

Практические занятия по дисциплине «Введение в профессию»

1. Световые величины

Таблица 1.1.

Наименование и обозначение		Единицы измерения
Сила света I кд	$I = \frac{\partial \Phi}{\partial \Omega}$	1 кандела – сила излучения эталона (эталонный излучатель или черное тело) при температуре затвердевания платины (2042 град.К) площадью 1/60 см ² . Сила света 1 кд – это поток излучения, приходящийся на единицу телесного угла, в пределах которого он распространяется. За направление силы света принимают ось телесного угла, в пределах которого распространяется поток излучения.
Поток излучения Φ лм	$\Phi = I \cdot \Omega$	1 люмен – это поток, который излучается источником с силой света 1 кд в телесном угле 1 ср: 1 лм = 1 кд · ср.
Освещенность E лк	$E = \frac{\partial \Phi}{\partial S}$	1 люкс – освещенность такой поверхности, на каждый квадратный метр которой равномерно падает поток в 1 лм.
Светимость M лм/ м ²	см. E	За единицу светимости принимают светимость такой поверхности, которая излучает с 1 м ² световой поток, равный 1 лм.
Яркость L кд/ м ²	протяженный источник	За единицу яркости принята яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света 1 кд с 1 м ² .

Сопоставление энергетических и световых единиц

Таблица 1.2.

Энергетические		Световые	
Наименование обозначение	и Единицы измерения	Наименование обозначение	и Единицы измерения
поток излучения $\Phi_{\text{э}}$	Вт	световой поток Φ	лм
энергетическая сила света $I_{\text{э}}$	$\text{Вт}/\text{ср}$	сила света I	кд
энергетическая освещенность $E_{\text{э}}$	$\text{Вт}/\text{м}^2$	освещенность E	лк
энергетическая светимость $M_{\text{э}}$	$\text{Вт}/\text{м}^2$	светимость M	лм/м²
энергетическая яркость $L_{\text{э}}$	$\text{Вт}/\text{ср} \cdot \text{м}^2$	яркость L	кд/м²

Световые величины обозначаются аналогично энергетическим величинам, но без индекса. У световых величин нет никакой спектральной плотности, так как глаз не может провести спектральный анализ.

Задача 1.1.

Потоком в 6.28 Вт освещается прямоугольная площадка размером 0.5 на 0.8 м. Определить освещенность площадки.

Решение:

Освещенность - величина, обратно пропорциональная площади.

Площадь прямоугольного объекта $S=0.5 \cdot 0.8=0.4 \text{ (м}^2\text{)}$

Освещенность $E=\Phi/S=6.28/0.4=15.7 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$

Ответ: Освещенность $E=15.7 \text{ Вт/м}^2$

Задача 1.2.

Потоком освещается круглая площадка. Освещенность равна 2 лк. Радиус площадки равен 1 м. Определить поток.

Решение:

Освещенность - величина, обратно пропорциональная площади. Сначала необходимо определить площадь объекта:

$S=\pi \cdot r^2=3.14 \cdot 1 \cdot 1=3.14 \text{ (м}^2\text{)}$

Поток находится исходя из соотношений для освещенности:

$E=\Phi/S$, значит $\Phi=E \cdot S=2 \cdot 3.14=6.28 \text{ (лм)}$

Ответ: Поток $\Phi=6.28 \text{ лм}$.

Задача 1.3.

Светимость круглой площадки 10 Вт/м². Поток, излучаемый площадкой, составляет 31.4 Вт. Определить радиус площадки.

Решение:

Соотношение для расчета светимости: $M=\Phi/S$

$$S = \Phi / M = 31.4 / 10 = 3.14 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot r^2, \text{ откуда } r^2 = S / \pi = 1 \text{ (м}^2\text{)}$$

Следовательно, радиус площадки $r = 1 \text{ (м)}$

Ответ: Радиус площадки составляет 1 м.

Задача 1.4.

Светимость круглой площадки 12.7 лм/м^2 . Поток, излучаемый площадкой, составляет 10 лм. Определить радиус площадки.

Решение:

$$\text{Светимость } M = \Phi / S$$

$$\text{Следовательно, площадь равна: } S = \Phi / M = 0.785 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot r^2, \text{ откуда } r^2 = S / \pi = 0.25 \text{ (м}^2\text{)}$$

Следовательно, радиус $r = 0.5 \text{ (м)}$

Ответ: Радиус площадки составляет 0.5 м.

Задача 1.5.

Источник находится на высоте 1 м над квадратной площадкой. Размер стороны квадрата 100 см. Поток, падающий на данную площадку, составляет 6.28 Вт. Найти силу света.

Решение:

Телесный угол $\Omega, [\text{ср}]$ - участок пространства, ограниченный конусом; измеряется как отношение площади участка, вырезаемой конусом на сфере, к ее радиусу.

