

Ćw. 4. Pomiar bryły fotometrycznej światłości za pomocą fotometru ramiennego

Opracował: dr hab. inż. Piotr Pracki, prof. uczelni



ZAKŁAD TECHNIKI
ŚWIETLNEJ

1. Wprowadzenie teoretyczne

Pomiary światłości należą do podstawowych pomiarów wykonywanych w laboratoriach fotometrycznych [1]. W przypadku wyznaczania tzw. światłości kierunkowej (wyznaczanie światłości w ściśle określonym kierunku) pomiary przeprowadza się zwykle na ławie fotometrycznej [2]. W przypadku wyznaczania bryły fotometrycznej światłości (wyznaczanie rozkładu przestrzennego światłości) pomiary przeprowadza się zwykle przy użyciu fotometru ramiennego lub goniofotometru, rzadziej z wykorzystaniem ekranu pomiarowego [2]. W ćwiczeniu przedstawiona jest metoda pomiaru światłości pod względem wyznaczania bryły fotometrycznej oprawy (lub źródła światła), z wykorzystaniem fotometru ramiennego.

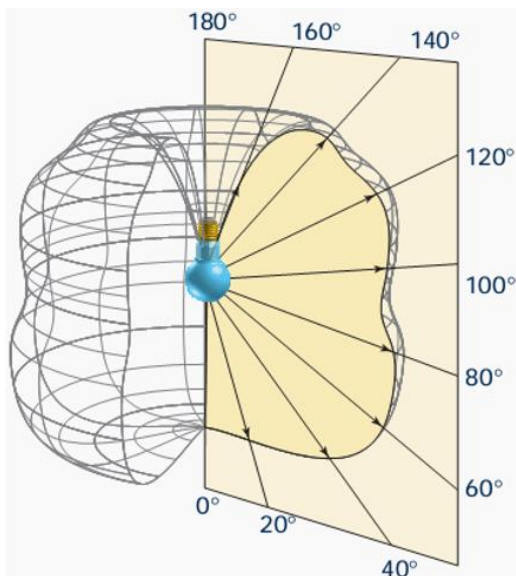
1.1. Bryła fotometryczna światłości i parametry oprawy oświetleniowej

Bryła fotometryczna światłości należy do fundamentalnych charakterystyk w technice świetlnej. Służy przede wszystkim do prezentacji właściwości fotometrycznych oprawy oświetleniowej lub źródła światła.

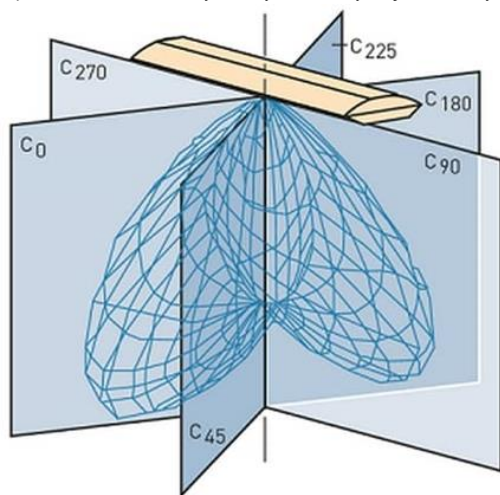
Bryła fotometryczna jest to powierzchnia zamknięta, utworzona przez zakończenia odcinków o wspólnym początku w środku świetlnym oprawy, których długość i kierunek przestrzenny odpowiada wartości światłości w tym kierunku [2]. Przykład obrotowo-symetrycznej bryły fotometrycznej źródła światła zaprezentowano na Rys. 1.

Do matematycznego opisu bryły fotometrycznej oprawy stosuje się trzy systemy A- α , B- β i C- γ [2]. W większości praktycznych przypadków zastosowań opraw oświetleniowych ich oś optyczna jest skierowana pionowo do dołu. W takim przypadku, oprawy opisuje się wykorzystując system C- γ , który opiera się na pęku półpłaszczyzn o wspólnej prostej, będącej jednocześnie osią optyczną oprawy [2]. Ilustrację tworzenia bryły fotometrycznej oprawy w systemie C- γ zaprezentowano na Rys. 2.

