

Grupa: Elektrotechnika,  
Studia stacjonarne, II stopień, sem. 1.  
Laboratorium Techniki Światłowej

wersja z dn. 29.03.2016

wiczenie nr 5.

**TEMAT: POMIAR LUMINANCJI MATERIAŁÓW  
O RÓŻNYCH WŁASNOŚCIACH FOTOMETRYCZNYCH**

*Opracowanie wykonano na podstawie następującej literatury:*

- 1) J. Błak, W. Pabjańczyk: Podstawy techniki światłowej. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1994.
- 2) W. Jagan: Podstawy techniki światłowej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- 3) S. Kaczmarek, P. Młodzikowski: Projekt i wykonanie dydaktycznego stanowiska do pomiaru luminancji (praca zespołowa). Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Poznańska, Poznań 2010.

1. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

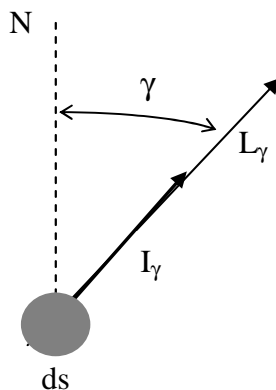
**Luminancja**

Luminancja elementu  $ds$  powierzchni w danym kierunku określa się stosunkiem światła  $dI_\gamma$  tej powierzchni w danym kierunku do pola rzutu tej powierzchni na płaszczyznę prostopadłą do danego kierunku (do powierzchni pozornej elementu  $ds$ ) – rysunek 1.

Luminancja określa gęstość powierzchniową światła w danym kierunku.

$$L_\gamma = \frac{dI_\gamma}{ds \cdot \cos \gamma} \quad [cd/m^2] \quad (1)$$

Luminancja jest wielkością fotometryczną, na którą reaguje bezpośrednio narząd wzroku. Odnosi się do wrażenia jasności powierzchni. Dwie powierzchnie różniące się luminancją sprawiają wrażenie różnej jasności w tych samych warunkach oświetleniowych. Luminancję uznaje się za fizyczny miarę jasności.



**Rys. 1. Luminancja elementu  $ds$  powierzchni wiekowej.**



## Pomiar luminancji

Pomiaru luminancji powierzchni można dokonać bezpośrednio za pomocą miernika luminancji. Najprostszym miernikiem luminancji jest lukso mierza oraz przystawka optyczna ograniczająca kąt bryłowy widziany przez przetwornik fotoelektryczny. Kąt fotometryczny zależy od otworu w przesłonie przystawki oraz od ogniskowej obiektywu. Zwykle są to mierniki o jednej wielkości pomiarowej. Wybór powierzchni pomiarowej następuje poprzez układ muszki – szczerbinka. Przykładowy wygląd miernika luminancji składającego się z lukso mierza i przystawki optycznej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wygląd miernika luminancji złożonego z lukso mierza i przystawki optycznej.

W profesjonalnych miernikach luminancji układ optyczny wbudowany jest we wnętrze miernika. Jest bardziej rozbudowany i umożliwia zmianę kąta fotometrycznego. Wybór pola pomiarowego jest precyzyjny i osoba wykonująca pomiar widzi w okularze miernika wybraną powierzchnię pomiarową w postaci ciemnego koła lub prostokąta na tle rzeczywistego otoczenia. Przykładowy wygląd miernika luminancji z wbudowanym układem optycznym przedstawiono na rysunku 3.



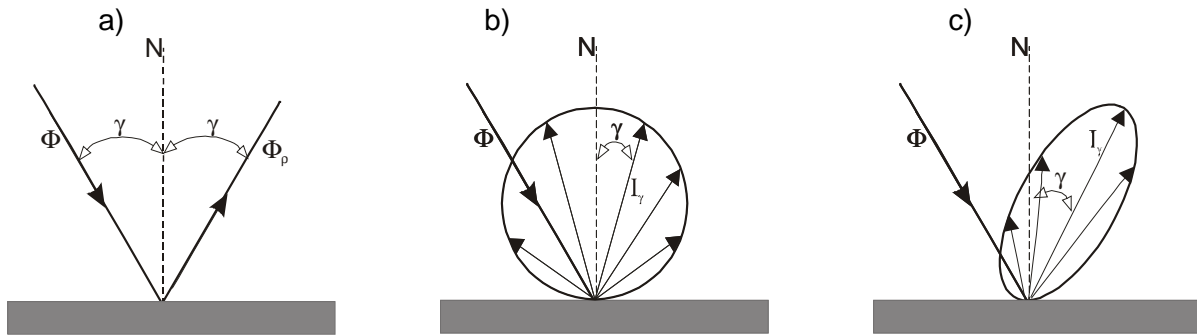
Rys. 3. Wygląd miernika luminancji z wbudowanym układem optycznym

## Właściwości fotometryczne materiałów

Ze względu na charakterystyczne cechy fotometryczne można wyróżnić trzy podstawowe rodzaje odbicia strumienia świetlnego od powierzchni:

- odbicie kierunkowe (zwierciadlane),
- odbicie rozproszone (lambertowskie, dyfuzyjne),
- odbicie kierunkowo – rozproszone,

Odbicie kierunkowe - jest to odbicie bez rozproszenia, dla którego rozbieżność między promieniami padającymi i odbitymi od powierzchni jest taka sama. Promień padający i odbity oraz normalna do powierzchni leżą w jednej płaszczyźnie oraz kąt padania i odbicia względem normalnej są takie same. Odbicie rozproszone - jest to odbicie we wszystkich kierunkach w obrębie kąta przestrzennego  $2\pi$ , bez występowania w skali makroskopowej odbicia kierunkowego. Odbicie kierunkowo – rozproszone - jest to odbicie częściowo kierunkowe i częściowo rozproszone. Podstawowymi rozpoznawalnymi cechami tego rodzaju odbicia strumienia świetlnego jest kształt bryły fotometrycznej wiązki odbitego.



**Rys. 4. Wygląd przestrzennego rozsyłu światła dla odbicia:  
 a- kierunkowego, b- rozproszonego, c- kierunkowo – rozproszonego.**

Bardzo ważnym cechem odbicia dyfuzyjnego jest stałość, niezależna od kierunku obserwacji luminancja powierzchni rozpraszającej (rys. 5).

$$L_{\gamma} = L = const \quad (2)$$

Własność ta wynika bezpośrednio z prawa Lamberta.

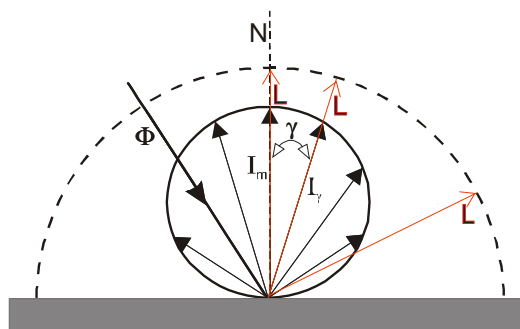
#### Prawo Lamberta (prawo kosinusowe)

Wartość natężenia światła powierzchni idealnie rozpraszającej zmienia się z kosinusem kąta  $\gamma$  zawartego pomiędzy danym kierunkiem, a normalną do powierzchni.

$$I_{\gamma} = I_m \cdot \cos \gamma \quad (3)$$

Dlatego też:

$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{S \cdot \cos \gamma} = \frac{I_m \cdot \cos \gamma}{S \cdot \cos \gamma} = \frac{I_m}{S} = L = const \quad (4)$$



**Rys. 5. Luminancja i rozsył światła z powierzchni odbijającej światło w sposób rozproszony**

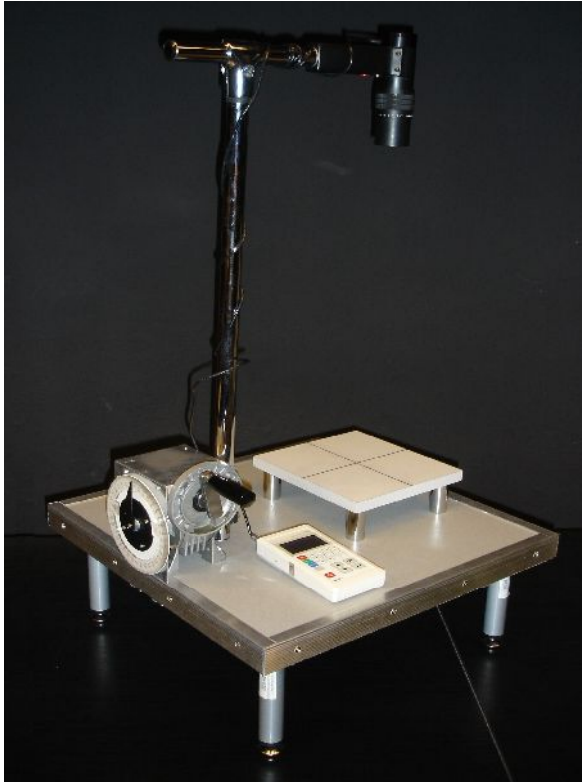
Luminancję powierzchni odbijającej strumień świetlny w sposób rozproszony, zgodnie z prawem Lamberta, określimy na podstawie natężenia oświetlenia na rozpatrywanej powierzchni oraz współczynnika odbicia światła tej powierzchni (zależność 5).

$$L_{\gamma} = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \quad (5)$$



## 2. PRZEBIEG WICZENIA

Przed rozpoczęciem pomiarów przeprowadzi klasyfikację badanych próbek pod względem ich własności refleksyjnych. Następnie na stanowisku pomiarowym, którego wygląd przedstawiono na rysunku 6, wyznaczy luminancję badanych próbek w funkcji zmian kąta obserwacji, dla ustalonych położenia źródeł światła oświetlających próbki. Ponadto dla próbek odbijających światło w sposób rozproszony wyznaczy współczynniki odbicia.



Rys. 6. Schemat stanowiska pomiarowego do pomiaru luminancji powierzchni o różnych własnościach refleksyjnych.