Сила света зависит от телесного угла и потока. Телесный угол в данном случае рассчитывается так: $\Omega = S / r^2$

$$S = 1 \text{ (м}^2\text{); } \Omega = 1 / 1 = 1 \text{ (ср)}$$

$$I = \Phi / \Omega = 6.28 / 1 = 6.28 \text{ (Вт/ср)}$$

Ответ: Сила света составляет 6.28 Вт/ср.

Задача 1.6.

Источник излучает неравномерный поток света, равный 31.4 Вт. Определить среднюю сферическую силу света.

Решение:

Средняя сферическая сила света рассчитывается по формуле:

$$I = \Phi / (4 \cdot \pi) = 2.5 \text{ (Вт/ср)}$$

Ответ: Сила света составляет 2.5 Вт/ср.

2.2. Определение параметров излучателей различных типов

Модели источников излучения

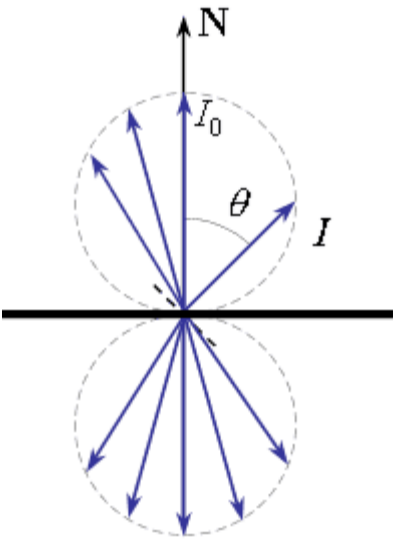
Источник излучения – это некоторая поверхность, излучающая энергию. Общими характеристиками источника излучения являются:

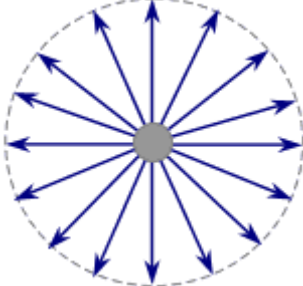
- поток излучения;
- диаграмма силы света – показывает распределение силы света в пространстве $I(\varphi, \theta)$;
- яркость $L(x, y, \varphi, \theta)$, где x, y – координаты на поверхности источника, φ, θ – углы в полярных координатах.

Полная модель источника определяется спектральной плотностью энергетической яркости $L_{\text{вкл}}(\mathbf{r}, \mathbf{q}, \lambda)$, зависящей от линейного вектора $\mathbf{r}(x, y, z)$ и углового вектора $\mathbf{q}(X, Y, Z)$.

Ламбертовский излучатель – это такой излучатель, у которого яркость постоянна и не зависит от направления (то есть не зависит от положения точки на поверхности и от угла наблюдения).

Таблица 2.1.

	Диаграмма распределения силы света	Сила света
<p>Плоский ламбертовский излучатель (бесконечно тонкий плоский диск)</p>		<p>Закон Ламберта (закон косинусов): плоская поверхность, имеющая одинаковую яркость по всем направлениям, излучает свет, сила которого изменяется по закону косинуса:</p> $I = I_0 \cos \theta$ <p>где I_0 – сила света в направлении нормали к поверхности, θ – угол между рассматриваемым направлением и нормалью.</p>

<p>Сферический ламбертовский излучатель</p>		<p>Сила света от сферического ламбертовского источника постоянна во всех направлениях:</p> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> $I = I_0 = const$ </div>
--	---	---

Поток излучения (лучистый поток) $\Phi_e, [Вт]$, – это величина энергии, переносимой полем в единицу времени через данную площадку.

Поток излучения $\Phi, [лм]$, – это величина энергии, переносимой полем в единицу времени через данную площадку.

Ламбертовский излучатель – это такой излучатель, яркость которого не зависит от положения точки на его поверхности и от угла наблюдения.

Ламбертовское рассеяние – рассеяние света плоской поверхностью происходит одинаково во всех точках и одинаково по всем направлениям.

Задача 2.1.

Полный поток от сферического ламбертовского излучателя в телесном угле, образованном вращением плоского угла $\sigma=90^\circ$ составляет 40 лм. Определить силу света излучателя.

Решение:

Сила света рассчитывается исходя из соотношения: $I=\Phi/\Omega$

Сначала производится расчет телесного угла: $\Omega=4 \cdot \pi \cdot \sin^2(\sigma/2)=4 \cdot \pi \cdot 2/4=2\pi$ (ср)

$$4\pi r^2/2r^2 = 2\pi$$

Тогда сила света: $I=\Phi/\Omega=40/6.28=6.36$ (лм/ср)

Ответ: $I=6.36$ лм/ср

Задача 2.2.

Сила света плоского ламбертовского излучателя составляет 31.83 кд. Телесный угол Ω образован вращением плоского угла $\sigma=90^\circ$. Определить полный поток от излучателя.