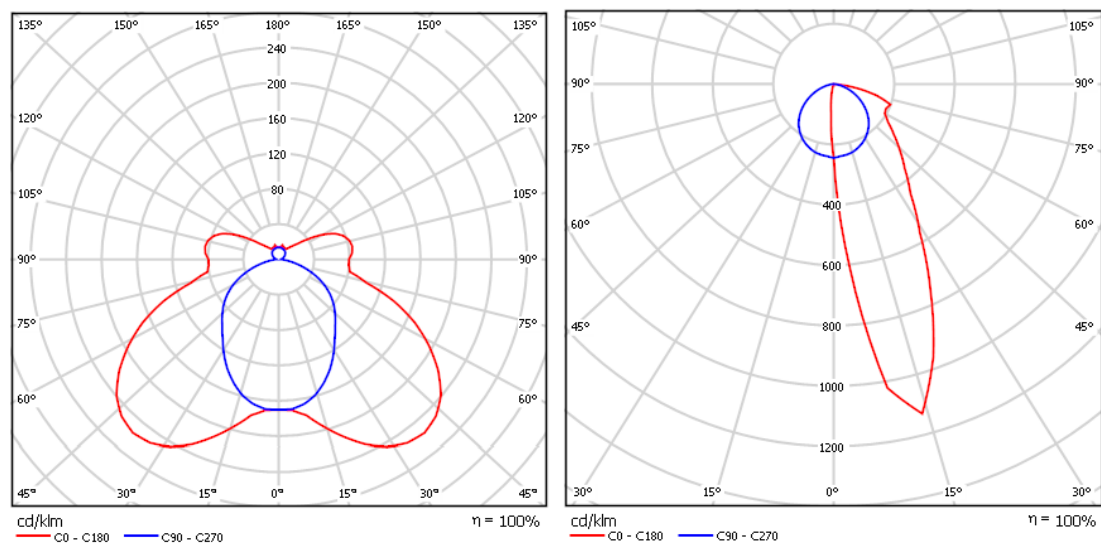
Ze względów praktycznych rozsył światłości oprawy jest przedstawiany w postaci wykresów światłości (krzywych światłości) w układzie biegunowym (lub w układzie kartezjańskim), w jednej lub kilku charakterystycznych płaszczyznach fotometrowania. Przykłady wykresów światłości opraw o rozsyle symetrycznym i asymetrycznym zaprezentowano na Rys. 3.



Rys. 1. Obrótowo-symetryczna bryła fotometryczna źródła światła [3].



Rys. 2. Ilustracja tworzenia bryły fotometrycznej oprawy w systemie C- γ [4].



Rys. 3. Przykłady wykresów światłości opraw o rozsyłe symetrycznym i asymetrycznym.

Na podstawie bryły fotometrycznej światłości obliczane są charakterystyczne parametry fotometryczne oprawy kod strumieniowy CIE oprawy, strumień świetlny oprawy,

półprzestrzenny dolny (górny) strumień świetlny oprawy, sprawność oprawy, półprzestrzenna dolna (górna) sprawność oprawy. Na podstawie kształtu bryły fotometrycznej światłości dokonuje się klasyfikacji opraw pod względem podziału przestrzennego strumienia świetlnego.

Kod strumieniowy CIE reprezentowany jest przez zestaw pięciu wskaźników .N1, .N2, .N3, .N4, .N5, charakteryzujących właściwości fotometryczne oprawy [5]:

$$.N1 = \frac{\Phi_{\omega=\pi/2}}{\Phi_{\omega=2\pi}} \quad (1)$$

$$.N2 = \frac{\Phi_{\omega=\pi}}{\Phi_{\omega=2\pi}} \quad (2)$$

$$.N3 = \frac{\Phi_{\omega=3\pi/2}}{\Phi_{\omega=2\pi}} \quad (3)$$

$$.N4 = \frac{\Phi_{\omega=2\pi}}{\Phi_{\omega=4\pi}} = \frac{\Phi_v}{\Phi} \quad (4)$$

$$.N5 = \frac{\Phi_{\omega=4\pi}}{\Phi_0} = \frac{\Phi}{\Phi_0} = \eta \quad (5)$$

gdzie:

