

Фотометрия

Основные фотометрические величины и единицы их измерения.

2. Световой поток. $L, dS, dt, dW, d\Phi$

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

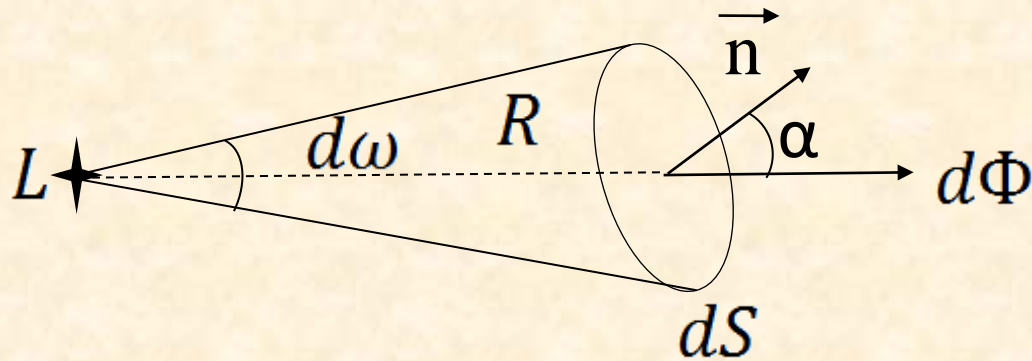
$$\Phi = \int d\Phi \quad (2)$$

[лм]

$$1 \text{ кандела [кд]} = \frac{1 \text{ [лм]}}{1 \text{ [стер]}}$$

3. Сила света. I

$$d\omega = \frac{dS_0}{R^2}$$



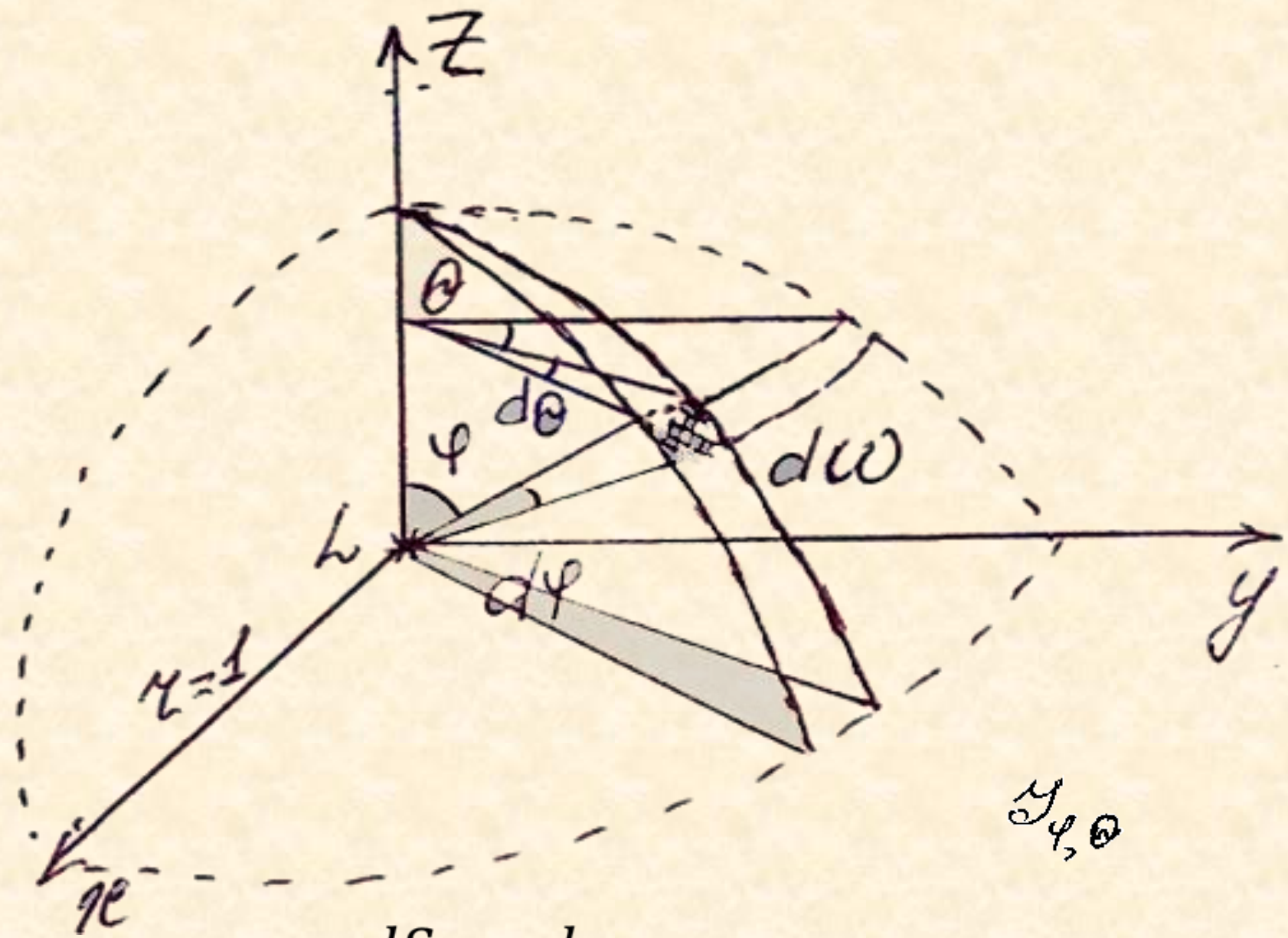
$$d\omega = \frac{dS \cos \alpha}{R^2}$$

