

1. Определение яркости отраженного излучения

Цель: создать проект для моделирования процесса получения изображения и реализовать расчет одного из радиометрических показателей.

Порядок выполнения задания

Светлота пикселя изображения является функцией от положения поверхности, ее отражательной способности и освещения. Для работы с аргументами этой функции необходимо разобрать некоторые понятия из геометрии и радиометрии.

Телесный угол dw измеряется в стерадиан (ср) (рис. 1).

$$dw = \frac{dA'}{r^2} = \frac{dA \cos\theta}{r^2}$$

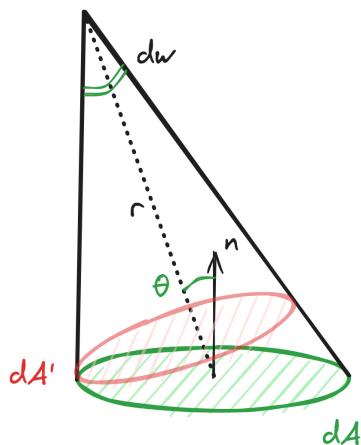


Рис. 1. Телесный угол dw

Поток Φ (Flux) измеряется в ваттах (Вт), также известный как мощность, представляет собой общее количество энергии, проходящей в единицу времени.

$$\Phi = \frac{dQ}{dt},$$

где $Q = \frac{hc}{\lambda}$ - энергия в джоулях (Дж) и рассчитывается через скорость света c , постоянную Планка h и длину волны λ .

Сила излучения/интенсивность (Radiant intensity) I измеряется в Вт/ср².

$$I = \frac{d\Phi}{dw}$$

Облученность (Irradiance) характеризует поверхностную плотность мощности излучения, падающего на поверхность. Измеряется в Вт/м².

$$E = \frac{d\Phi}{dA} = \frac{Idw}{dA} = \frac{I \frac{dA \cos \theta}{r^2}}{dA} = \frac{I \cos \theta}{r^2}$$

В случае точечного источника излучения облученность изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

$$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$$

Энергетическая яркость (Surface Radiance) — это отношение потока излучения, переносимого в элементарном пучке лучей, проходящем через данную площадку и распространяющемся в телесном угле dw , содержащем данное направление, к площади проекции этой площадки на плоскость, перпендикулярную направлению распространения, и величине телесного угла. Измеряется в Вт/(м²ср) (рис. 2).

$$L = \frac{d^2\Phi}{(dA \cos \theta_o) dw}$$

Если дана яркость, то остальные радиометрические значения можно вычислить интегрированием яркости по площадям и направлениям. Также яркость остается постоянной вдоль лучей, про-

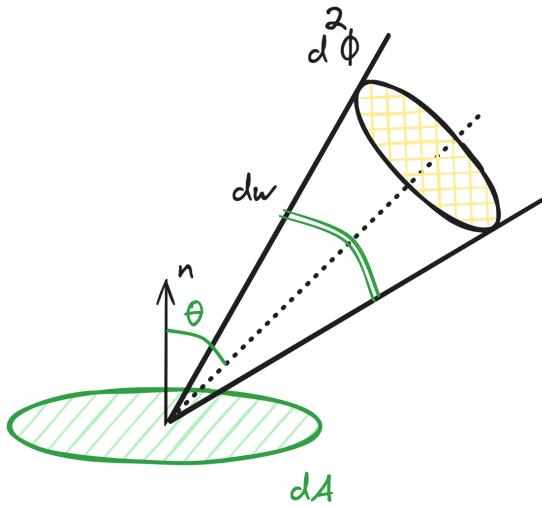


Рис. 2. Энергетическая яркость

ходящих через пустое пространство. Поэтому чаще всего используется именно эта величина.

Чтобы получить значение светлоты пикселя в изображении нам необходимо установить зависимость между облученностью источником в его направлении и яркостью в направлении источника.

Предположим, нам дано направление входящего света, w_i , и направление исходящего отраженного света, w_o , каждое из которых определено относительно небольшого элемента поверхности. BRDF (Двулучевая функция отражательной способности (ДФОС) Bidirectional Reflectance Distribution Function) определяется как отношение количества отраженного света в направлении w_o к количеству света, попадающего на поверхность из направления w_i . Для наглядности назовем количество света, отраженного от поверхности в направлении w_o , L_o , а количество света, приходящего с направления w_i , E_i . Где E - облученность (Irradiance) Вт/м², L - энергетическая яркость (Radiance) Вт/(м² ср).

$$BRDF : f = \frac{L_o}{E_i}$$

Двулучевая функция отражательной способности неотрицательна $BRDF > 0$.

Для решения этой задачи воспользуемся Ламбертовым отражением. Незеркальная, или матовая, поверхность является диффузных отражателем, и количество энергии, отраженного под определенным углом от нормали к поверхности, пропорционально косинусу угла падения θ_i , а BRDF является константой.

$$BRDF : f = \frac{c}{\pi},$$

где c - альбедо, иногда обозначается ρ_d .

Результаты выполнения задания

Jupyter Notebook с реализованным расчетом L_o и тремя графиками, показывающими спектральные распределения для L_o , E_i и c . У графиков должны быть названия, подписаны оси, единицы измерения. Для работы над заданием вы можете использовать Python, сервис Google colab и библиотеки Numpy и Matplotlib.

В качестве спектрального распределения мощности Φ можно ориентироваться на значения на рисунке 3.

Для каждой длины волны рассчитываете облученность для случая точечного источника. Расстояние r до поверхности вы задаете самостоятельно.

Альбедо c также задайте через распределение по спектру в диапазоне 370-730 нм. В результате у вас будет двулучевая функция отражательной способности для Ламбертова отражения, что позволит вам рассчитать L_o .

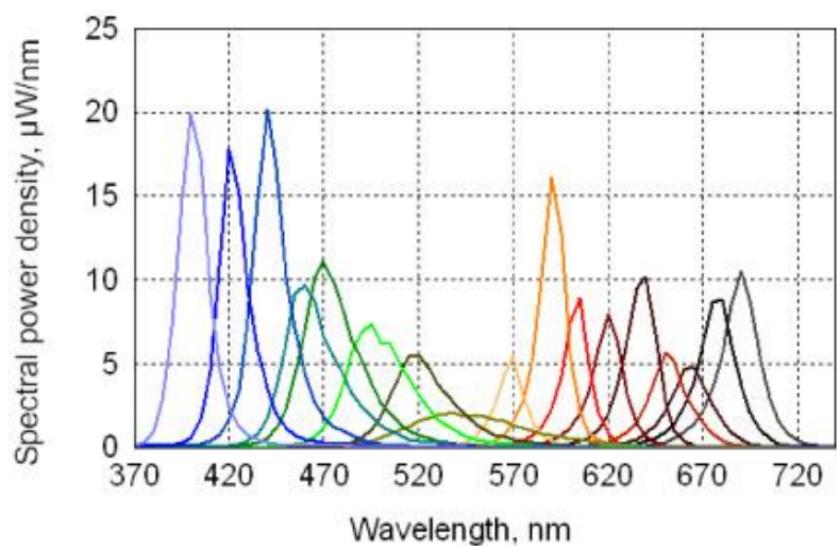


Рис. 3. Спектральные распределения мощности для светодиодов