- $\Phi_{\omega=\pi/2}$ – strumień świetlny oprawy dla kąta bryłowego $\omega=\pi/2$,
- $\Phi_{\omega=\pi}$ – strumień świetlny oprawy dla kąta bryłowego $\omega=\pi$,
- $\Phi_{\omega=3\pi/2}$ – strumień świetlny oprawy dla kąta bryłowego $\omega=3\pi/2$,
- $\Phi_{\omega=2\pi}$ – strumień świetlny oprawy dla kąta bryłowego $\omega=2\pi$ (półprzestrzenny dolny strumień świetlny oprawy: Φ_v),
- $\Phi_{\omega=4\pi}$ – strumień świetlny oprawy: Φ ,
- Φ_0 – strumień świetlny źródła (źródła) światła w oprawie,
- η - sprawność oprawy.

Wskaźniki kodu strumieniowego oprawy można wyrazić procentowo:

$$Ni = .Ni \cdot 100 \quad (6)$$

Półprzestrzenny górny strumień świetlny oprawy Φ_{\wedge} wynosi:

$$\Phi_{\wedge} = \Phi - \Phi_v \quad (7)$$

Półprzestrzenna dolna sprawność oprawy η_v wynosi:

$$\eta_v = .N4 \cdot \eta \quad (8)$$

Półprzestrzenna górna sprawność oprawy η_{\wedge} wynosi:

$$\eta_{\wedge} = \eta - \eta_v \quad (9)$$

Sprawności oprawy można wyrazić procentowo. W przypadku braku informacji o strumieniu świetlnym źródła światła w oprawie, wskaźnik .N5 wynosi 1, a na podstawie kodu strumieniowego nie można wyznaczyć sprawności oprawy.

Wskaźnik N4 oprawy jest podstawą do klasyfikowania opraw pod względem podziału przestrzennego strumienia świetlnego (klasy opraw oświetleniowych – klasy oświetlenia). Definiuje się pięć klas opraw oświetleniowych [6]:

- $N4 \in (90-100>$ – oprawy klasy I (oprawy oświetlenia bezpośredniego),
- $N4 \in (60-90>$ - oprawy klasy II (oprawy oświetlenia przeważnie bezpośredniego),
- $N4 \in (40-60>$ - oprawy klasy III (oprawy oświetlenia mieszanego [7], nazywane też oprawami oświetlenia bezpośrednio-pośredniego),
- $N4 \in (10-40>$ - oprawy klasy IV (oprawy oświetlenia przeważnie pośredniego),
- $N4 \in <0-10$ - oprawy klasy V (oprawy oświetlenia pośredniego).

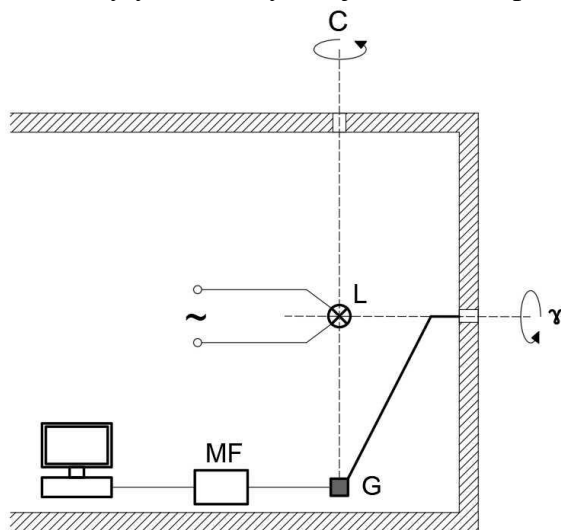
1.2. Pomiar światłości oprawy oświetleniowej na fotometrze ramiennym

