

Свет, цвет и альбедо

Отчет о лабораторной работе №3

Насилков Георгий, Копцев Савелий, Жданов Максим

Группа Б03-501

Введение: Цель и Задачи

Цель работы

Определить спектральную зависимость истинного альbedo матовых поверхностей различных цветов в видимом диапазоне (380-780 нм) с использованием компьютерной системы регистрации излучения.

Основные задачи

- Освоить технику получения спектральных изображений с _Raspberry Pi_.
- Выполнить спектральную калибровку системы.
- Провести измерения интенсивности света от лампы накаливания, отраженного от поверхностей (белый, красный, желтый, зеленый, синий).
- Обработать данные и рассчитать зависимость альbedo от длины волны.

Теория: Природа Света

Свет — это электромагнитное излучение. Его ключевая характеристика — длина волны или частота. Солнечный спектр, достигающий Земли, включает волны от 290 нм до 20000 нм.

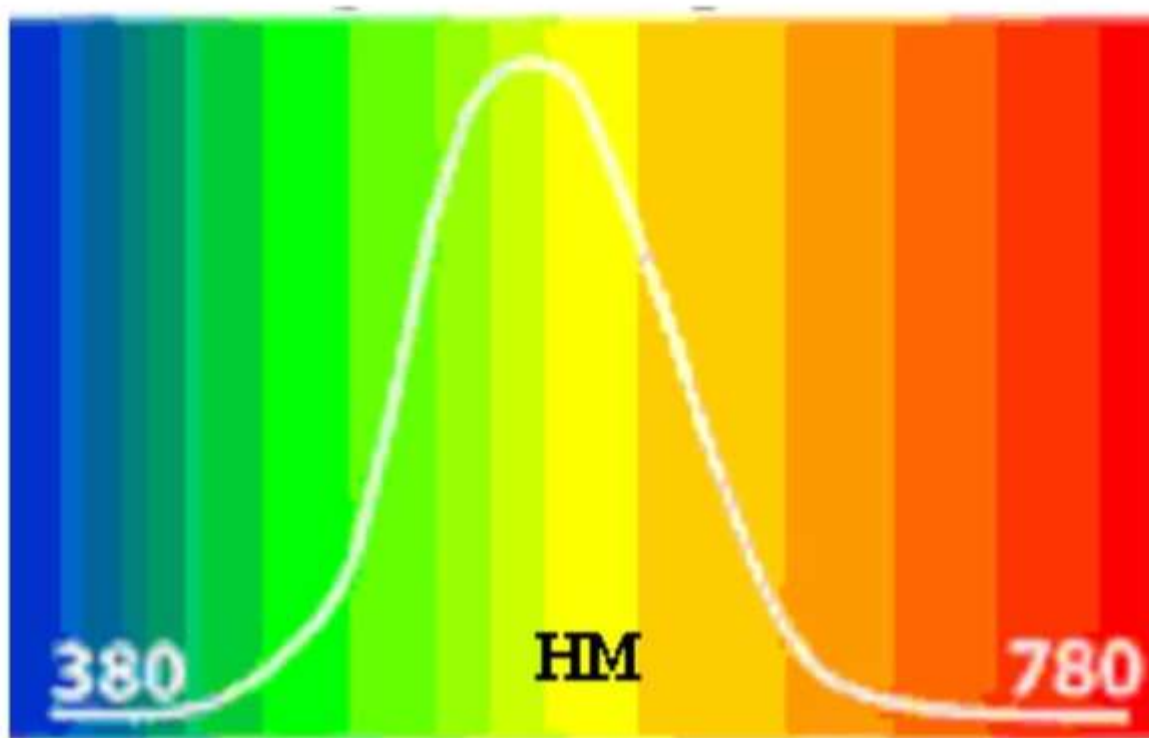
Непрерывный спектр содержит все частоты, плавно переходящие друг в друга. Его дают раскаленные тела, жидкости, плотные газы и плазма. В оптической области он представлен семью основными цветами.

