленного от сцены приемника. Обратите внимание, что “lens observer” задается в соответствии с камерой, которая находится в сцене, поэтому лучше настроить заранее. Таким образом, можно использовать заранее подготовленную сцену. Воспользуемся последней с заданным плоским приемником, поскольку обе модели могут быть рассчитаны одновременно.

1. Проверим параметры камеры (если вы сохранили ее в блокноте, примените ее для вьюпорта);
2. “Add Lens Observer”;
3. Зададим имя ‘lens_2D_luminance’



Настройка параметров “lens observer”

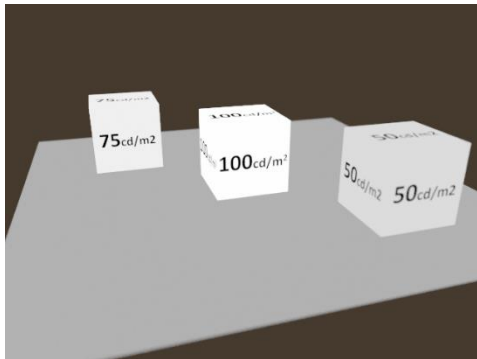
1. Открываем диалог с параметрами “lens observer”;
2. Убедимся, что разрешение приемника = 640 x 480;
3. Угол поля зрения линзового приемника задаем как вертикальное поле зрения (FOV). Его можно рассчитать на основании данных на слайде 7: $FOV (vertical) = 2 * degrees(atan(V_size / 2 / D)) = 42.65deg$. Убедимся, что правильное значение было установлено по умолчанию.
4. Задаем параметры линзы: “diameter” = 50mm; “Focal length” = 100mm (входные данные на слайде 3);
5. Задаем дистанцию фокусировки = 3300mm;
6. Убедитесь, что все параметры трансформации линзового приемника соответствуют параметрам настроенной камеры:
Origin = (-910.77mm; -2915.73mm; 1248.6mm) and “X rot.” = 67.768deg; “Y rot.” = 0deg; “Z rot.” = -17.347deg.
Задание линзового приемника завершено. Расчет осуществляется так же, как описано на 8-м слайде.



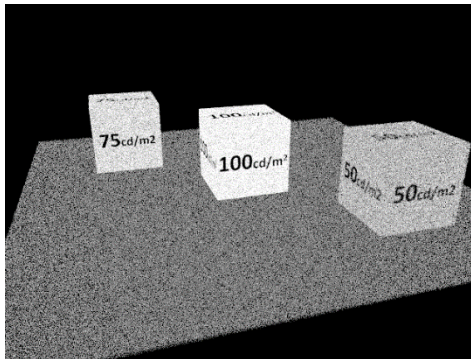
Результаты моделирования

Результаты моделирования двухмерного распределения яркости, визуализированные с помощью LumiVue. Для сравнения представлено распределение яркости, полученное измерительной камерой.

Действительное распределение яркости



FMCRT (plane observer)
(Продолжительность расчета
10 часов)



FMCRT (lens observer)
(Продолжительность расчета
10 часов)

