

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра физики физики, электротехники и автоматики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ФИЗИКЕ
для студентов всех специальностей**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 58

**ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ ОСВЕЩЕННОСТИ
ДЛЯ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА**

Казань - 2014

Составители: В. В. Алексеев, Э.М.Ягунд

УДК 539.15

Методические указания к лабораторным работам по физике для студентов всех специальностей. Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составители В.В.Алексеев, Э.М.Ягунд. Под редакцией Л. И. Маклакова. Казань, 2007 г. 9 с.

В работе рассмотрены вопросы фотометрии. Приводится описание экспериментальной установки, на которой проверяются законы освещенности для точечного источника света.

Илл.3, табл.2

Рецензент доцент кафедры электротехники и автоматики Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Р.К.Сафиуллин

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2014 г.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение основных соотношений и законов фотометрии имеет большое значение для специалистов, работающих в области строительства, по созданию оптимального светового режима в помещениях и разработке соответствующих архитектурных и конструктивных решений зданий. Основными вопросами, решаемыми в области архитектурно-строительной светотехники, являются количественная и качественная оценка освещения помещений естественным и искусственным светом, учёт тепла, вносимого солнечной радиацией в здание, определение светотехнических свойств строительных материалов и др. В вопросе обеспечения помещения наиболее благоприятными условиями солнечного облучения (инсоляции) через светопроемы до сих пор имеются нерешённые проблемы. В частности, изменение температурного режима в течение года, а также зависимость его от погодных условий и географического положения вызывают необходимость создавать наружные светорегулирующие устройства в жилых и производственных помещениях в целях нормирования их инсоляции. По сравнению с естественным освещением, искусственное освещение статично. Дальнейшим развитием совмещенного освещения является автоматическое регулирование искусственного освещения, которое в конечном итоге может привести к полному световому кондиционированию помещений.

ФОТОМЕТРИЯ

Рассмотрим некоторые фотометрические понятия.

1. Поток лучистой энергии. Возьмём источник света настолько малых размеров, чтобы на некотором расстоянии от него можно было считать поверхность распространяющейся световой волны сферической. Это означает, что световой поток от источника распространяется по всем направлениям равномерно. Такой источник света называется *точечным*. Расположим на расстоянии r от источника L (рис. 1) малую площадку dS и измерим количество энергии dW , переносимой светом через эту площадку за время ϕ . *Отношение*

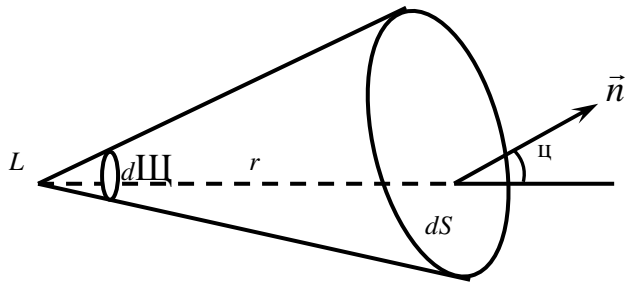


Рис. 1

$$\frac{dW}{\phi} = d\Phi, \quad (1)$$

показывающее количество лучистой энергии, протекающей через площадку dS за единицу времени, т.е. мощность сквозь поверхность, называется потоком лучистой энергии $d\Phi$ через площадку dS .

Таким образом, мы получили значение потока, заключенного внутри конуса, опирающегося на нашу площадку dS .

Если среда не поглощает энергию, то через любое сечение конуса протекает один и тот же поток. Пусть нормаль \vec{n} к поверхности dS составляет угол φ с осью конуса, тогда величина телесного угла $d\Omega$ конуса определится соотношением

$$d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \varphi}{r^2}. \quad (2)$$

Следовательно, выделенная нами часть потока $d\Phi$ приходится на элементарный телесный угол $d\Omega$ конуса, опирающегося на площадку dS . Ввиду малости dS , поток внутри $d\Omega$ можно считать равномерным. Полный поток Φ , идущий от источника L по всем направлениям, будет равен

$$\Phi = \int d\Phi. \quad (3)$$

Поток — понятие, необходимое для оценки количества энергии, проникающей в регистрирующее устройство. Такой приёмник, как фотоэлемент, непосредственно реагирует на поток.