Wyznaczenie światłości oprawy ma charakter pośredni i oparte jest na zastosowaniu prawa odwrotności kwadratu odległości i uwzględnieniu granicznej odległości fotometrowania [10]. Znając odległość R pomiędzy badaną oprawą (zawieszoną w osi obrotu ramienia fotometru) i ogniwnem luksomierza oraz wynikowe wskazanie luksomierza E , wartość światłości oprawy w danym kierunku $I_{C,\gamma}$, prostopadłym do płaszczyzny ogniwa, wynosi [11]:

$$I_{C,\gamma} = E \cdot R^2 \quad (10)$$

W celu wyznaczenia wartości światłości oprawy w różnych kierunkach w przestrzeni zachodzi potrzeba wykonania serii pomiarów natężenia oświetlenia, z wykorzystaniem fotometru ramiennego. Schemat stanowiska do pomiaru rozkładu przestrzennego światłości oprawy oświetleniowej przedstawiono na Rys. 4.

Pierwszy pomiar wykonywany jest przy umieszczeniu oprawy w taki sposób, aby wyznaczona została światłość w płaszczyźnie fotometrowania C_0 dla kąta $\gamma=0^\circ$. Kolejne pomiary wykonywane są przy obracaniu ramienia fotometru o zadany kąt γ , wynikający z oczekiwanej dokładności fotometrowania. Pomiary wykonywane są w zakresie kątów γ do 180° . Wykonując taką serię pomiarów, otrzymuje się rozkład kątowy światłości oprawy w płaszczyźnie fotometrowania C_0 . W dalszej kolejności ogniwo luksomierza zostaje ustawione w pozycji wyjściowej, kąt $\gamma=0^\circ$. Oprawa oświetleniowa zostaje obrócona w osi C o zadany kąt, wynikający z oczekiwanej dokładności fotometrowania i ponownie wykonywana jest seria pomiarów w zakresie kątów γ do 180° . Pomiary są powtarzane w takim samym schemacie, dla kolejnych kątów C , co w konsekwencji prowadzi do sfotometrowania oprawy oświetleniowej w całej przestrzeni i uzyskania bryły fotometrycznej światłości oprawy.



Rys. 4. Schemat stanowiska do pomiaru rozkładu przestrzennego światłości oprawy, L – oprawa, G – ogniwo luksomierza; MF – luksomierz; C – oś obrotu oprawy, γ – oś obrotu ramienia fotometru (rys. K. Skarżyński).

1.3. Obliczenie kodu strumieniowego CIE oprawy

Kod strumieniowy CIE oprawy oblicza się na podstawie światłości oprawy w systemie C - γ . Pierwszą czynnością jest obliczenie uśrednionej z płaszczyzn fotometrowania C , światłości oprawy dla rozpatrywanych kątów γ . W zależności od dokładności fotometrowania, przyjmuje się następujący sposób uśredniania światłości opraw oświetleniowych [5]:

- przy fotometrowaniu oprawy w płaszczyznach $C=0^\circ$ i $C=90^\circ$:

$$I_{\gamma sr} = \frac{I_{\gamma C0} + I_{\gamma C90}}{2} \quad (11)$$

- przy fotometrowaniu oprawy w płaszczyznach $C=0^\circ$, $C=45^\circ$ i $C=90^\circ$:

$$I_{\gamma sr} = \frac{I_{\gamma C0} + 2 \cdot I_{\gamma C45} + I_{\gamma C90}}{4} \quad (12)$$

- przy fotometrowaniu oprawy w płaszczyznach $C=0^\circ$, $C=30^\circ$, $C=60^\circ$ i $C=90^\circ$:

$$I_{\gamma sr} = \frac{I_{\gamma C0} + 2 \cdot I_{\gamma C30} + 2 \cdot I_{\gamma C60} + I_{\gamma C90}}{6} \quad (13)$$

- przy fotometrowaniu oprawy w płaszczyznach $C=0^\circ$, $C=15^\circ$, $C=30^\circ$, $C=45^\circ$, $C=60^\circ$, $C=75^\circ$ i $C=90^\circ$:

$$I_{\gamma sr} = \frac{I_{\gamma C0} + 2 \cdot I_{\gamma C15} + 2 \cdot I_{\gamma C30} + 2 \cdot I_{\gamma C45} + 2 \cdot I_{\gamma C60} + 2 \cdot I_{\gamma C75} + I_{\gamma C90}}{12} \quad (14)$$

Procedurę obliczania strumienia świetlnego oprawy przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Procedura obliczania strumienia świetlnego oprawy.