Видимая часть спектра (380-780 нм) вызывает различные зрительные ощущения в зависимости от длины волны.



Рисунок 1: Электромагнитный спектр

Восприятие Света и Альбедо



На Рисунке 2 показана кривая спектральной чувствительности человеческого глаза. Самым ярким кажется излучение около 555 нм (желто-зеленая часть).

МКО ввело понятие «стандартного наблюдателя» для усредненного оптического восприятия. Яркость, измеренная по этому эталону, называется фотометрической яркостью.

Рисунок 2: Фотометрическая кривая (МКО)

Альбедо — это доля падающего потока излучения, отраженная от поверхности. Истинное альбедо — отношение света, отраженного матовой поверхностью во всех направлениях, к падающему свету.

Виды Альбедо и Спектры



Линейчатые спектры

Нагретые разреженные газы излучают линейчатые спектры, содержащие дискретный набор частот. Например, атомы паров ртути при электрическом разряде.



Истинное альбедо

Отношение количества света, отраженного по всем направлениям матовой поверхностью, к количеству света, упавшего на нее.



Зависимость от длины волны

Альбедо изменяется с длиной волны, так как доля отражаемого света зависит от цветовых свойств поверхности.



Монохроматическое альбедо

Измеряется для разных спектральных диапазонов (оптическое, УФ, ИК) и для отдельных длин волн.

