



Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „L A M B E R T”

Światło widzialne to fale elektromagnetyczne o długości zawartej w przedziale 380–780 nm. Fale dłuższe to promieniowanie podczerwone (780 nm - 1000 μm), a fale krótsze to promieniowanie ultrafioletowe (około 10 nm - 380). Światło widzialne wywołuje wrażenia barwne, a światło białe jest mieszaniną fal o różnej długości.

Światło - barwa i odpowiadająca jej długość fali elektromagnetycznej



Strumień świetlny Φ - moc promieniowania elektromagnetycznego (w zakresie widzialnym) mierzona w **lumenach**. 1 lumen jest to strumień światła wysyłany w kąt bryłowy 1 sr (steradian) przez izotropowe źródło światła (umieszczone w wierzchołku tego kąta), posiadające światłość 1 cd (kandela):

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$$

Natężenie oświetlenia E - moc promieniowania elektromagnetycznego (w zakresie widzialnym) przypadająca na jednostkę powierzchni, mierzona w **luksach**. 1 luks jest to natężenie oświetlenia wywołane przez strumień świetlny 1 lm (lumen) padający prostopadle na powierzchnię 1 m²:

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr/m}^2$$

Światłość I (natężenie źródła światła) - pochodna strumienia świetlnego Φ względem kąta bryłowego Ω wokół kierunku, w jaki wysyłany jest strumień przez punktowe źródło światła. Światłość określana jest względem zdefiniowanego kierunku. Lub inaczej: stosunek strumienia świetlnego $d\Phi$ emitowanego przez punktowe źródło światła w nieskończenie mały kąt bryłowy $d\Omega$ wokół danego kierunku przez wartość tego kąta: $I = d\Phi/d\Omega$. Mierzona w **kandelach**. 1 kandela jest to światłość jaką wykazuje w określonym kierunku źródło emitujące monochromatyczne promieniowanie o częstotliwości 540×10^{12} herców wysyłające w tym kierunku strumień światła 1/683 watów na steradian.

Fotometry - przyrządy służące do pomiaru wielkości fotometrycznych. Do badania jasności źródła światła w funkcji długości fali świetlnej stosuje się spektrofotometry. Szczególne fotometry to luksomierze (do pomiaru natężenia promieniowania), ławy fotometryczne (mierzące światłość), densytometry (pomiar gęstości optycznej), nefelometry (pomiar światłości światła rozproszonego), kolorymetry.

Prawo Lamberta. Jeżeli źródło światła jest punktowe i promieniuje izotropowo, wówczas moc promieniowania światła przypadająca na jednostkę powierzchni (natężenie oświetlenia) maleje z odległością i zależy od kąta padania.

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

Powyższą zależność nazywamy prawem Lamberta (istnieje jeszcze prawo Lamberta - Beera), choć historycznie (1760) prawem Lamberta jest zależność $E = I \cos \alpha$ i dotyczy światłości powierzchni (spełnione dla ciała doskonale czarnego, dla ciał matowych istnieje odstępstwo).

„L A M B E R T”

Pytania do przygotowania:

1. Podaj definicję światła.
2. Na czym polega proces świecenia ciał?
3. Czym zajmuje się optyka?
4. Czym zajmuje się fotometria?
5. Podaj definicję natężenia oświetlenia, jego wymiar i jednostkę.
6. Podaj definicję strumienia świetlnego, jego wymiar i jednostkę.
7. Podaj definicję światłości i jej jednostkę.
8. Do czego służą fotometry?
9. Prawo Lamberta.
10. Z jaką szybkością rozchodzi się światło w próżni ?
11. Ile wynosi wartość i jednostka stałej Plancka?
12. Co to jest kwant światła?
13. Jak nazywamy promieniowanie świetlne oznaczone skrótem IR?
14. Jak nazywamy promieniowanie świetlne oznaczone skrótem VIS?
15. Czy promieniowanie ultrafioletowe jest światłem widzialnym czy niewidzialnym?