γ [°]	$I_{\gamma sr}$ [cd]	ω_γ [sr]	Φ_γ [lm]	$\Phi_{\Sigma\gamma}$ [lm]	γ' [°]
0	I_0				
5	I_5	$\omega_{\gamma[(10)-(0)]}$	$\Phi_{\gamma[(10)-(0)]}$	$\Phi_{\gamma[(10)-(0)]}$	10
10	I_{10}				
15	I_{15}	$\omega_{\gamma[(20)-(10)]}$	$\Phi_{\gamma[(20)-(10)]}$	$\Phi_{\gamma[(20)-(0)]}$	20
20	I_{20}				
25	I_{25}	$\omega_{\gamma[(30)-(20)]}$	$\Phi_{\gamma[(30)-(20)]}$	$\Phi_{\gamma[(30)-(0)]}$	30
30	I_{30}				
35	I_{35}	$\omega_{\gamma[(40)-(30)]}$	$\Phi_{\gamma[(40)-(30)]}$	$\Phi_{\gamma[(40)-(0)]}$	40
40	I_{40}				
45	I_{45}	$\omega_{\gamma[(50)-(40)]}$	$\Phi_{\gamma[(50)-(40)]}$	$\Phi_{\gamma[(50)-(0)]}$	50
50	I_{50}				
55	I_{55}	$\omega_{\gamma[(60)-(50)]}$	$\Phi_{\gamma[(60)-(50)]}$	$\Phi_{\gamma[(60)-(0)]}$	60
60	I_{60}				
65	I_{65}	$\omega_{\gamma[(70)-(60)]}$	$\Phi_{\gamma[(70)-(60)]}$	$\Phi_{\gamma[(70)-(0)]}$	70
70	I_{70}				
75	I_{75}	$\omega_{\gamma[(80)-(70)]}$	$\Phi_{\gamma[(80)-(70)]}$	$\Phi_{\gamma[(80)-(0)]}$	80
80	I_{80}				
85	I_{85}	$\omega_{\gamma[(90)-(80)]}$	$\Phi_{\gamma[(90)-(80)]}$	$\Phi_{\gamma[(90)-(0)]}$	90
90	I_{90}				
...
170	I_{170}				
175	I_{175}	$\omega_{\gamma[(180)-(170)]}$	$\Phi_{\gamma[(180)-(170)]}$	$\Phi_{\gamma[(180)-(0)]}$	180
180	I_{180}				

W celu wyznaczenia strumienia świetlnego oprawy zachodzi potrzeba obliczenia strefowych kątów bryłowych ω_γ (kolumna 3 w Tab. 1), dla zakresów kątów płaskich (wyrażonych w radianach) 0° - 10° , 10° - 20° , 20° - 30° , ... 170° - 180° :

$$\omega_\gamma = 2\pi[\cos 10(n+1) - \cos 10(n)], \text{ dla } n = 0, 1, 2, \dots, 17 \quad (15)$$

Wykorzystując zależność definicyjną pomiędzy strumieniem świetlnym i światłością oblicza się strefowe strumienie świetlne Φ_γ (kolumna 4 w Tab. 1), dla zakresów kątów płaskich 0° - 10° , 10° - 20° , 20° - 30° , ... 170° - 180° :

$$\Phi_\gamma = I_{\gamma sr} \cdot \omega_{\gamma[10(n+1)-10(n)]}, \text{ dla } n = 0, 1, 2, \dots, 17 \quad (16)$$