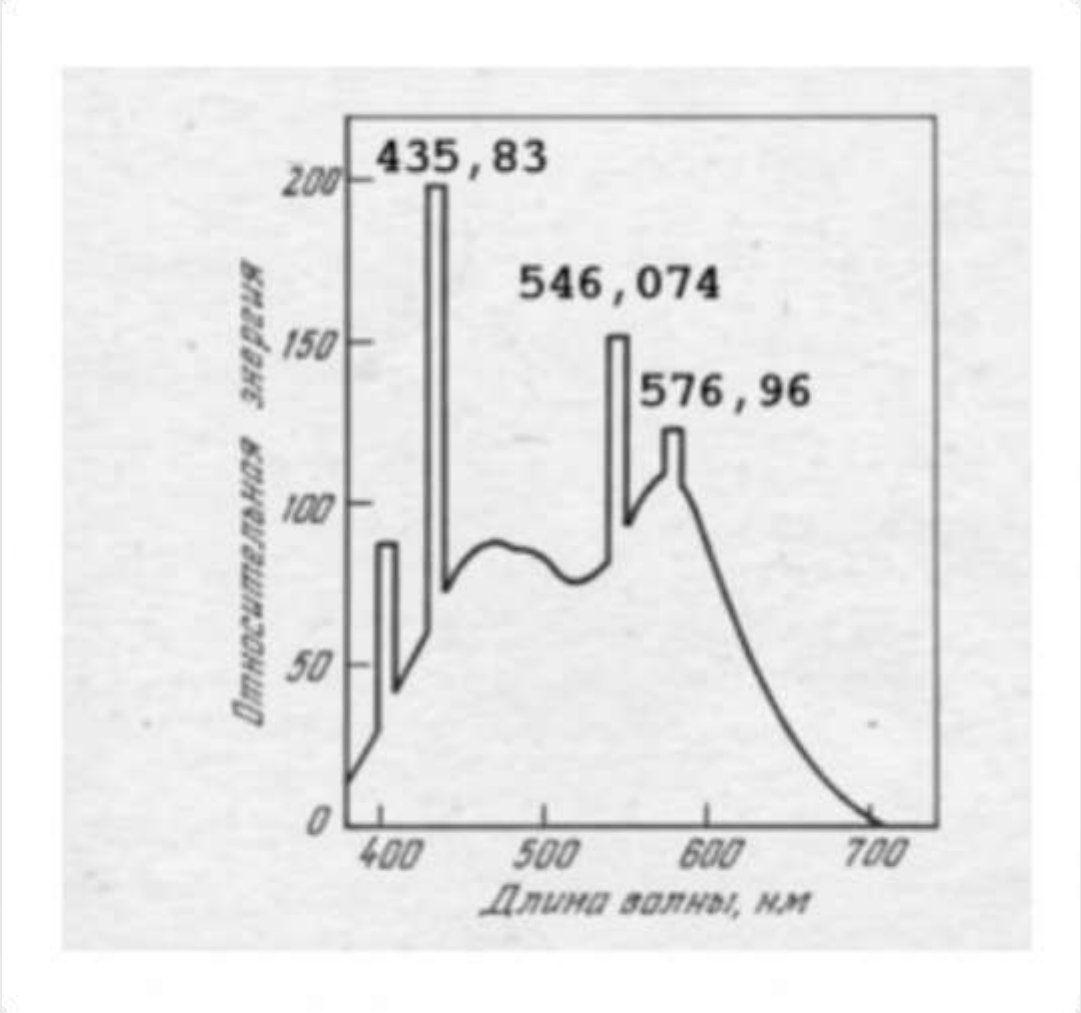


Рисунок 3: Спектральная зависимость люминесцентной лампы дневного света

Экспериментальная Установка



Ключевые элементы:

Источник света: Лампа накаливания и ртутная лампа для калибровки.

Исследуемая поверхность: Матовые образцы бумаги (белый, красный, желтый, зеленый, синий).

Спектральный элемент: Дифракционная решетка.

Система регистрации: Модуль `_picamera_` на `_Raspberry Pi_`.

Управляющий компьютер: Для управления камерой и сохранения данных.

Рисунок 4: Внешний вид экспериментальной установки

Описание Эксперимента: Калибровка

01

Регистрация эталонного источника

Включаем ртутную лампу, отражаем её излучение от белого матового листа бумаги и фотографируем спектр с четкими линиями известной длины волны.

02

Настройка камеры

Тщательно настраиваем яркость и контраст камеры через управляющий скрипт, чтобы избежать пересвета и обеспечить максимальную четкость спектральных компонентов.

03

Программная обработка

После получения оптимального изображения переходим к программной обработке для установления точной зависимости между номером пикселя и длиной волны.

Обработка Данных: Методика

Обрезка и преобразование

Каждая фотография спектра обрезалась до полезной области. Спектральное изображение преобразовывалось в одномерный вектор интенсивностей.

Сопоставление с эталоном

Полученные пики были сопоставлены с известными эталонными длинами волн ртути.

Измерение интенсивности

Интенсивность отражения для каждого цветного образца была измерена и откалибрована.

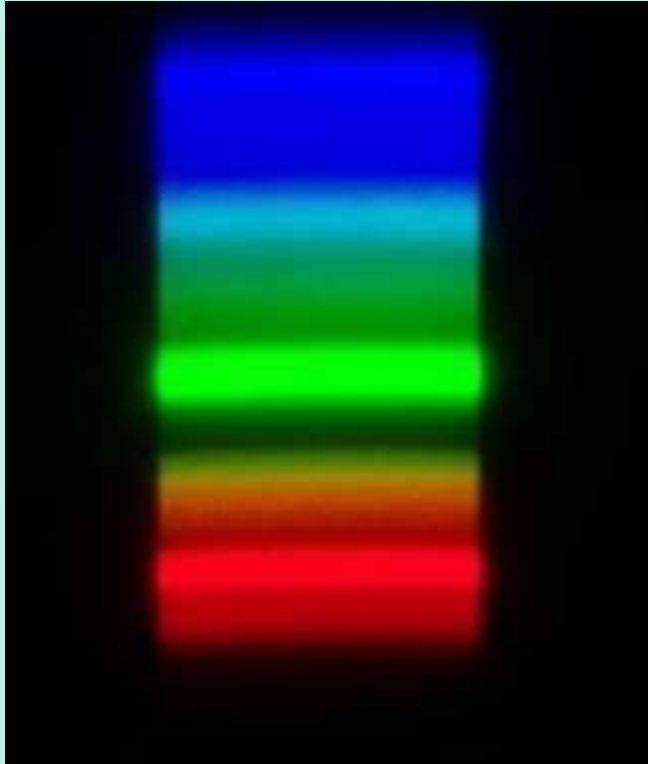
Идентификация пиков

На спектре ртутной лампы были идентифицированы яркие пики интенсивности.

