

Podstawowe informacje z dziedziny fotometrii.

Klasa dokładności wg CIE. Maksymalne wartości podstawowych błędów dla luxmierzy w zależności od klasy dokładności przedstawiono w poniższej tabelce:

PARAMETR	KLASA A	KLASA B	KLASA C
błąd liniowości	1 %	2 %	5 %
błąd niedopasowania widmowego f_1'	3 %	6 %	9 %
błąd niedopasowania kierunkowego f_2	1,5 %	3 %	6 %

Promieniowanie optyczne, to promieniowanie elektromagnetyczne o długościach fal położonych między 1nm a 1mm.

Promieniowanie widzialne (światło), to część promieniowania optycznego, która jest odbierana i oceniana (przez dowolny układ) w sposób identyczny jak przez oko ludzkie. Zakres widmowy promieniowania widzialnego nie jest jednoznacznie określony i zależy od wartości energetycznej strumienia docierającego do oka oraz od indywidualnej czułości obserwatora. Ogólnie przyjmuje się dolną granicę przedziału pomiędzy 360 i 400 nm, a górną pomiędzy 760 i 830 nm.

Strumień energetyczny (strumień promienisty) Φ_e : moc wysyłana, przenoszona lub przyjmowana w postaci promieniowania. Jednostką strumienia energetycznego jest wat (W).

Strumień świetlny Φ : wielkość wyprowadzana ze strumienia energetycznego przez ocenę działania promieniowania na normalnego obserwatora fotometrycznego CIE (określenie obserwatora normalnego – dalej w tekście). Jednostką strumienia świetlnego jest lumen (lm).

W warunkach widzenia fotopowego (dziennego - przy którym postrzegane są wrażenia barwne):

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda$$

gdzie:

$$\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$$

$d\lambda$ - rozkład widmowy strumienia energetycznego,

$V(\lambda)$ - skuteczność świetlna widmowa względna,

K_m - maksymalna skuteczność świetlna,

$K_m = 683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ dla $\lambda_m = 555 \text{ nm}$ przy widzeniu fotopowym,

$K'_m = 1700 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ dla $\lambda'_m = 507 \text{ nm}$ przy widzeniu skotopowym.

Światłość I : stosunek strumienia świetlnego $d\Phi$, wysyłanego przez źródło promieniowania w elementarnym kącie przestrzennym $d\Omega$, obejmującym dany kierunek, do wartości tego elementarnego kąta przestrzennego:

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

Jednostką światłości jest kandela (cd).

Luminancja L : iloraz strumienia świetlnego przenikającego w danym kierunku daną powierzchnię i iloczynu rzutu tej powierzchni na płaszczyznę prostopadłą do kierunku promieniowania i objętego promieniowaniem kąta bryłowego:

$$L = \frac{d^2\Phi}{dA \cdot \cos\theta d\Omega}$$

gdzie:

Φ - strumień świetlny

θ - kąt zawarty między normalną do powierzchni A , a kierunkiem rozchodzenia się wiązki promieniowania.

Ω - kąt przestrzenny obejmujący wiązkę promieniowania

Jeżeli powierzchnia dA jest źródłem promieniowania o światłości I , wówczas wzorem równoważnym jest:

$$L = \frac{dI}{dA \cdot \cos\theta}$$

Jeżeli na powierzchnię dA pada wiązka światła wywołując na niej natężenie oświetlenia E , wówczas wzorem równoważnym jest:

$$L = \frac{dE}{d\Omega \cdot \cos\theta}$$

Jednostką luminancji jest kandela na metr kwadratowy ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$).

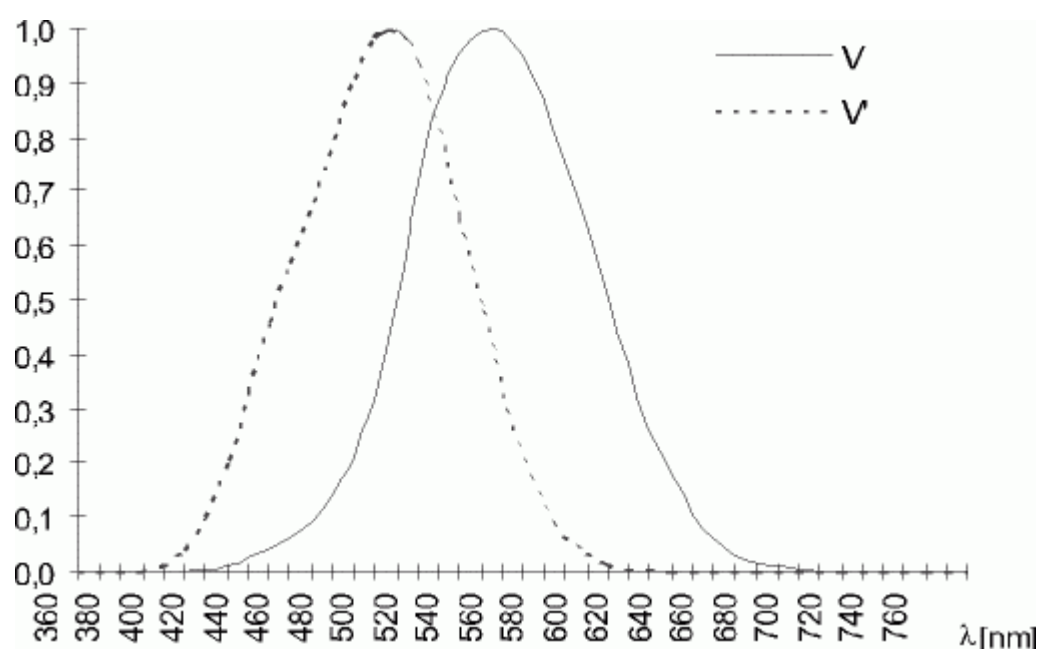
Natężenie oświetlenia E : stosunek strumienia świetlnego $d\Phi$, padającego na elementarną powierzchnię dA , do wartości tej powierzchni:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} = \int_{2\pi\sigma} L \cdot \cos\theta d\Omega$$