Ostatecznie oblicza się strumienie sumaryczne oprawy $\Phi_{\Sigma\gamma}$ (kolumna 5 w Tab. 1), dla zakresów kątów płaskich 0° - 10° , 0° - 20° , 0° - 30° , ... 0° - 180° :

$$\Phi_{\mathcal{N}(20)-(0)} = \Phi_{\mathcal{N}(10)-(0)} + \Phi_{\mathcal{N}(20)-(10)} \quad (17)$$

$$\Phi_{\mathcal{N}(30)-(0)} = \Phi_{\mathcal{N}(20)-(0)} + \Phi_{\mathcal{N}(30)-(20)} \quad (18)$$

$$\Phi_{\mathcal{N}(40)-(0)} = \Phi_{\mathcal{N}(30)-(0)} + \Phi_{\mathcal{N}(40)-(30)} \quad (19)$$

...

$$\Phi_{\mathcal{N}(180)-(0)} = \Phi_{\mathcal{N}(170)-(0)} + \Phi_{\mathcal{N}(180)-(170)} \quad (20)$$

Wartość ostatniego wyrazu $\Phi_{\mathcal{N}(180)-(0)}$ jest strumieniem świetlnym oprawy.

W tabeli 1 przedstawiono procedurę obliczania strumienia świetlnego oprawy opartą na obliczaniu kątów bryłowych i strumieni świetlnych strefowych dla zakresów kątów płaskich dziesięciostopniowych 0° - 10° , 10° - 20° , 20° - 30° , ... 170° - 180° . W zależności od potrzeb, procedurę obliczania można dostosować, np. dla zakresów kątów płaskich pięciostopniowych 0° - 5° , 5° - 10° , 10° - 15° , ... 175° - 180° . W tym przypadku zachodzi potrzeba wyznaczania światłości oprawy z pomiarów dla kątów $2,5^\circ$, 5° , $7,5^\circ$, ... $177,5^\circ$ lub interpolowania tych wartości ze światłości oprawy z pomiarów dla kątów 0° , 5° , 10° , ... 180° .

Do wyznaczenia wskaźników kodu strumieniowego oprawy konieczne jest obliczenie strumieni świetlnych oprawy dla poszczególnych kątów bryłowych ω , na podstawie zależności:

$$\Phi_{\omega=\pi/2} = -0,0605 \cdot \Phi_{\gamma=30^\circ} + 0,9801 \cdot \Phi_{\gamma=40^\circ} + 0,0804 \cdot \Phi_{\gamma=50^\circ} \quad (21)$$

$$\Phi_{\omega=\pi} = \Phi_{\gamma=60^\circ} \quad (22)$$

$$\Phi_{\omega=3\pi/2} = 0,3241 \cdot \Phi_{\gamma=70^\circ} + 0,7995 \cdot \Phi_{\gamma=80^\circ} - 0,1236 \cdot \Phi_{\gamma=90^\circ} \quad (23)$$

$$\Phi_{\omega=2\pi} = \Phi_{\gamma=90^\circ} \quad (24)$$

$$\Phi_{\omega=4\pi} = \Phi_{\gamma=180^\circ} \quad (25)$$

$$\Phi_{\omega=0} = 1000 \quad (26)$$

W przypadku braku informacji o strumieniu świetlnym źródła (źródeł światła) w oprawie $\Phi_{\omega=0} = \Phi_{\omega=4\pi}$ i piąty wskaźnik kodu strumieniowego wynosi 1.

1.4. Porównanie parametrów opraw

Do porównania brył fotometrycznych światłości dwóch opraw (oprawy 1 i oprawy 2), których strumienie świetlne są znormalizowane do 1000 lm, należy wykorzystać zależność [12]:

$$f_{luminaire, fit} = 100 \times \left(1 - \sqrt{\frac{\sum_{C=0}^{360} \sum_{\gamma=0}^{180} (I_1(C, \gamma) - I_2(C, \gamma))^2}{\sum_{C=0}^{360} \sum_{\gamma=0}^{180} (I_1(C, \gamma) + I_2(C, \gamma))^2}} \right) \quad (27)$$

Do porównania strumieni świetlnych dwóch opraw (oprawy 1 i oprawy 2) należy wykorzystać zależność [12]:

$$f_{flux, fit} = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \quad (28)$$

Do porównania dwóch opraw (oprawy 1 i oprawy 2) należy także obliczyć ilorazy pierwszych, drugich, trzecich i czwartych wskaźników kodu strumieniowego.