Калибровочная зависимость

Получена зависимость $\lambda = a \cdot n + b$ для перевода из шкалы пикселей в шкалу длин волн.

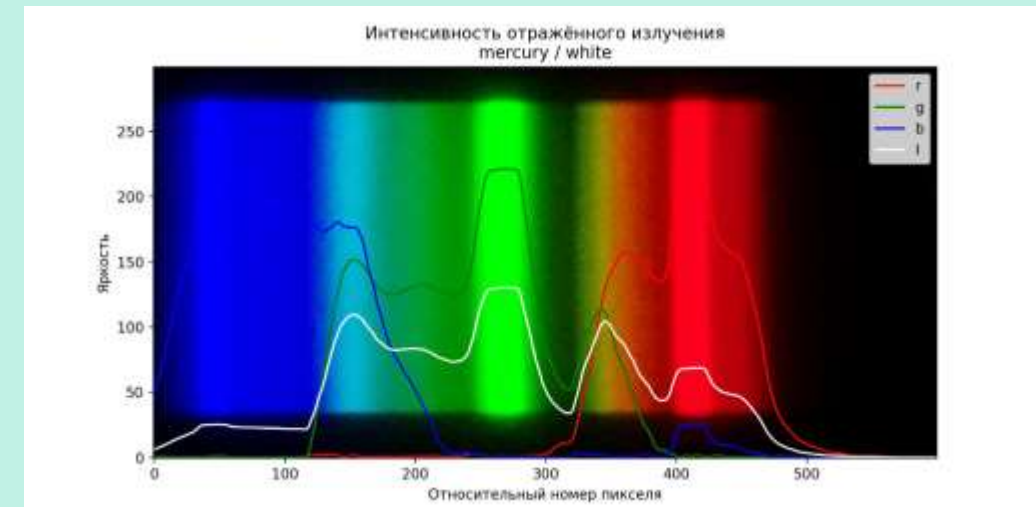
Результаты Эксперимента:



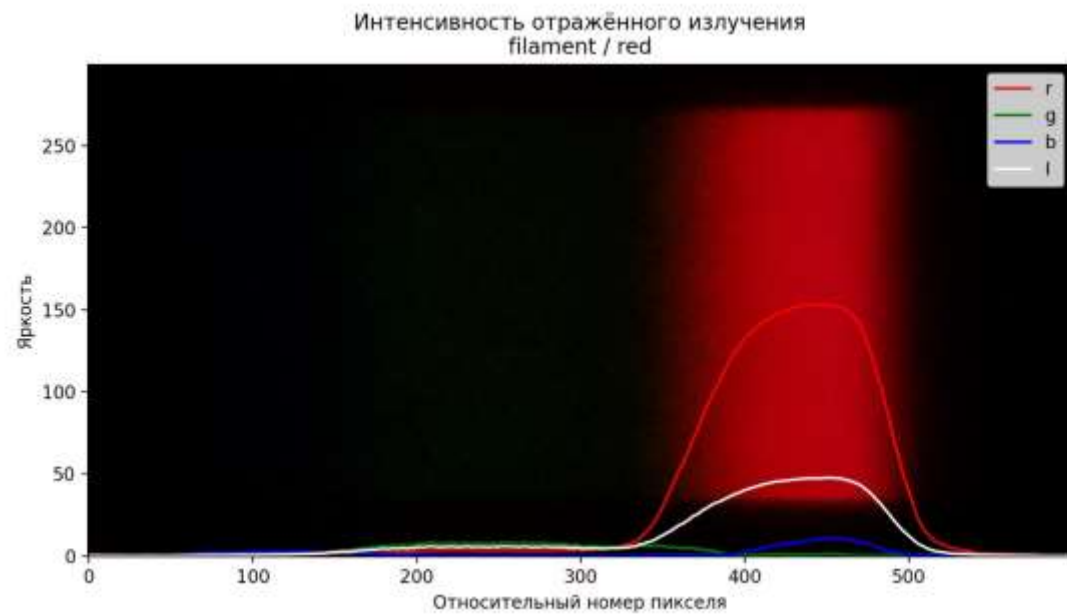
Камера фиксировала изображения, подобные тому что представлено на этой фотографии