Решение:

Полный поток от плоского ламбертовского излучателя:

$$\Phi = (\pi \cdot I \cdot \sin^2 \sigma) / 2$$

$$\Phi = 31.8 \cdot 3.14 \cdot 1/2 = 100/2 = 50 \text{ (лм)}$$

Ответ: Полный поток $\Phi = 50$ лм

3. Определение параметров рассеивающих поверхностей

Яркость рассеивающей поверхности

Рассмотрим **ламбертовское рассеяние**: рассеяние света плоской поверхностью происходит по всем направлениям, и не зависит от телесного угла, в пределах которого падает световой поток. Световой поток выходит после такого рассеивателя равномерно распределенным в пределах телесного угла 2π . Примером может служить белая бумага или молочное стекло. Яркость такой поверхности постоянна по всем направлениям и не зависит от направления падающего света, то есть полностью подчиняется закону Ламберта. Кривая распределения силы света таких поверхностей имеет форму окружности (рис.1).

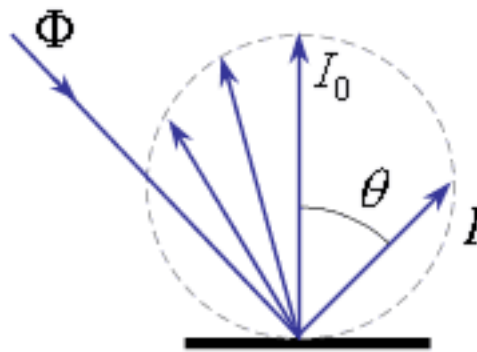


Рис.1. Ламбертовское рассеяние

Часть падающего потока Φ поглощается поверхностью, и рассеивается поток Φ' :

$$\Phi' = \alpha \Phi \quad (1)$$

Коэффициент альbedo¹ α определяет степень белизны поверхности ($0 < \alpha < 1$). У абсолютно черного тела $\alpha = 0$ (ничего не рассеивает, все поглощает), у абсолютно белого тела $\alpha = 1$ (все рассеивает, ничего не поглощает).

Альbedo некоторых поверхностей:

$\alpha = 0.85 - 0.95$ – очищенный мел,

$\alpha = 0.7 - 0.8$ – белая бумага для рисования,

$\alpha = 0.78$ – свежесвыпавший снег,

$\alpha = 0.25 - 0.3$ – песок,

$\alpha = 0.01 - 0.002$ – черный бархат.

Поток Φ создает освещенность $E = \frac{\Phi}{dS}$, следовательно, поток, упавший на рассеиватель:

$$\Phi = EdS \quad (2)$$

Рассеянный поток в полусфере:

$$\Phi' = I_0 \pi = LdS\pi$$

$\Phi' = \alpha \Phi$, следовательно:

$$LdS\pi = \alpha \cdot (EdS)$$

Отсюда яркость идеального рассеивателя:

$$L = \frac{\alpha E}{\pi}$$

¹ **альbedo** [от лат. **albedo** белизна] – число, показывающее какую часть падающего света отражает данная поверхность

где E – освещенность, создаваемая падающим потоком, α – коэффициент Альбедо.

Задача 3.1.

Поток 40 лм освещает квадратный рассеиватель. Сторона квадрата 2 м. Степень белизны поверхности 0.5. Определить яркость рассеивателя.

Решение:

Задача решается в несколько этапов:

Яркость рассеивателя: $L = \frac{\alpha E}{\pi}$ рассчитывается через освещенность.

Сначала определяем освещенность площадки, $E = \Phi/S = 40/4 = 10$ (лк)

Затем яркость $L = 0.5 \cdot 10/\pi = 5/3.14 = 1.59$ (кд/м²)

Ответ: Яркость $L = 1.59$ кд/м².

Задача 3.2.

На рассеивателе создана освещенность 10 лк. Яркость рассеивателя 1.59 кд/м². Определить коэффициент Альбедо поверхности.

Решение:

По той же формуле имеем: $\alpha = L \cdot \pi / E = 1.59 \cdot 3.14 / 10 = 0.5$

Ответ: Коэффициент Альбедо $\alpha = 0.5$

4. Задачи для самостоятельной работы

Задача 4.1.

Поток 25 лм освещает квадратный рассеиватель. Сторона квадрата 0.2 м. Степень белизны поверхности 0.3. Определить яркость рассеивателя. (Ответ: 59.68)

Задача 4.2.

Сила света сферического ламбертовского излучателя составляет 6.37 кд. Телесный угол равен 0.38 ср. Определить полный поток от излучателя. (Ответ: 2.4)

Задача 4.3.

Полный поток от сферического ламбертовского излучателя в телесном угле 0.38 ср составляет 2.4 лм. Определить силу света излучателя. (Ответ: 6.37)