2. Сила света. Сила света по данному направлению определяется величиной потока $d\Phi$, приходящегося на единицу телесного угла $d\Omega$:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \quad (4)$$

Если сила света I одинакова по всем направлениям, то

$$\Phi = 4\pi I. \quad (5)$$

То есть для равномерного потока справедливо соотношение

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}. \quad (6)$$

Из формулы (5) видно, что величина полного светового потока характеризует излучающий источник и не может быть увеличена никакими оптическими системами. Их действие сводится лишь к перераспределению светового потока по некоторым избранным направлениям, достигая этим увеличения си-

лы света I в желаемом направлении за счёт уменьшения по другим направлениям. Примером может служить действие прожектора.

3. Освещённость. *Освещённостью E называется величина потока $d\Phi$, приходящегося на единицу освещаемой поверхности:*

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (7)$$

Подставляя (2) и (4) в (7), получаем **закон освещённости для точечного источника света:**

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

Следовательно, *освещённость прямо пропорциональна силе света источника, косинусу угла падения, составляемого направлением светового потока (осью конуса) с нормалью к освещаемой поверхности, и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до освещаемой поверхности.*

Так как в большинстве случаев мы воспринимаем не самосветящиеся объекты, то понятие освещенности приобретает очень большое значение. Изменяя с помощью линз и зеркал распределение светового потока, можно повысить освещённость поверхности, уменьшив одновременно освещённость других участков.

4. Яркость источника. Наряду с точечными источниками большую группу составляют протяженные источники, размерами которых нельзя пренебречь. По отношению к ним вводится понятие поверхностной яркости источника. Яркость B есть величина, характеризующая излучение светящейся поверхности по данному направлению.

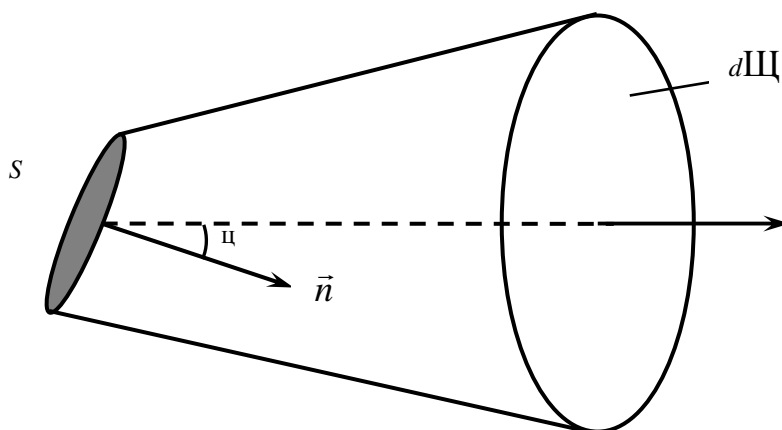


Рис.2

Выделим пучок света, испускаемый элементом светящейся поверхности S и образующий телесный угол $d\Omega$ (рис. 2), ось пучка составляет угол ψ с нормалью к S . Видимая поверхность источника в направлении оси пучка света есть $S \cdot \cos \psi$. Ясно, что световой поток, посылаемый светящейся поверхностью в пределах

телесного угла $d\Omega$, будет пропорционален величине видимой светящейся поверхности и величине телесного угла:

$$d\Phi = B_{\varphi} \cdot S \cdot \cos \varphi \cdot d\Omega, \quad (9)$$

где коэффициент пропорциональности B_{φ} и является яркостью источника по направлению, определяемому углом φ :

$$B_{\varphi} = \frac{d\Phi}{S \cdot \cos \varphi \cdot d\Omega}, \quad (10)$$

т.е. **яркостью протяженного источника в заданном направлении** называется световой поток, распространяющийся в единичном телесном угле, который создается единицей поверхности источника, видимого в данном направлении.

Глаз человека реагирует непосредственно на яркость источника.

5. Светимость. С понятием яркости тесно связано представление о светимости источника. *Светимость R есть суммарный световой поток, посылаемый единицей поверхности по всем направлениям:*

$$R = \frac{\Phi}{S} \quad (11)$$

Для источников, у которых яркость B не зависит от направления, связь между яркостью и светимостью даётся формулой

$$R = \rho B. \quad (12)$$

6. Единицы измерения световых величин. В системе СИ за единицу силы света (основная единица) принята **кандела (кд)** — сила света эталонной лампы специальной конструкции.

Единицей измерения светового потока является **люмен (лм)**. 1 люмен — это световой поток, посылаемый источником света в 1 канделу внутрь телесного угла в 1 стерадиан, т.е. $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot 1 \text{ ср}$.

