

Работа 4.8

Проверка основных законов фотометрии с помощью фотоэлемента

Оборудование: оптическая скамья, источник света, фотоэлемент, гальванометр.

Введение

Величина, равная отношению

$$d\Phi = \frac{dE}{dt} \quad (1)$$

называется *световым потоком* (dE — величина лучистой энергии, которая переносится через некоторую площадь dS за время dt). Единицей измерения светового потока является люмен. *Люмен* (1 лм) — световой поток, который излучается точечным источником силой света в 1 кд внутри телесного угла в один стерадиан.

Величина светового потока, которая приходится на единицу телесного угла, называется *силой света*:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} . \quad (2)$$

В случае точечного источника, когда излучение равномерно по всем направлениям, имеем:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{\Phi}{4\pi} . \quad (3)$$

Тогда полный световой поток

$$\Phi = 4\pi I . \quad (4)$$

Во многих случаях необходимо знать, какое количество светового потока падает на ту или иную часть поверхности. Для этого вводится величина, которая называется освещенностью. *Освещенность* численно равна световому потоку, который падает на единицу площади освещаемой поверхности:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} . \quad (5)$$

Световой поток $d\Phi$, который падает от источника S на поверхность dS (рис. 4.17), равен $I d\omega$. Но телесный угол

$$d\omega = \frac{dS}{r^2} \cos\alpha . \quad (6)$$

Тогда

$$d\Phi = dS \frac{I}{r^2} \cos\alpha . \quad (7)$$

Откуда получим, что

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{I}{r^2} \cos\alpha . \quad (8)$$

При нормальном падении лучей ($\alpha = 0$)

$$E_0 = \frac{I}{r^2} . \quad (9)$$

Выражение (9) называется *первым законом освещенности*. С учетом (9) выражение (8) имеет вид

$$E = E_0 \cos\alpha . \quad (10)$$

Равенство (10) выражает второй закон освещенности.

Когда есть несколько источников света, то освещенность поверхности равна сумме освещенностей, создаваемых каждым из этих источников непосредственно:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots . \quad (11)$$

Единицей измерения освещенности является люкс ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$).

Схема установки, применяемой в работе, приведена на рисунке 4.18.

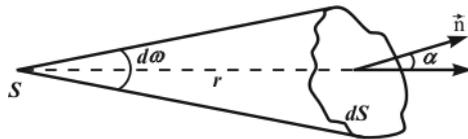


Рис. 4.17

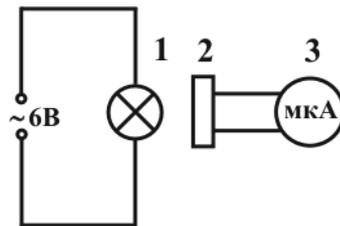


Рис. 4.18

Источником света является электрическая лампочка I , которая закреплена на лимбе и может поворачиваться вокруг оси, что позволяет исследовать ее световое поле. Фотоэлемент 2 , соединенный с гальванометром 3 , закреплён на оптической скамье таким образом, что может поворачиваться вокруг вертикальной оси, а также перемещаться вдоль скамьи.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Проверка первого закона фотометрии.

1. Включите электролампу в сеть и подайте на нее напряжение $U = 6 \text{ В}$, при этом ее сила света $I = 21 \text{ кд}$.

2. Проведите измерения величины фототока i_ϕ при разных расстояниях r от фотоэлемента до источника света. Величина фототока i_ϕ пропорциональна освещенности E , создаваемой источником света на поверхности фотоэлемента $E = k \cdot i_\phi$.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

r , м							
i_{ϕ} , мкА							
E_0 , лк							

3. Постройте график $i_{\phi}(r^2)$. Сравните полученную зависимость с зависимостью $E_0(r^2)$ (см. формулу (9)).

Задание 2. Проверка второго закона фотометрии.

1. Разместите фотоэлемент на расстоянии 20 — 30 см от источника света.

2. Измерьте величину фототока при разных углах (α) между направлением лучей и нормалью к поверхности фотоэлемента, поворачивая фотоэлемент вокруг оси лимба от 0° до 90° через 10° .

3. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

α °							
i_{ϕ} , мкА							
E , лк							

4. По результатам измерений постройте график $i_{\phi}(\cos\alpha)$. Сравните полученную зависимость с зависимостью $E_0(\cos\alpha)$ (см. формулу (10)).

Задание 3. Исследование распределения света лампы накаливания.

1. Разместите фотоэлемент на некотором расстоянии от источника света.

2. Поворачивая источник от 0° до 180° через каждые 15° , измерьте величину фототока, который соответствует определенному углу поворота лампы (α).

3. Результаты измерений запишите в таблицу:

α °							
i_{ϕ} , мкА							

4. Постройте график $i_{\phi} = f(\alpha)$ в полярных координатах. Вторую ветвь кривой от 180° до 360° отобразите симметрично первой. Поскольку величина фототока i_{ϕ} пропорциональна силе света, то полученная кривая $i_{\phi} = f(\alpha)$ будет характеризовать приближенное распределение световой энергии, излучаемой реальным источником света. Сравните полученную кривую с аналогичной кривой для точечного источника.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Выполните градуировку шкалы гальванометра в единицах освещенности.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как зависит освещенность поверхности от расстояния до источника света?
2. Как зависит освещенность поверхности от угла падения световых лучей?
3. Каким образом можно определить освещенность поверхности при наличии нескольких источников света?
4. Какая зависимость между световым потоком и силой света в случае точечных источников?
5. Какой будет кривая светораспределения точечного источника?
6. Какие источники света называются ламбертовыми?
7. В каких единицах измеряется световой поток в фотометрии?
8. Чему равен полный световой поток от точечного источника света?
9. В каких единицах измеряется освещенность в фотометрии?
10. В какое время суток освещенность земной поверхности наибольшая?