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (3)$$

$$I = \frac{d\Phi R^2}{dS \cos \alpha}$$

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

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



$$d\omega = \frac{dS}{r^2} = \frac{ab}{r^2}; \quad \varphi \text{ и } \theta \text{ на } d\varphi \text{ и } d\theta$$

$$a = r \sin d\varphi \approx r d\varphi$$

$$b = l \sin d\theta \approx l d\theta;$$

$$l = r \sin \varphi \Rightarrow b = r \sin \varphi d\theta$$

$$\Rightarrow d\omega = \frac{r^2 \sin \varphi d\varphi d\theta}{r^2} = \sin \varphi d\varphi d\theta \quad (5)$$

$$I_{\varphi, \theta} = \frac{d\Phi}{d\omega} = \frac{d\Phi}{\sin \varphi d\varphi d\theta} \quad (6)$$

$$\Rightarrow d\Phi = I_{\varphi, \theta} \sin \varphi d\varphi d\theta \quad (7)$$

\Rightarrow ПОЛНЫЙ СВЕТОВОЙ ПОТОК

$$\Phi = \int_{\theta} \int_{\varphi} I_{\varphi, \theta} \sin \varphi d\varphi d\theta;$$

$$\Phi = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\pi} I_{\varphi, \theta} \sin \varphi d\varphi \quad (8)$$

$$I_{\varphi,\theta} = I = \text{const}$$

Тогда из (8):

$$\Phi = I \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\pi} \sin\varphi d\varphi = I\theta \Big|_0^{2\pi} \cdot (\cos\varphi) \Big|_0^{\pi} = 4\pi I$$

$$1 \text{ кД} = \frac{1}{600000} I_{\text{ЭТ}}$$

$I_{\text{ЭТ}}$ эталонного источника излучаемого с 1 м^2
при температуре затвердевания платины
 $T=2046,6 \text{ К}$

4. E- освещенность

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

Поскольку $d\Phi = Id\omega \Rightarrow$

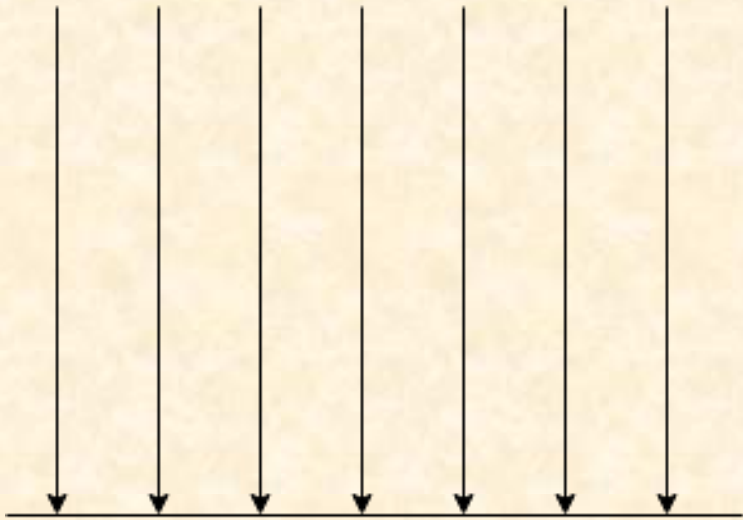
$$E = \frac{Id\omega}{dS} \Rightarrow$$

учитывая, что $d\omega = \frac{dS \cos\alpha}{r^2}$, то

$$E = \frac{I \cos\alpha}{r^2} \quad (9)$$

Рассмотрим частные случаи:

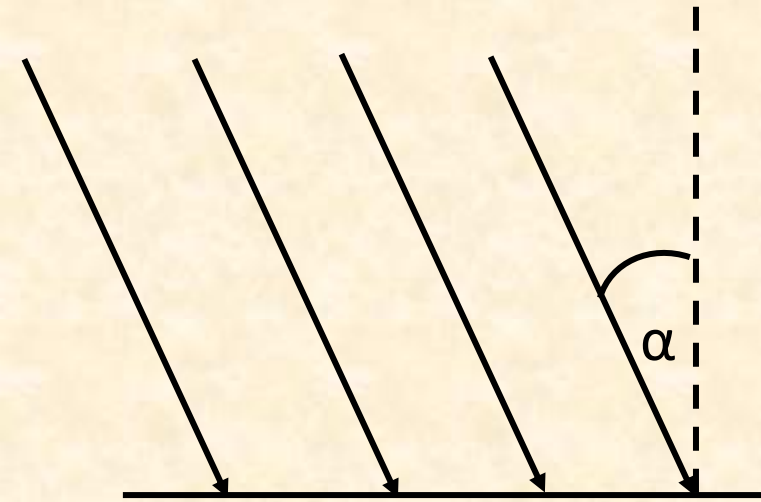
1) Световые лучи падают (нормально) на световую поверхность



$$\Rightarrow \alpha = 0; E_0 = \frac{1}{r^2} \quad (10)$$

(10) – первый закон освещенности (закон обратных квадратов)

2) Световые лучи падают на поверхность под углом α , т.е. $\alpha \neq 0$

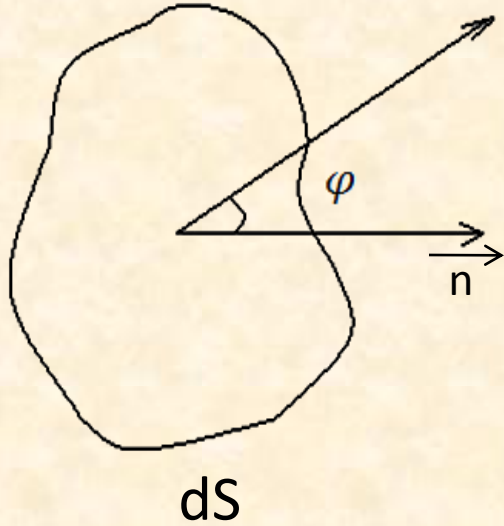


$$\Rightarrow E = E_0 \cos \alpha \quad (11)$$

$$E = \sum_i E_i$$

$$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}$$

5) Яркость источника обозначается B



$$B = \frac{I}{dS} \Rightarrow B = \frac{I}{dS \cos \varphi}$$

$$\text{Т.к } I = \frac{d\Phi}{d\omega} \Rightarrow B = \frac{d\Phi}{dS \cos \varphi d\omega} \quad (12)$$

$$1 \frac{\text{КД}}{\text{М}^2}$$

$$1 \text{ сб} = 1 \frac{\text{КД}}{\text{см}^2} = 10^4 \frac{\text{КД}}{\text{М}^2}$$

6. Светимость R

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

из (12) $d\Phi = B dS \cos\varphi d\omega$; $d\omega = \sin\varphi d\varphi d\theta$;

$$\varphi: 0 \rightarrow \frac{\pi}{2}; \theta: 0 \rightarrow 2\pi$$

$$d\Phi = B_{\varphi,\theta} dS \cos\varphi \sin\varphi d\varphi d\theta$$

$$\Rightarrow \Phi = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\frac{\pi}{2}} B_{\varphi,\theta} dS \cos\varphi \sin\varphi d\varphi \quad (13)$$

В случае ламбертовских источников: $B_{\varphi,\theta} = B = \text{const}$

Тогда из (13):

$$\Phi = BdS \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\varphi \sin\varphi d\varphi = BdS 2\pi \frac{1}{2} = BdS\pi$$