Единица освещённости называется **люкс (лк)**. **Люкс** есть освещённость, создаваемая потоком в 1 люмен, равномерно распределённым по площадке в 1 м^2 , т.е. $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм} / 1 \text{ м}^2$.

Светимость, как и освещённость, измеряется в люксах.

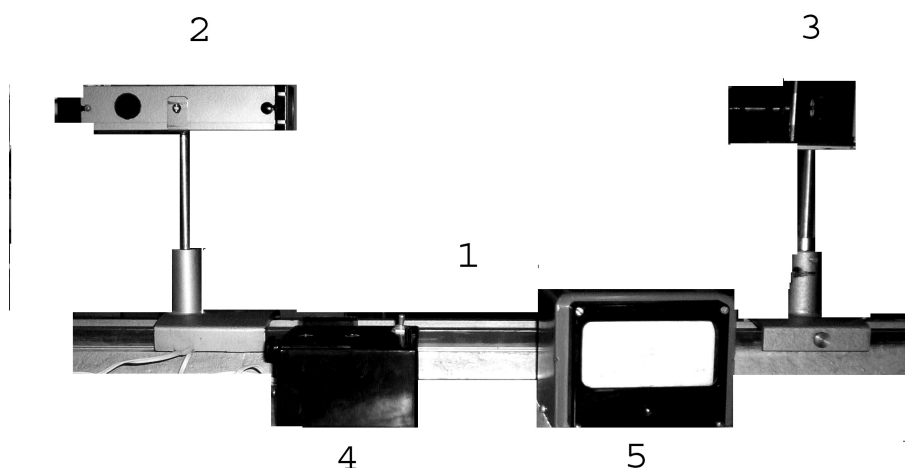
Единицей яркости служит 1 **нит (нт)**. Один нит — это яркость площадки, дающей силу света в 1 канделу с каждого квадратного метра в направлении её нормали, т.е. $1 \text{ нт} = 1 \text{ кд} / 1 \text{ м}^2$.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка смонтирована на оптической скамье (1) (рельсе) длиной 1 метр (рис. 3). На скамье с помощью рейтеров (подставок) закреплены источник света (2) и фотозащитный элемент (3), с помощью которого регистрируется ве-

личина светового потока. Фотоэлемент снабжен блендой (насадкой), уменьшающей нежелательное влияние рассеянного света. Расстояние между источником света и фотоэлементом можно изменять, передвигая источник по скамье. Тем самым исследуется зависимость освещённости от расстояния между источником и освещаемой поверхностью.

Угол падения света на фотоэлемент можно менять, поворачивая фотоэлемент с помощью специальной ручки, возле которой приведены значения углов. При этом изучается зависимость освещённости от косинуса угла падения света на поверхность.



Питание источника света осуществляется от понижающего трансформатора (4). Фототок, возникающий в цепи фотоэлемента, регистрируется с помощью микроамперметра (5).

Рис.3

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Изучение зависимости освещённости от расстояния.

1. Включите установку в сеть.
2. На шкале углов фотоэлемента установите угол α между нормалью к плоскости фотоэлемента и направлением светового потока, равный нулю.
3. Источник света (2) установите на расстоянии 20 см от фотоэлемента (3).
4. Перемещая источник света по оптической скамье, записывайте показания микроамперметра I_ϕ через каждые 10 см. Данные занесите в табл.1

Таблица 1

$r, \text{ м}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$1/r^2$								
I_ϕ								

5. По данным табл. 1 постройте график зависимости значений I_ϕ от $1/r^2$.

Задание 2. Изучение зависимости освещённости от косинуса угла падения света на поверхность.

1. Установите расстояние r между источником света и фотоэлементом, равное 50 см и далее не изменяйте его.

2. Последовательно задавая на шкале углов фотоэлемента углы 0, 30, 45, 60, 75, 90°, снимайте показания микроамперметра (5). Данные занесите в табл.2

Таблица2

φ , град.	0	30	45	60	75	90
$\cos\varphi$						
I_{ϕ}						

3. По данным табл. 2 постройте график зависимости значений I_{ϕ} от $\cos\varphi$.
4. Отключите от сети установку, и покажите полученные результаты преподавателю.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте понятие основных фотометрических величин (светового потока, силы света, освещённости, яркости, светимости).
2. В каких единицах измеряются основные фотометрические величины?
3. Запишите и сформулируйте закон освещённости для точечного источника света.
4. Каков должен быть графический вид зависимости освещённости от $1/r^2$ и $\cos\varphi$?