2. Opis ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z laboratoryjną metodą pomiaru rozkładu przestrzennego światłości opraw oświetleniowych, z wyznaczaniem na podstawie bryły

fotometrycznej światłości parametrów fotometrycznych oprawy oświetleniowej oraz z porównywaniem parametrów fotometrycznych opraw oświetleniowych. Realizacja ćwiczenia polega na wykonaniu następujących zadań:

- przygotowanie i opis opraw oświetleniowych wybranych do badań,
- przygotowanie i opis stanowiska pomiarowego, mierników i wzorców,
- wykonanie pomiarów przy użyciu fotometru ramiennego,
- obliczenie rozkładów przestrzennych światłości opraw i opracowanie graficzne,
- obliczenie strumieni świetlnych i kodów strumieniowych CIE opraw,
- ocena rozbieżności pomiędzy parametrami badanych opraw i danymi katalogowymi.

Badaniu podlegają dwie oprawy oświetleniowe charakteryzujące się różnymi rozsyłami światłości. Wskazane przez prowadzącego laboratorium oprawy oświetleniowe należy opisać w zakresie charakterystyki geometrycznej, fotometrycznej i elektrycznej. Należy wykonać zdjęcia opraw i podać podstawowe wymiary geometryczne i wymiary powierzchni świecących opraw, zastosowane źródła światła w oprawach, moc opraw oraz deklarowane parametry katalogowe, udostępnione przez prowadzącego.

Należy przygotować stanowisko pomiarowe i jego opis do sprawozdania. Sporządzić schemat stanowiska, podać podstawowe informacje o wykorzystanych miernikach i wzorcach.

Należy wykonać pomiary rozkładów przestrzennych parametrów opraw dla zadanej przez prowadzącego dokładności fotometrowania, w zakresie płaszczyzny fotometrowania C i kąta fotometrowania γ . Wyniki pomiarów należy odnotować w układzie tabelarycznym. Tabele należy przygotować stosownie do zadanych kroków fotometrowania. Światłości opraw należy znormalizować do strumienia świetlnego 1000 lm.

3. Sprawozdanie

Pierwszą część sprawozdania powinno stanowić wprowadzenie teoretyczne. Część pomiarowo-analityczna sprawozdania powinna zawierać opisy opraw i stanowiska pomiarowego, wyniki pomiarów, krzywe światłości w formie graficznej, w układzie biegunowym, obliczone strumienie świetlne i kody strumieniowe opraw. Należy zestawić i porównać ze sobą bryły fotometryczne opraw i strumienie świetlne opraw. Ostatnią część sprawozdania powinna stanowić analiza uzyskanych wyników, wnioski i podsumowanie realizowanego ćwiczenia.

4. Pytania weryfikacyjne

- Co to jest bryła fotometryczna światłości oprawy

Bryła fotometryczna światłości oprawy jest to powierzchnia zamknięta, utworzona przez zakończenia odcinków o wspólnym początku w środku świetlnym oprawy, których długość i kierunek przestrzenny odpowiada wartości światłości w tym kierunku.

- Wymienić podstawowe parametry fotometryczne opraw oświetleniowych

Do podstawowych parametrów fotometrycznych oprawy zalicza się bryłę fotometryczną światłości, kod strumieniowy CIE, strumień świetlny oprawy, strumień półprzestrzenny dolny i strumień półprzestrzenny górny oprawy, sprawność oprawy, sprawność półprzestrzenną dolną i sprawność półprzestrzenną górną oprawy, klasę oświetleniową.