Jednostką natężenia oświetlenia jest luks (lx).

Obserwator fotometryczny normalny CIE: idealny obserwator, którego krzywa względnej czułości widmowej jest zgodna z funkcją $V(\lambda)$ w warunkach widzenia fotopowego (dziennego - przy którym postrzegane są wrażenia barwne) i funkcją $V'(\lambda)$ w warunkach widzenia skotopowego (zmierzchowego).

Przyjmuje się, że światło odbierane jest przez oko tylko poprzez aparat widzenia dziennego przy poziomach luminancji wyższych od kilku cd/m^2 natomiast z widzeniem skotopowym mamy do czynienia przy poziomach luminancji mniejszych od kilku setnych cd/m^2 . Pomiędzy „czystym” widzeniem fotopowym a skotopowym rozróżnia się zakres widzenia mezopowego (mieszanego), który nie ma zastosowania metrologicznego.



Rys.1 Rozkłady widmowe względnych skuteczności fotopowej: $V(\lambda)$ i skotopowej: $V'(\lambda)$

Fizjologia oka.

Pobudzenie siatkówki oka jest wprost proporcjonalne do natężenia oświetlenia E na jej powierzchni.

Natężenie to można przedstawić (przy pominięciu różnych strat) jako:

$$E = L \cdot \Omega$$

gdzie:

L - luminancja obserwowanego przedmiotu,

Ω - kąt bryłowy zależny od średnicy źrenicy oka i odległości między soczewką a siatkówką.

Z powyższego wynika, że pobudzenie siatkówki oka jest wprost proporcjonalne do luminancji powierzchni świecącej.

Luminancja jest więc właściwą miarą wrażenia jaskrawości.

W przypadku stanowisk pracy z powierzchniami emitującymi strumień świetlny, np. stanowiska komputerowe, jedynie miernikiem luminancji można właściwie określić warunki świetlne w jakich znajduje się człowiek.

INFORMACJE DODATKOWE

Wiele ciekawych informacji można znaleźć także w publikacjach Centralnego Instytutu Ochrony Pracy **CIOP**. Opisano w nich w przystępny sposób nie tylko definicje wielkości używanych w fotometrii, ale także zasady dokonywania pomiarów oraz dobór źródeł światła i sposób ich rozmieszczenia dla różnych zastosowań.

Godne polecenia są m.in. dwie publikacje CIOP-u: "Oświetlenie ogólne i miejscowe stanowisk pracy", autorstwa A. Pawlaka i A. Wolskiej oraz "Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy", tych samych autorów. CIOP organizuje również kursy i szkolenia z zakresu fotometrii i pomiarów hałasu, przeznaczone głównie dla służb BHP.

Polskie Normy związane z techniką świetlną i oświetleniową

Uwaga, ze względu na szybko zmieniające się przepisy należy sprawdzać, czy dane normy jeszcze obowiązują

PN-90/E-01005 "Technika świetlna. Terminologia"

PN-EN 12464-1:2004 "Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach"

PN-EN 12665:2003 "Światło i oświetlenie -Podstawowe terminy oraz kryteria określania wymagań dotyczących oświetlenia". **W normie omówiono podstawowe terminy oraz podano w formie tabelaryzowanej wymagania oświetleniowe dotyczące wnętrz w zależności od rodzaju wykonywanej pracy.**

PN-89/E-04040.00 "Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary fotometryczne. Wymagania ogólne"

PN-89/E-04040.01 "Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary fotometryczne. Pomiar i wyznaczenie strumienia świetlnego"

PN-89/E-04040.02 "Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary fotometryczne. Pomiar światłości"

PN-89/E-04040.03 "Pomiary fotometryczne i radiometryczne. Pomiar natężenia oświetlenia"

PN-89/E-04040.04 "Pomiary fotometryczne i radiometryczne. Pomiar luminancji"

PN-89/E-04040.05 "Pomiary fotometryczne i radiometryczne. Pomiary współczynników odbicia, przepuszczenia i luminancji"

PN-76/E-02032 "Oświetlenie dróg publicznych"