Pomiary luminancji próbek wykonana w jednej płaszczyźnie pomiarowej. Wskazane przez prowadzącego próbki umieszcza się dorazowo na stoliku pomiarowym tak, aby geometryczny rodek powierzchni próbki pokrywał się z geometrycznym rodkiem stolika pomiarowego. Przy założonym położeniu światła oświetlającym badaną powierzchnię, znajdującym się poza płaszczyzną obrotu ramienia, zmierzy luksemierzem wartość natężenia oświetlenia  $E$  oraz sprawdzi równomierność natężenia oświetlenia na badanej powierzchni. Należy zadbać o to, aby na oświetlanej próbce, w badanej płaszczyźnie, występowała stała wartość natężenia oświetlenia. Poprzez obrót ramienia wraz z zamocowanymi przystawkami do pomiaru luminancji odczyta wskazania miernika. Pomiary należy wykonać w zakresie kątów  $\gamma$  od  $-50^\circ$  do  $+50^\circ$  co  $5^\circ$  ( $\gamma$  - kąt pomiarowy położeniem ramienia układu pomiarowego, a normalnie do powierzchni badanej próbki). Wyniki pomiarów zanotować w tabeli pomiarowej. Sporządzić wykresy względnej zmiany luminancji w funkcji zmian kąta  $\gamma$  dla każdej badanej próbki ( $L_\gamma/L_{\gamma=0} = f(\gamma)$ ).

Dla powierzchni charakteryzujących się odbiciem kierunkowym i kierunkowo-rozproszonym ustawić źródło światła tak, aby znajdowało się w płaszczyźnie obrotu ramienia. W zakresie zmian kąta  $\gamma$  od  $0^\circ$  do  $50^\circ$  co  $2,5^\circ$  wyznaczyć zmiany luminancji.

Wyniki pomiarów zanotować w zamieszczonej tabeli pomiarowej. Sporządzić wykres  $L_\gamma/L_{\gamma=0} = f(\gamma)$ . Porównać uzyskane wyniki z pomiarami dla tych samych próbek oświetlanych źródłem światła znajdującym się poza płaszczyzną obrotu ramienia.

Następnie dla powierzchni charakteryzujących się odbiciem rozproszonym przeprowadzić pomiar luminancji w kierunku normalnej do powierzchni w kilku punktach badanej próbki. Zmianę punktu pomiarowego na powierzchni badanego materiału należy uzyskać poprzez zmianę położenia rodka próbki względem geometrycznego rodka stolika pomiarowego. Wyniki pomiarów zanotować w zamieszczonej tabeli. Na podstawie zależności (5) wyznaczyć wartość współczynnika odbicia strumienia świetlnego.

Przeprowadzić analizę uzyskanych wyników.



### 3. TABELE POMIAROWE

<b>Wyznaczanie luminancji powierzchni materiału w zale no ci od k ta obserwacji</b>					
Nr badanej próbki:					
Opis badanej próbki:					
Poło enie ró dła wiatła wzgl dem płaszczyzny pomiarowej:.....					
Nat enie o wietlenia na powierzchni badanej próbki: E=.....lx					
$\gamma$ [1°]	$L_\gamma$ [cd/m <sup>2</sup> ]	$L_\gamma / L_{\gamma=0}$ [-]	$\gamma$ [1°]	$L_\gamma$ [cd/m <sup>2</sup> ]	$L_\gamma / L_{\gamma=0}$ [-]
-50,0			5,0		
-45,0			10,0		
-40,0			15,0		
-35,0			20,0		
-30,0			25,0		
-25,0			30,0		
-20,0			35,0		
-15,0			40,0		
-10,0			45,0		
-5,0			50,0		
0			-		



<b>Wyznaczanie luminancji powierzchni o odbiciu kierunkowo-rozproszonym i kierunkowym w zależności od kąta obserwacji przy oświetleniu próbki źródłem światła znajdującym się w płaszczyźnie pomiarowej</b>			
Nr badanej próbki:			
Opis badanej próbki:			
Położenie źródła światła względem płaszczyzny pomiarowej:			
Natężenie oświetlenia na powierzchni badanej próbki: $E = \dots\dots\dots lx$			
$\gamma$ [ $1^\circ$ ]	$L_\gamma$ [ $cd/m^2$ ]	$\gamma$ [ $1^\circ$ ]	$L_\gamma$ [ $cd/m^2$ ]
0		27,5	
2,5		30,0	
5,0		32,5	
7,5		35,0	
10,0		37,5	
12,5		40,0	
15,0		42,5	
17,5		45,0	
20,0		47,5	
22,5		50,0	
25,0		-	



Wyznaczanie współczynnika odbicia światła dla materiałów o odbiciu rozproszonym			
Nr badanej próbki:			
Opis badanej próbki:			
Natężenie oświetlenia na powierzchni badanej próbki: $E = \dots\dots\dots \text{lx}$			
Nr punktu pomiarowego	L [cd/m <sup>2</sup> ]	L <sub>r</sub> [cd/m <sup>2</sup> ]	ρ [-]
1			
2			
3			
4			
5			