- Omówić klasy opraw oświetleniowych

Klasę oprawy oświetleniowej definiuje się na podstawie wskaźnika N_4 oprawy - ilorazu półprzestrzennego dolnego strumienia świetlnego oprawy i strumienia świetlnego oprawy, wyrażonego w procentach. W zależności od tego ilorazu określa się 5 klas opraw oświetleniowych:

- $N_4 \in (90-100>$ – oprawy klasy I (oprawy oświetlenia bezpośredniego),
 - $N_4 \in (60-90>$ - oprawy klasy II (oprawy oświetlenia przeważnie bezpośredniego),
 - $N_4 \in (40-60>$ - oprawy klasy III (oprawy oświetlenia mieszanego, nazywane też oprawami oświetlenia bezpośrednio-pośredniego),
 - $N_4 \in (10-40>$ - oprawy klasy IV (oprawy oświetlenia przeważnie pośredniego),
 - $N_4 \in <0-10>$ - oprawy klasy V (oprawy oświetlenia pośredniego).
- Omówić procedurę wyznaczania bryły fotometrycznej na podstawie pomiarów światłości oprawy na fotometrze ramiennym

W celu wyznaczenia bryły fotometrycznej światłości oprawy zachodzi potrzeba wykonania serii pomiarów natężenia oświetlenia w różnych kierunkach, z wykorzystaniem fotometru ramiennego. Pierwszy pomiar wykonywany jest przy umieszczeniu oprawy w taki sposób, aby wyznaczona została światłość w płaszczyźnie fotometrowania C_0 dla kąta $\gamma=0^\circ$. Kolejne pomiary wykonywane są przy obracaniu ramienia fotometru o zadany kąt γ , wynikający z oczekiwanej dokładności fotometrowania. Pomiary wykonywane są w zakresie kątów γ do 180° . Wykonując taką serię pomiarów, otrzymuje się rozkład kątowy światłości oprawy w płaszczyźnie fotometrowania C_0 . W dalszej kolejności ogniwo luksomierza zostaje ustawione w pozycji wyjściowej, kąt $\gamma=0^\circ$. Oprawa oświetleniowa zostaje obrócona w osi C o zadany kąt, wynikający z oczekiwanej dokładności fotometrowania i ponownie wykonywana jest seria pomiarów w zakresie kątów γ do 180° . Pomiary są powtarzane w takim samym schemacie, dla kolejnych kątów C , co w konsekwencji prowadzi do sfotometrowania oprawy oświetleniowej w całej przestrzeni i uzyskania bryły fotometrycznej światłości oprawy.

5. Literatura

- [1] Illuminating Engineering Society, Lighting Handbook - reference & application, 10th ed., IESNA, New York, 2011.
- [2] Żagan W., Podstawy Techniki Świetlnej, OWPW, Warszawa, 2005.
- [3] Strona internetowa: <https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/> dostęp z dnia 25.02.2022
- [4] Strona internetowa: <https://namatek.com/> dostęp z dnia 25.02.2022
- [5] Bąk J., Obliczanie oświetlenia ogólnego wnętrz, WNT, Warszawa, 1983.
- [6] Pracki P., Projektowanie oświetlenia wnętrz, OWPW, Warszawa, 2011.
- [7] Strona internetowa: <https://cie.co.at/eilvterm/17-29-016> dostęp z dnia 25.02.2022
- [8] Strona internetowa: <https://www.pelsan.com.tr/> dostęp z dnia 25.02.2022
- [9] Żagan W., Oprawy oświetleniowe, Kształtowanie rozsyłu strumienia świetlnego i rozkładu luminancji, OWPW, Warszawa, 2012.
- [10] Raport CIE 70, The measurement of absolute luminous intensity distributions, CIE, Vienna, 1987.
- [11] Czyżewski D., Zalewski S., Laboratorium fotometrii i kolorymetrii, OWPW, Warszawa, 2007.
- [12] Gassmann F., Krueger U., Bergen T., Schmidt F., Comparison of luminous intensity distributions. Lighting Research & Technology, 49(1), 62-83, 2017.