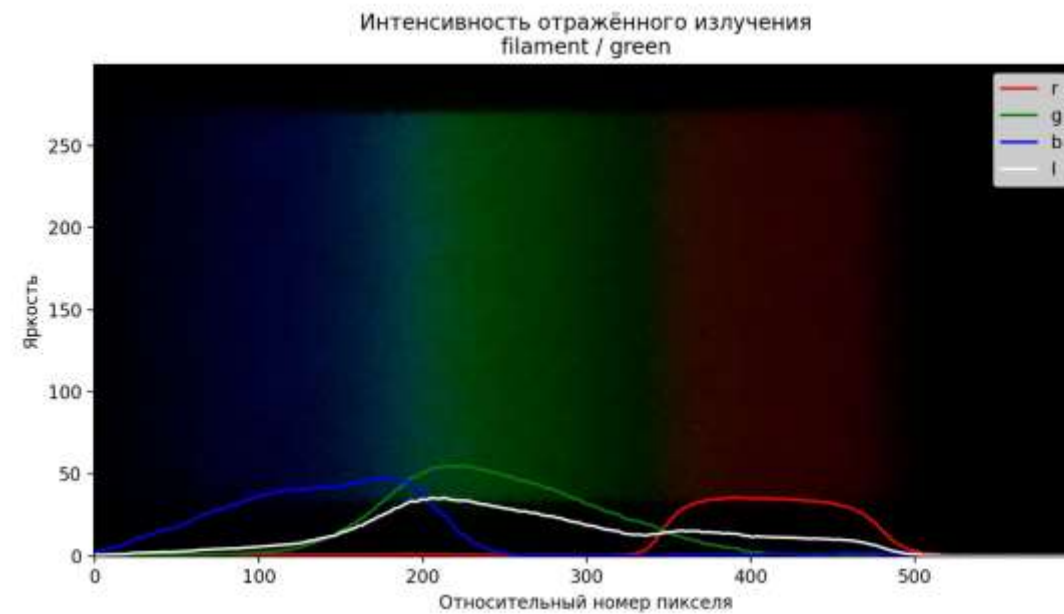
Интенсивность отраженного излучения ртутной лампы от белого листа:



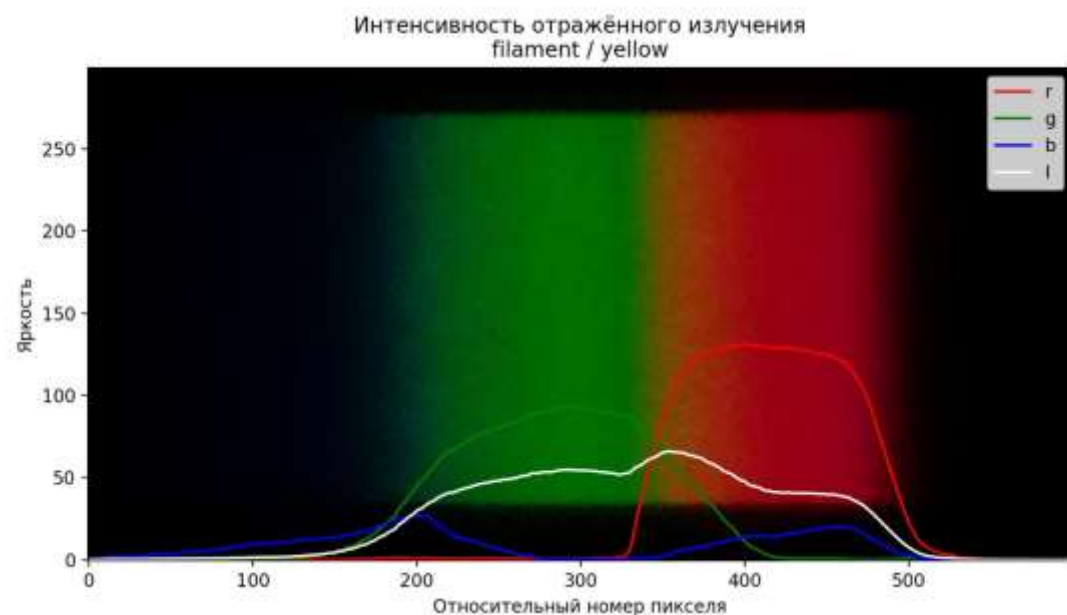
Результаты Эксперимента:



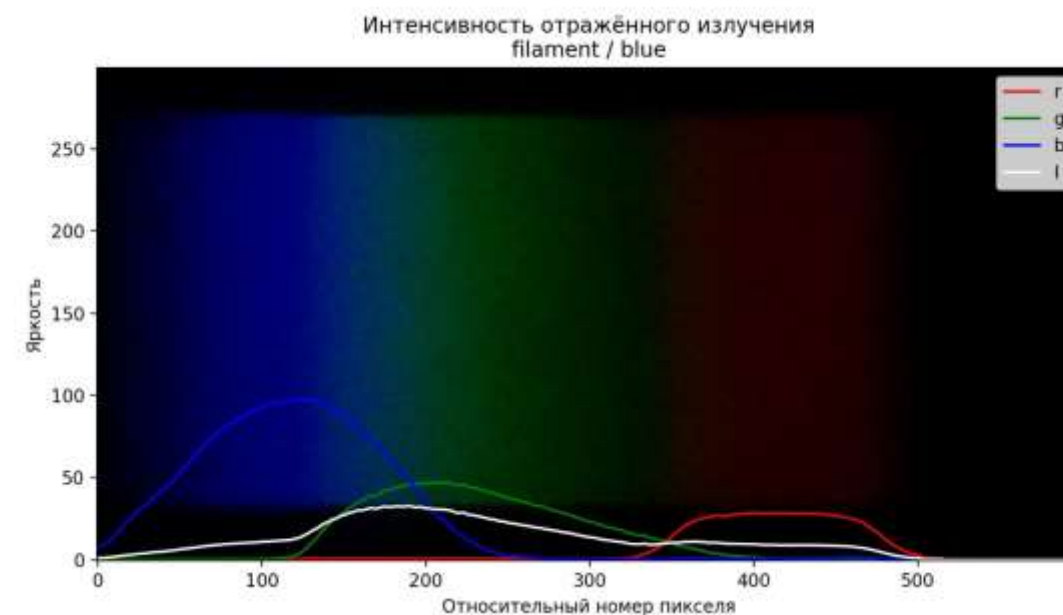
Интенсивность отраженного света (лампы накаливания) от красного листа