Wskazówki do wykonania pomiarów

1. Wyłączyć wszelkie zewnętrzne źródła światła.
2. Włączyć badane źródło światła.
3. Ustawić sondę luksomierza w położeniu $\alpha = 0^\circ$ na tarczy oraz w odległości r około 30 cm od źródła światła. Kolejne czynności uwzględniają różne cele studenta 1 (wyznaczanie) i studenta 2 (sprawdzanie)

Zależność oświetlenia E_r od odległości r (wyznaczanie i sprawdzanie)

4. Określić wartość natężenia oświetlenia E_r przy odległości r .
5. Oddalać sondę miernika od źródła światła i wykonać pomiary natężenia oświetlenia E_r . Zmiany odległości mogą być dowolne, ale nie mniejsze niż 5 cm.
6. Wykorzystując całą długość ławy optycznej wykonać serię 10 pomiarów oświetlenia E_r - wszystkie przy kącie odchylenia $\alpha = 0^\circ$.

UWAGA:

Odległość r mierzy się od źródła światła (początek skali) do sondy miernika, umieszczonej na środku układu z kątomierzem. Długość odczytywaną z ławy optycznej należy odpowiednio zwiększyć, bądź zmniejszyć o 20 mm, aby uwzględnić szerokość ławy statywu.

Zależność oświetlenia E_α od kąta α (tylko sprawdzanie)

7. Ustawić sondę w położeniu $\alpha = 0^\circ$ oraz w odległości r około 30 cm od źródła światła. Zmierzyć wartość natężenia oświetlenia E_α
8. Zwiększyć kąt odchylenia sondy luksomierza i dokonywać odczytów wartości natężenia oświetlenia E_α i kątów α w zakresie od 0 do 70° . Luksomierz odchyłać w stronę wyczerzonej ściany, która daje mniejsze odbicia – mniejsze niepewności.
9. Wykonać 10 pomiarów E_α przy jednej odległości r równej np. 30 cm.
10. Wykonać obliczenia zgodnie z instrukcją i sporządzić wykres próbny w arkuszu kalkulacyjnym. W obliczeniach pamiętać o używaniu jednostek podstawowych układu SI.
11. Sporządzić protokół z wykonania pomiarów i oszacowanych niepewności pomiarowych.

„L A M B E R T”

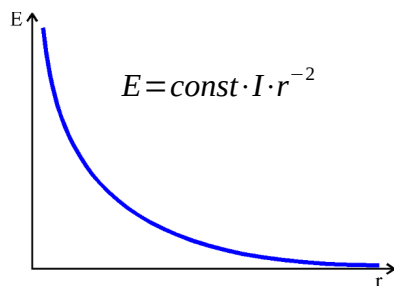
Student 1: Wyznaczanie natężenia źródła światła metodą Lamberta.

Student 2: Sprawdzanie prawa Lamberta.

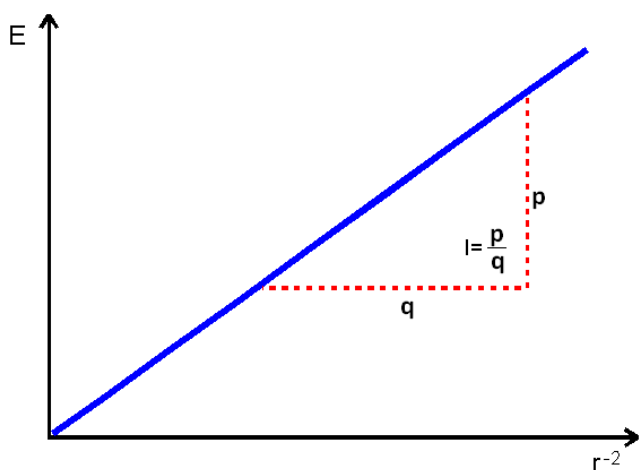
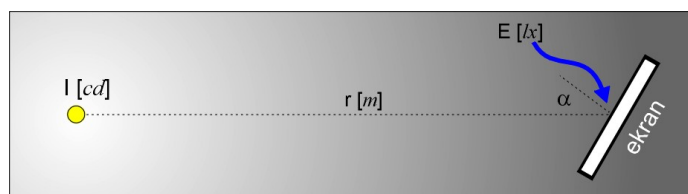
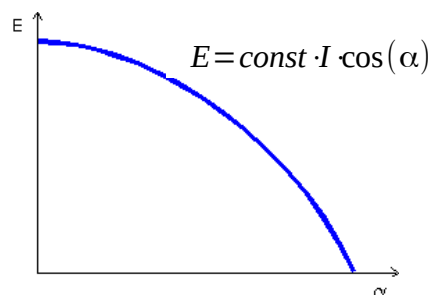
Baza teoretyczna

Prawo Lamberta: $E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \alpha$ opisuje zależność oświetlenia powierzchni od odległości i kąta padania.

