

УДК 535.241.5

ФОТОМЕТРИЯ. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ФИЗИКИ

Гаврушко В.В., Сапожников А.А.

*ГОУ ВПО «Новгородский Государственный университет им. Ярослава Мудрого»,
Великий Новгород, e-mail: Valery.Gavrushko@novsu.ru*

В работе дано описание макета студенческой лабораторной установки для изучения законов фотометрии. Установка выполнена с использованием современных источников, фотоприёмников и методов регистрации оптического излучения. При небольших размерах лабораторного макета обеспечивалась хорошая точность измерений. Положительной особенностью предлагаемой установки являлась возможность проведения исследований без создания искусственного затемнения, при естественном освещении. Разработано методическое описание, позволяющее выполнять большой объем учебных задач. В статье даны примеры получаемых результатов.

Ключевые слова: фотометрические единицы, установка, функция видности, поверхность Ламберта

PHOTOMETRY. LABORATORY WORK ON THE GENERAL COURSE OF PHYSICS

Gavrushko V.V., Sapozhnikov A.A.

Novgorod State University. Veliky Novgorod, e-mail: Valery.Gavrushko@novsu.ru

The work describes the layout of the student laboratory plant to study the laws of photometry. Installation is made using contemporary sources, photodetectors and optical radiation registration methods. At small sizes the lab layout has good accuracy. A positive feature of the proposed plant was able to do research without creating artificial darkening, in natural light. Developed a toolkit that allows you to perform a large amount of educational tasks. This article provides examples of results obtained.

Keywords: photometric units, installation, the act of illumination, Lambert surface

Большую часть информации человек получает посредством зрения. Поэтому очевиден интерес, проявляемый к изучению закономерностей воздействия световых волн на глаз человека и на технические устройства регистрирующие излучение. Постановка учебной лабораторной работы в общем курсе физики позволяет студентам лучше разобраться в широко принятых системах энергетических и световых фотометрических единиц, а также освоить взаимный перевод единиц.

Традиционные лабораторные практики по фотометрии обычно используют классические схемы с протяженной оптической скамьей и с необходимостью обеспечения при измерениях низкой фоновой освещенности [2, 4]. Это создает ряд технических проблем, связанных с требованием широкого диапазона линейности световой характеристики и высокой чувствительности фотоприемника, необходимостью применения светопоглощающих экранов. Выполнение таких требований делает лабораторную установку громоздкой и затрудняет проведение измерений с достаточной точностью.

Цель работы

Предлагается вариант макета лабораторной установки, свободный от указанных недостатков, основанный на использовании современных источников,

фотоприёмников и методов регистрации оптического излучения.

В качестве источника света использован монохроматический светодиод. Это позволяет для известной длины волны наглядно осуществить переход от энергетических единиц к световым.

Регистрация светового потока производилась фотодиодом в режиме короткого замыкания, что обеспечивало с хорошим запасом необходимый диапазон линейности световой характеристики и, как следствие, хорошую точность измерений. Световой сигнал модулировался на звуковой частоте, с невысоким содержанием гармоник сетевого напряжения. Применение модулированного сигнала делало установку нечувствительной к фоновому излучению и позволяло производить измерения при естественном освещении. Размеры излучателя и фотоприемника не превышали 1 см, что давало возможность получать достаточное количество экспериментальных точек с компактной оптической скамьей длиной всего 30 см.

На рис. 1 приведен внешний вид установки. Приёмная площадка фотодиода могла поворачиваться вокруг оси для изменения угла падения света. Угол поворота отсчитывался по транспортиру. Значение светового потока регистрировалась цифровым вольтметром.



Рис. 1. Внешний вид установки

Применительно к изготовленному лабораторному макету разработано методическое описание, в котором формулируется цель работы, сообщается о назначении и принципах построения энергетических и световых фотометрических единиц. Дается определение важнейших единиц фотометрической системы, среди которых: световой поток, сила света, освещенность, светимость, яркость [3]. Сообщается о свойствах ламбертовской поверхности, приводится основной закон фотометрии. Отдельный раздел посвящен связи между световыми и энергетическими величинами.

Задание на работу предусматривает:

- проверку зависимости освещенности от расстояния;
- определение диапазона расстояний, для которых с заданным приближением выполняется основной закон фотометрии;
- определение зависимости светимости поверхности от угла падения света;
- определение диапазона углов падения света, для которых с необходимым приближением выполняется закон Ламберта;
- определение силы света излучателя в энергетических и световых единицах;
- определение освещенности в люксах по заданной энергетической чувствительности фотоприемника.

На следующих рисунках даны примеры графиков экспериментальных зависимостей, полученных в условиях нормальной освещенности рабочего места. На рис. 2 приведено расчетное значение силы света для различных расстояний между источником и приемником света. Как следует из

приведенных данных, в диапазоне от 60 до 300 мм сила света остается практически постоянной, а значит – хорошо выполняется основной закон освещенности, справедливый для точечного источника света. При меньших расстояниях наблюдалось отклонение от этого закона, что связано с конечными размерами источника и приемника света. Так при диаметре излучателя 10 мм отклонение от расчетных зависимостей достигало 20% на расстоянии 20 мм.