Интенсивность отраженного света от зеленого листа

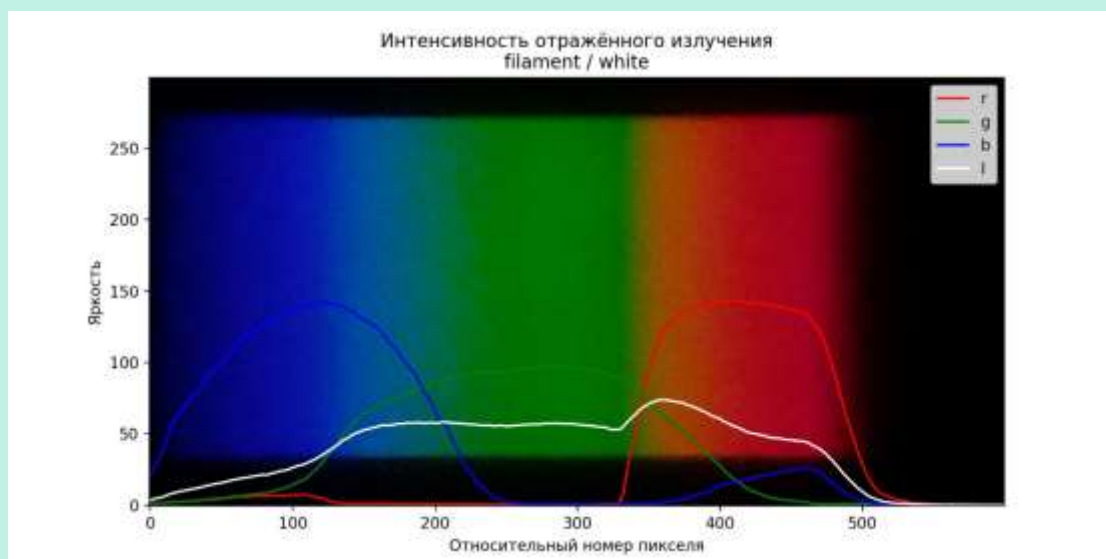


Интенсивность отраженного света от желтого листа

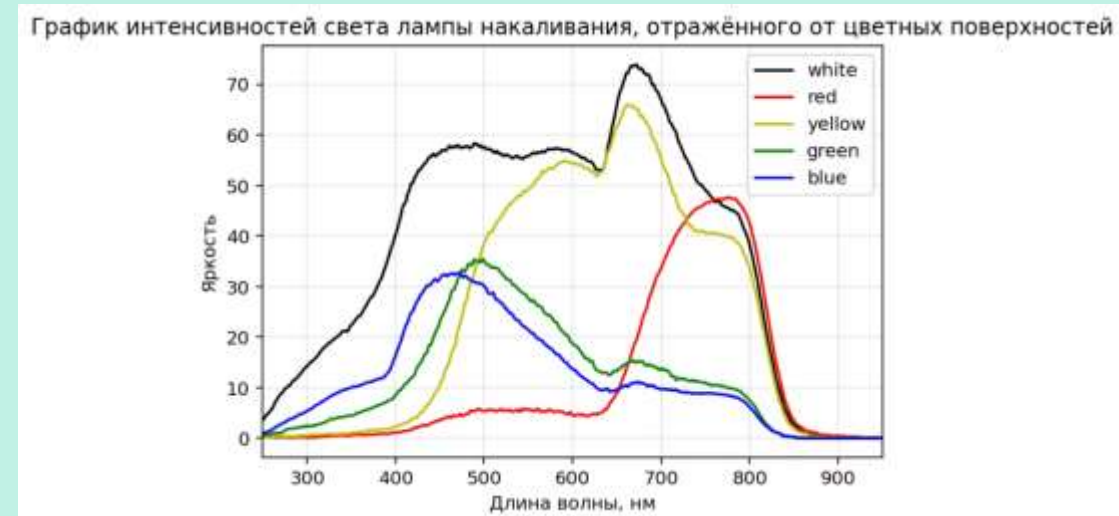


Интенсивность отраженного света от синего листа

Результаты Эксперимента:

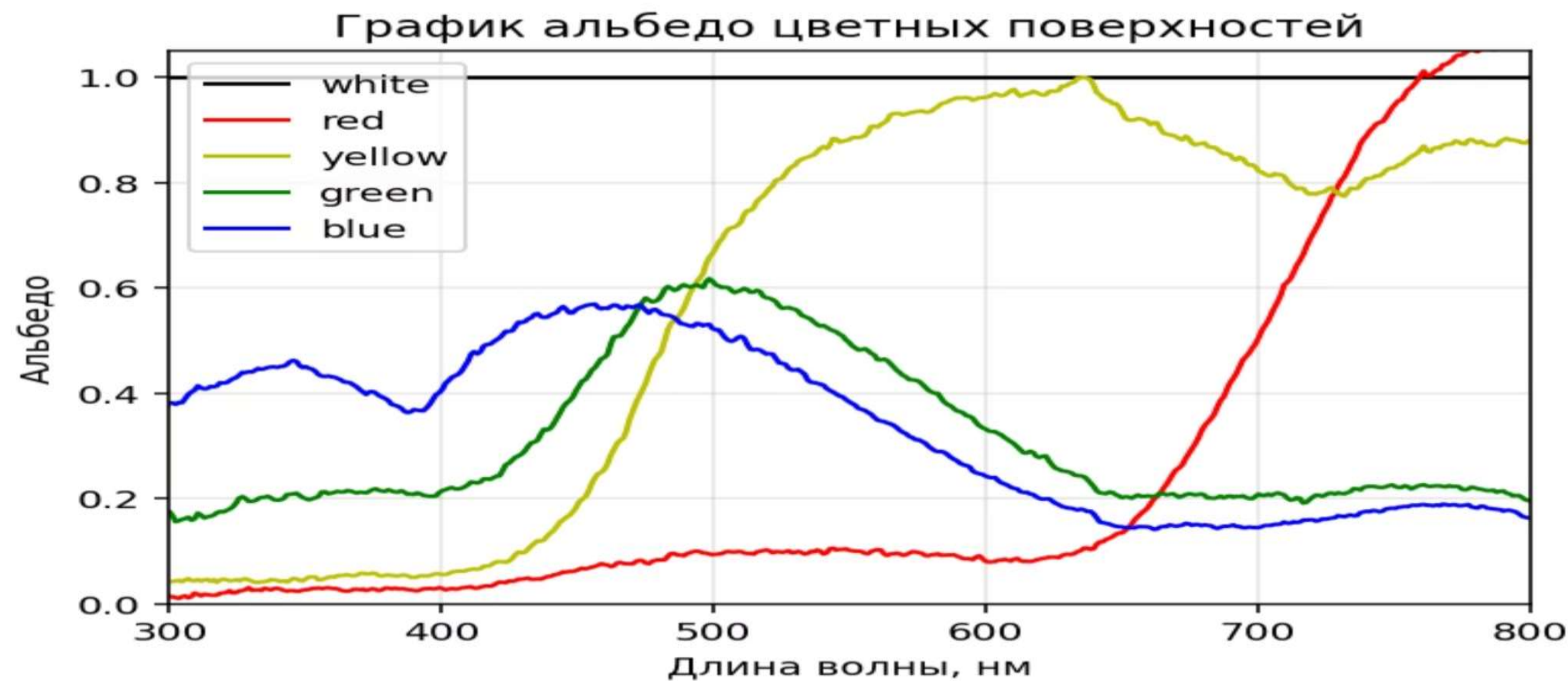


Интенсивность отраженного света (лампы накаливания) от белого листа



Интенсивности света лампы накаливания, отраженного от цветных поверхностей (после калибровки)

Результаты Эксперимента: График Альбеда



Вывод: Зависимость Альбедо



Изучено спектральное альбедо

Успешно изучена зависимость истинного спектрального альбедо матовых поверхностей от их цвета в видимой области спектра.



Пики альбедо

Спектральное альбедо цветной поверхности достигает максимальных значений в узком диапазоне длин волн, соответствующем ее визуальному цвету.



Соответствие физике

Полученные зависимости (например, для зеленого образца пик альбедо в области 510–520 нм) соответствуют физическим представлениям о природе цвета.