Jeżeli α jest stałe

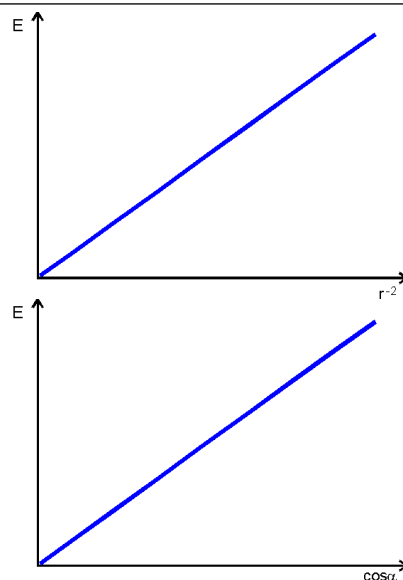


Jeżeli r jest stałe



Zatem, aby **wyznaczyć natężenie źródła światła I** należy:

- wykonać pomiary zależności natężenia oświetlenia E_r od odległości od źródła r dla kąta $\alpha = 0^\circ$,
- sporządzić wykres zależności oświetlenia E_r od r^{-2} ,
- odczytać wartość natężenia źródła.



Zatem, aby **sprawdzić prawo Lamberta** należy:

- wykonać pomiary natężenia oświetlenia E_r od odległości od źródła r dla kąta padania $\alpha = 0^\circ$
- wykonać pomiary natężenia oświetlenia E_α od kąta α dla stałej odległości r ,
- sporządzić wykresy zależności oświetlenia E_r od r^{-2} , oraz oświetlenia E_α od $\cos \alpha$,
- zanalizować ich liniowość.

„LAMBERT”

Student 1: Wyznaczanie natężenia źródła światła metodą Lamberta.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r	[m]										
E_r	[lx]										

$$\Delta r = \dots$$

$$\Delta E_r = \dots$$

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

$$\frac{1}{r^2} = \dots$$

$$\Delta \frac{1}{r^2} = \left| \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r + \Delta r)^2} \right| = \dots$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{1}{r^2}$	[...]										
$\Delta \frac{1}{r^2}$	[...]										
E_r	[lx]										

$$\Delta E_r = \dots$$

III.4. Wykres

+ obliczenie I (nachylenie prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie I' (nachylenie prostej odchylonej)

+ obliczenie dokładności metody $\Delta I = |I - I'|$

IV. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„L A M B E R T”

Student 2: Sprawdzanie prawa Lamberta.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r	[m]										
E_r	[lx]										

$\Delta r = \dots$

$\Delta E_r = \dots$

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α	[°]										
E_α	[lx]										

$\Delta \alpha = \dots [^\circ] =$

$\Delta E_\alpha = \dots$

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

$$\frac{1}{r^2} = \dots$$

$$\Delta \frac{1}{r^2} = \left| \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r + \Delta r)^2} \right| = \dots$$

$\cos \alpha = \dots$

$$\Delta \cos \alpha = |\cos(\alpha) - \cos(\alpha + \Delta \alpha)| = \dots$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{1}{r^2}$	[...]										
$\Delta \frac{1}{r^2}$	[...]										
E_r	[lx]										

$\Delta E_r = \dots$

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\cos \alpha$	[...]										
$\Delta \cos \alpha$	[...]										
E_α	[lx]										

$\Delta E_\alpha = \dots$

III.4. Wykresy

IV. Podsumowanie

Ponieważ na wykresach ... można poprowadzić proste przechodzące przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.