Для определения силы света источника в световых единицах следует выбрать на графике зависимости $I(R)$ величину энергетической силы света, соответствующую пологому участку характеристики ($I = 4,2 \cdot 10^{-3}$ Вт/ср для нашего примера). Расчет по зависимости:

$$I_{\text{св}} = I_{\text{эн}} * K * V(\lambda),$$

где функция видности [1] для $\lambda = 0,6$ мкм $V(\lambda) = 0,63$ дает значение силы света $I_{\text{св}} = 1,8$ кд.

Освещенность фотоприемника в люксах при нормальном падении лучей света можно определить для одного из расстояний, указанного преподавателем. Например, для $R = 100$ мм значение освещенности составило $E = 180$ лк.

Итак, по экспериментальным данным студенты могут определить минимальное расстояние, начиная с которого можно использовать расчеты по закону освещенности с заданной погрешностью и сопоставить это расстояние с размерами источника света, освоить перевод энергетических единиц в световые.

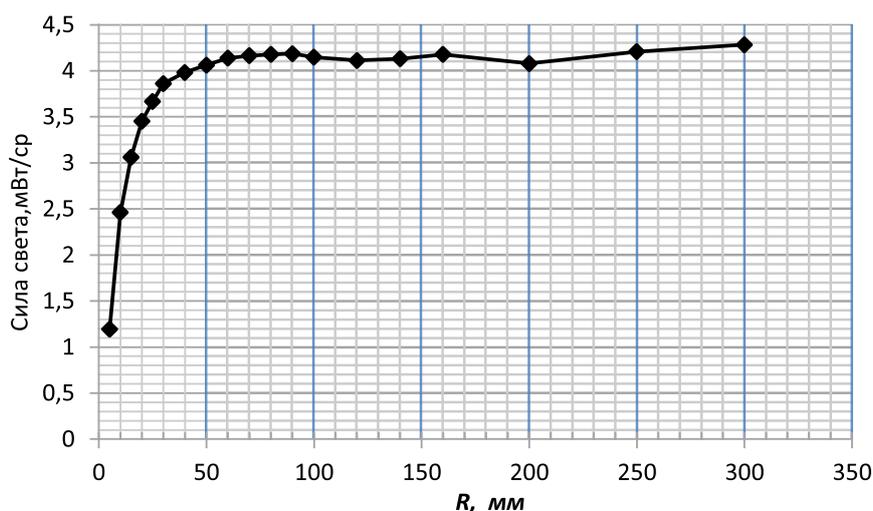


Рис. 2. Зависимость расчетной величины силы света источника от расстояния

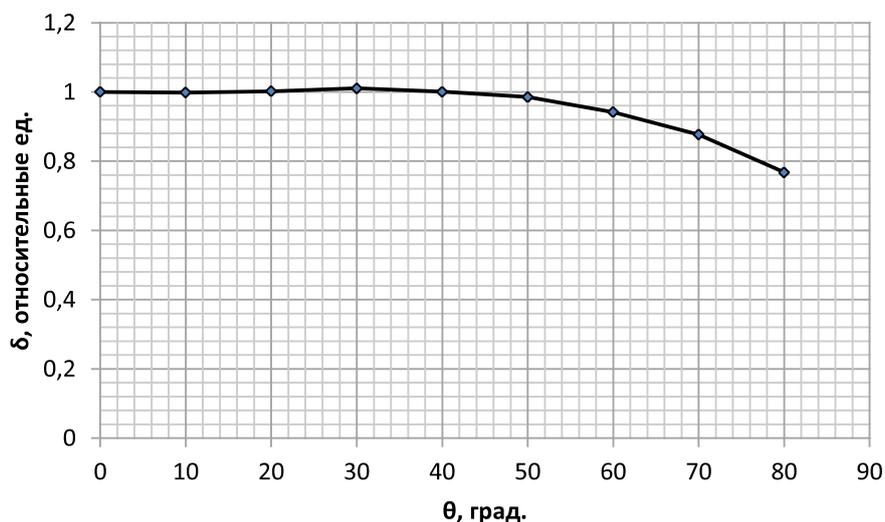


Рис. 3. Отличие освещаемой поверхности фотоприемника от Ламбертовской для разных углов падения света

На рис. 3 приведены экспериментальные значения коэффициента δ , отражающего отношение светимости поверхности фотоприемника к светимости идеальной Ламбертовской поверхности для разных углов падения света. По графику можно определить диапазон углов, для которых с заданной погрешностью можно использовать закон Ламберта. Если принять допустимые отклонения в 10%, то для приведенного примера диапазон углов составит от 0 до 66 градусов.

Заключение

Таким образом, компактность установки, хорошая точность измерений, независи-

мость от фоновых засветок и достаточный объем учебных задач делает на наш взгляд предлагаемую работу интересной для лабораторного практикума в вузовском курсе физики.

Список литературы

1. Гуревич М.М. Фотометрия: теория, методы и приборы. – Л.: Энергоатомиздат, 1983 – 272 с.
2. Евграфова Н.Н., Коган В.Л. Руководство к лабораторным работам по физике. – М.: «Высшая школа», 1970. – 381 с.
3. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
4. Лантух Ю.Д., Пашкевич С.Н. Фотометрия, геометрическая и волновая оптика: Методические указания к лабораторным работам по оптике. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 1999. – 55 с.