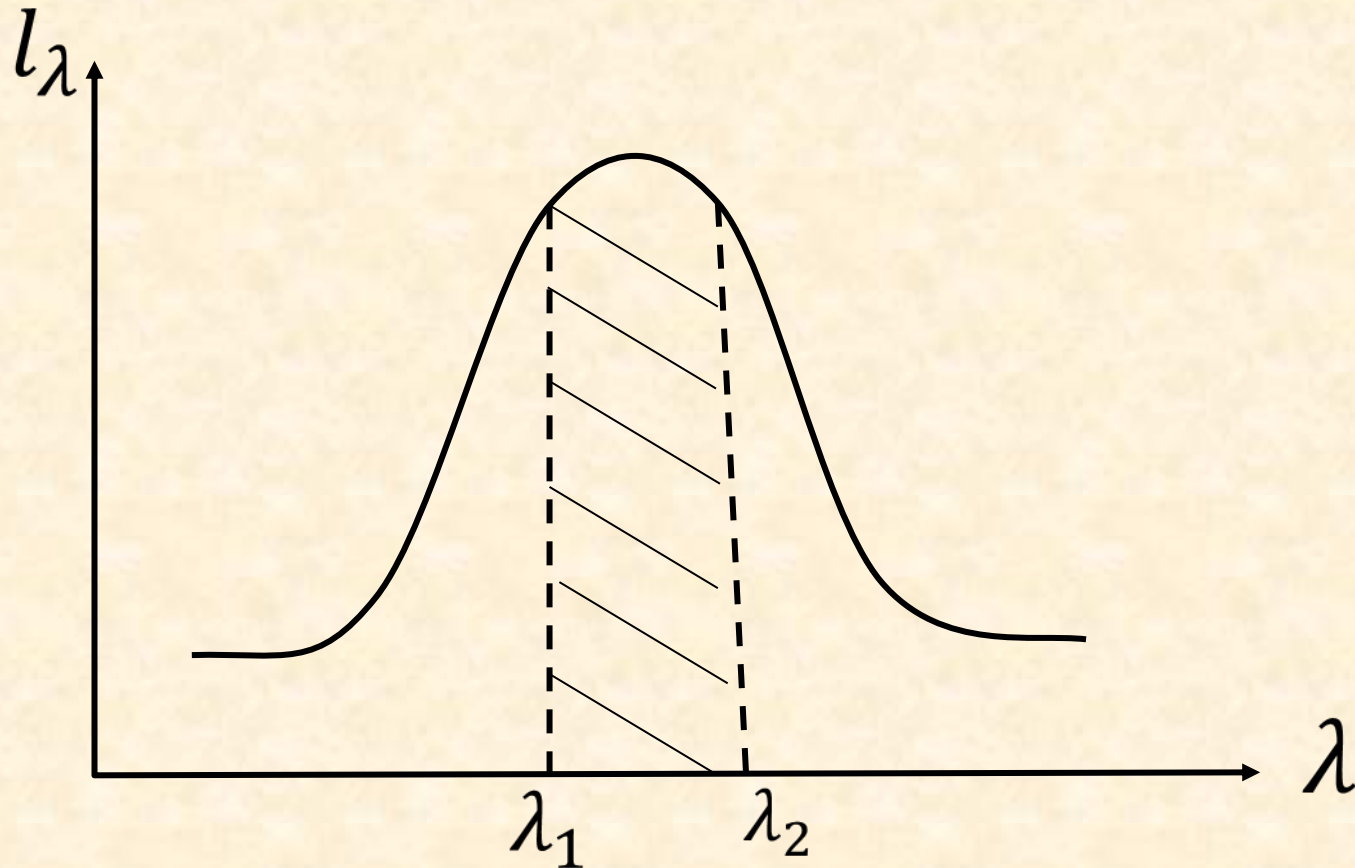
$$\text{Т.к } R = \frac{\Phi}{dS} \Rightarrow R = \pi B \quad (14)$$

