

Технопарк  
универсальных  
педагогических  
компетенций



УЧИТЕЛЬ  
БУДУЩЕГО  
ПОКОЛЕНИЯ  
РОССИИ

## ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Лабораторная работа  
«Изучение законов освещённости»

Автор-составитель (разработчик): Кипин Д.Ю.  
И.о. директора ИРУПК:  Н.Ю. Чулкова

Комсомольск-на-Амуре  
2024

**Цель работы:** Исследовать зависимость освещённости от расстояния и угла падения.

**Оборудование:** Прибор по фотометрии, гальванометр, источник тока.

### Краткая теория

Источники света характеризуются силой света, светимостью, яркостью и спектральным составом. Далее рассматриваются только источники белого света, излучающие сплошной спектр в области длин волн, воспринимаемых человеческим глазом.

Мощность лучистой энергии, оцениваемая по зрительному ощущению, характеризует световой поток  $\Phi$ . В СИ световой поток измеряется в люменах (лм).

Точечный источник характеризуется силой света  $I$ , которая определяется как световой поток, приходящийся на единичный телесный угол

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

Единицей силы света в СИ является кандела (кд). Она является основной оптической единицей. Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, сила излучения которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср. Из определения силы света следует, что  $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot 1 \text{ ср}$ .

Если сила света не зависит от направления (источник изотропный), то из формулы следует, что полный световой поток будет равен

$$\Phi = \int_0^{4\pi} I d\Omega = I \int_0^{4\pi} d\Omega = 4\pi I$$

Отсюда следует, что сила света точечного изотропного источника

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}$$

Протяженные источники света характеризуются яркостью и светимостью.

Светимостью  $R$  некоторого участка поверхности источника называется световой поток, испускаемый наружу по всем направлениям, отнесённый к площади участка

$$R = \frac{d\Phi}{dS}$$

Светимость характеризует излучение света данным местом поверхности по всем направлениям.

Для характеристики излучения в заданном направлении вводят яркость. Яркость  $B$  элементарного участка источника света в некотором направлении определяется как отношение силы света в данном направлении к площади проекции этого участка на плоскость, перпендикулярную этому направлению

$$B = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dS \cos\varphi}$$

где  $dS$  – площадь светящейся поверхности,  $\varphi$  – угол между нормалью к элементу  $dS$  и данным направлением. Яркость измеряется в канделах на квадратный метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ). Источники, яркость которых по всем направлениям одинакова, называются ламбертовскими.

Освещённость некоторой поверхности падающим на неё световым потоком характеризуется величиной

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

где  $d\Phi$  – падающий световой поток,  $dS$  – площадь освещаемой поверхности. Единицей освещенности и светимости является люкс (лк).

Точечный изотропный источник света создает освещенность плоской поверхности, которая определяется выражением

$$E = \frac{I}{r^2} \cos\alpha$$

где  $r$  – расстояние от источника до освещаемой поверхности,  $\alpha$  – угол между нормалью к поверхности и направлением на источник.

Соотношение (7) называется законом Ламберта (законом освещенности). Оно справедливо только для точечных источников света, обладающих свойствами абсолютно черного тела.

Определение силы света источников, которые по своим параметрам близки к точечным, производится путем сравнения с источником с известной силой света. Для этого создают равенство освещенности каких-либо смежных поверхностей или пластинок, освещаемых различными источниками. Тогда

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2} \cos\alpha_1 \qquad E_2 = \frac{I_2}{r_2^2} \cos\alpha_2$$

Если  $\alpha_1 = \alpha_2$  и  $E_1 = E_2$ , то

$$I_2 = \frac{I_1 r_2^2}{r_1^2}$$

Такой способ определения силы света источников называется фотометрическим. Равенство освещенностей поверхностей можно фиксировать либо визуально, либо при помощи приборов, которые называют люксметрами.

## Измерения

Для экспериментальной проверки закона освещенности необходимо измерить освещенность поверхности при разных углах падения и различных расстояниях источника света от освещаемой поверхности.

Для измерения освещенности используется фотоэлемент с внутренним фотоэффектом. Как известно, фото-ЭДС, возникающая под действием монохроматического света, пропорциональна его интенсивности. В работе используется селеновый фотоэлемент, спектральная чувствительность которого совпадает с чувствительностью человеческого глаза. Следовательно, при неизменном спектральном составе излучения (при постоянном накале лампочки) фото-ЭДС будет пропорциональна световому потоку. Если к зажимам фотоэлемента подсоединить гальванометр, то при освещении фотоэлемента в цепи пойдет ток, пропорциональный световому потоку:

$$i = k\Phi$$

Тогда освещенность можно вычислить по формуле:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{i}{kS} = I \frac{\cos\varphi}{r^2}$$

$$i = kSI \frac{\cos\varphi}{r^2}$$

Таким образом мы будем экспериментально проверять зависимость силы фототока от параметров освещенности.

В качестве источника света взята лампочка накаливания, а в качестве освещаемой поверхности выбрана поверхность селенового фотоэлемента.

### Ход работы

#### Задание № 1

1. Включите источник питания.
2. Установите один из трёх углов расположения фотоэлемента.
3. Передвигая лампу по оптической скамье определите фототок для пяти разных расстояний до фотоэлемента.
4. Повторите опыт для двух других углов.

5. Данные занесите в таблицу. Внутри таблицы силу фототока можно записывать в мкА.

6. По данным таблицы постройте график зависимости  $i = f(1/r^2)$ .

$r, \text{ см}$ $\varphi$					

### Задание № 2

1. Включите источник питания.  
2. Установите лампу на одном из трёх расстояний до фотоэлемента.  
3. Изменяя угол расположения фотоэлемента определите фототок для пяти различных положений.

4. Повторите опыт для двух других расстояний.

5. Данные занесите в таблицу. Внутри таблицы силу фототока можно записывать в мкА.

6. По данным таблицы постройте график зависимости  $i = f(\cos\varphi)$ .

$\varphi$ $r, \text{ см}$					

### Задание № 3

Используя данные из предыдущих заданий, вычислите постоянную  $k$  для различных расстояний и углов. Найдите среднее значение постоянной и определите абсолютную и относительную погрешности измерений. Сила света 3 кд, площадь фотоэлемента равна 6 см<sup>2</sup>.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение силы света, светового потока, освещенности. Назовите их единицы измерения.

2. Какие источники света называют точечными?

3. Сформулируйте законы освещенности.

4. Какие приборы называют фотометрами?

5. Каков физический смысл постоянной  $k$ ?

В результате выполнения лабораторной работы у обучающихся формируются следующие компетенции:

- знают основные физические величины фотометрии;
- умеют вычислять параметры освещённости поверхности;
- владеют навыками лабораторного эксперимента.