7) Интенсивность светового потока (f)

$$f = \frac{d\Phi}{dS \cos\varphi d\omega} \quad (15)$$

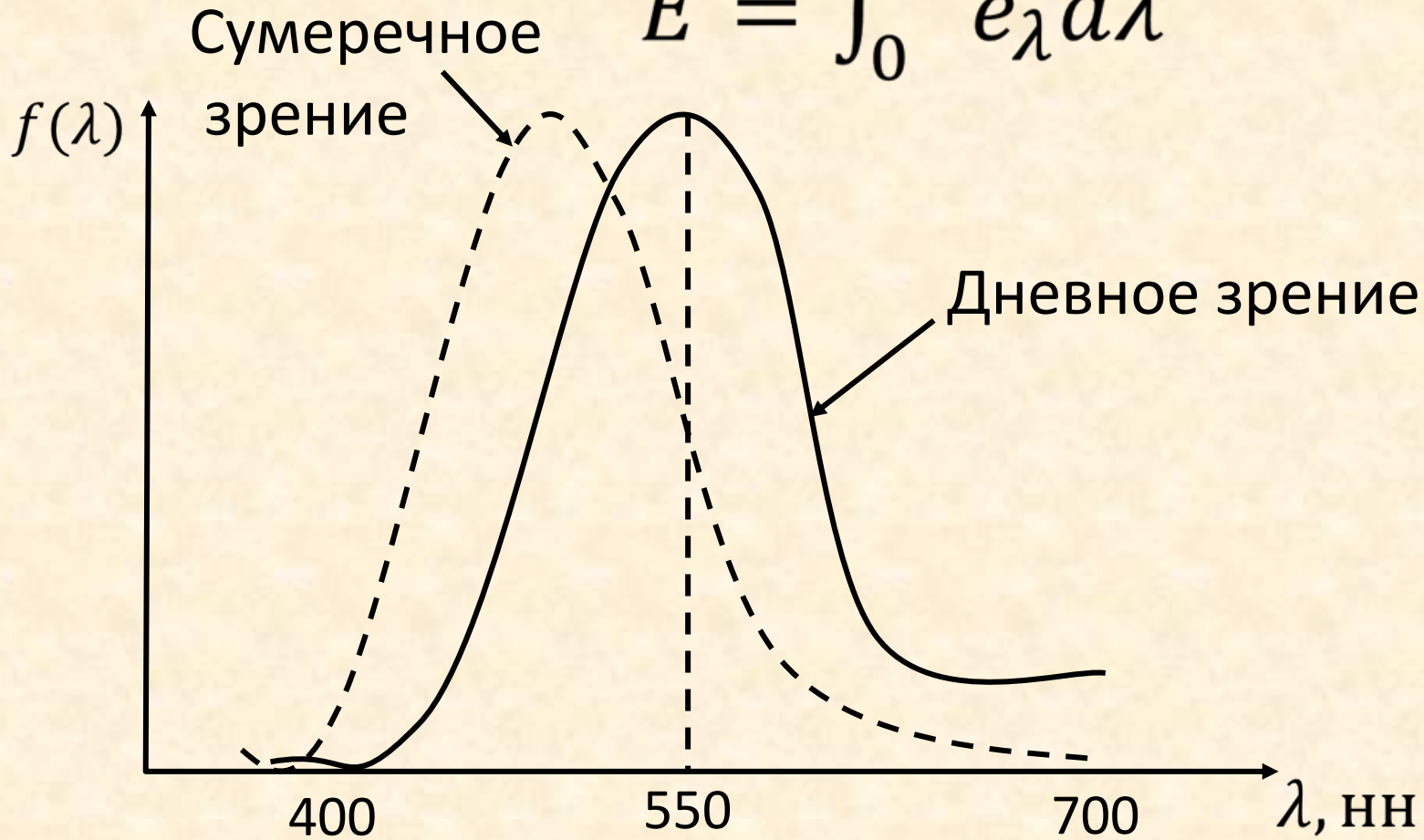
8) Переход.

$$\begin{aligned}\Delta E_{\Delta\lambda} &= e_{\lambda}\Delta\lambda \\ dE_{d\lambda} &= e_{\lambda}d\lambda\end{aligned}\quad (1)$$



$$E_{\lambda_1, \lambda_2} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e_{\lambda} d\lambda$$

$$E = \int_0^{\infty} e_{\lambda} d\lambda \quad (2)$$



Для длины волны $\lambda = 550$ нм механический эквивалент света $A=0,0016$ Вт/лм, т.е. **1 лм** соответствует поток энергии **0,0016 Вт**.

Обратная зависимость:

$$\mathbf{1 \text{ Вт} (\lambda = 550 \text{ нм}) = 650 \text{ лм.}}$$

В общем случае для различных λ необходимо учитывать функцию видности.

$$\mathbf{1 \text{ Вт}(\lambda) = 650 \text{ лм} f(\lambda)}$$