

BADANIE WŁASNOŚCI FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Cel ćwiczenia

Ćwiczenie składa się z trzech części. Celem pierwszej części ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskiem polaryzacji światła widzialnego, a także wykonanie i analiza krzywej obrazującej prawo Malusa. W drugiej części ćwiczenia nastąpi doświadczalne sprawdzenie prawa Lamberta i obliczenie natężenia źródła światła. Obliczenie prędkości światła w światłowodzie stanowi cel trzeciej części ćwiczenia, podobnie jak zapoznanie się z zasadą działania światłowodu i jego zastosowaniem w medycynie.

Aparatura

Ława optyczna, luksomierz, źródło światła z ruchomym filtrem czerwonym, dwa polaryzatory zewnętrzne, światłowody o różnej długości, aparat pomiarowy prędkości światła,

Część I. Wykonanie i analiza krzywej obrazującej prawo Malusa

Cel: wykonanie i analiza krzywej obrazującej prawo Malusa.



Schemat układu pomiarowego – prawo Malusa

1. Ława optyczna
2. Włącznik luksomierza (on/off)
3. Przesłona
4. Polaryzatory (od lewej):
 - Prostokątny polaryzator zapewniający światło spolaryzowane
 - Pierwszy polaryzator
 - Drugi polaryzator (druga część ćwiczenia)
5. Źródło światła ustawione w pozycji „A”
6. Włącznik zasilania



Przebieg ćwiczenia:

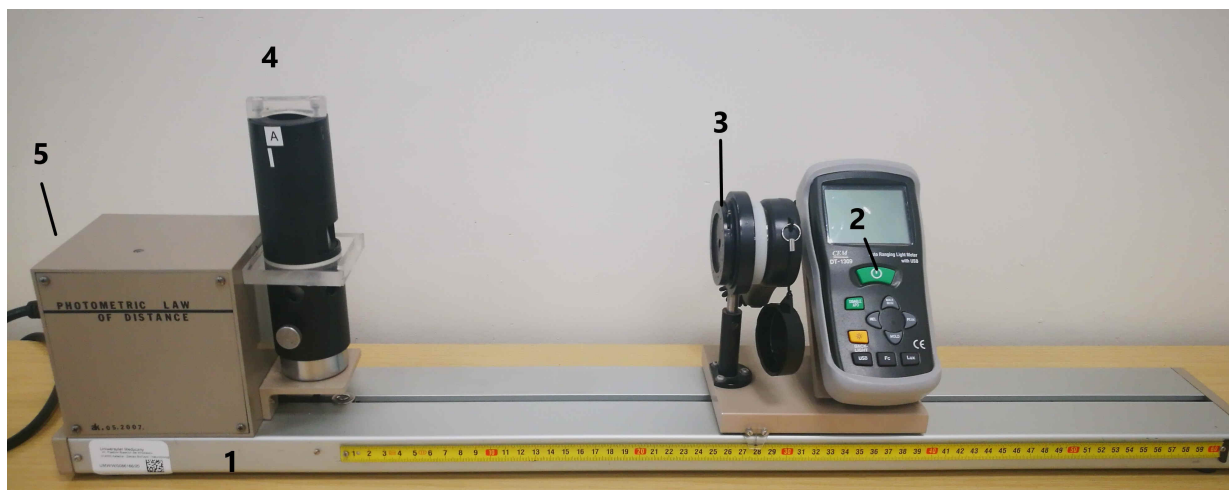
1. Włączyć źródło światła przyciskiem (6) i ustawić je w pozycji "A" (światło białe)
2. Ustawić średnicę przesłony na **10 mm** i ustawić detektor w odległości **19,5 cm** od źródła światła.
3. Włączyć luksomierz przyciskiem (2).
4. Ustawić polaryzator zewnętrzny w odległości **4 cm** od źródła światła i ustawić wskaźnik skali kątowej na wartość **- 90 °** i odczytać z luksomierza wartość oświetlenia.

UWAGA Wartość kąta dla punktu 5 odczytujemy tylko dla polaryzatora numer 1, a dla punktu 7 tylko dla polaryzatora numer 2

5. Zmieniając położenie wskaźnika skali co 10° odczytywać z luksomierza wartość oświetlenia – zapisując w **tabeli 1a**.
6. Poprosić prowadzącego o ustawienie drugiego polaryzatora oraz ustawić detektor w odległości **17 cm** od źródła światła.
7. Następnie zmieniać ustawienie wskaźników skali na obu polaryzatorach synchronicznie, o wartość równą 10° zapisując z luksomierza wartości oświetlenia w **tabeli 1b**.
8. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć luksomierz i źródło światła.
9. Sporządzić dwa wykresy na jednym układzie współrzędnych:
 - a) na podstawie danych z tabeli 1a,
 - b) na podstawie danych z tabeli 1b .
10. Odczytać z wykresu przesunięcie kątowe maksimum z wykresu otrzymanego z polaryzatorem zewnętrznym nr 1 i w obecności 2 polaryzatorów zewnętrznych.
11. Wartość tę wpisać do **tabeli 2** formularza.
12. Wykresy dołączyć do formularza z ćwiczeń.

Część II. Prawo Lamberta

Cel: doświadczalne sprawdzenie prawa Lamberta i obliczenie natężenia źródła światła.



Schemat układu pomiarowego prawa Lamberta

- 1 Ława optyczna
- 2 Włącznik luksomierza (on/off)
- 3 Przesłona
- 4 Źródło światła ustawione w pozycji „A”
- 5 Włącznik zasilania

Przebieg ćwiczenia:

1. Włączyć źródło światła przyciskiem (5) i ustawić je w pozycji „A”.
2. Włączyć luksomierz przyciskiem (2).
4. Ustawić średnicę przesłony na **6 mm** i ustawić detektor w odległości **5 cm** od źródła światła.
5. Dokonać odczytu oświetlenia detektora (E) w funkcji odległości detektora od źródła (r) i wpisać wszystkie zmierzone wartości do **tabeli 3** w formularzu ćwiczeniowym.
6. Przetawić źródło światła w pozycję „B” (filtr czerwony) i powtórzyć procedurę pomiarową identycznie jak w punkcie 5.
7. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć luksomierz i źródło światła.
8. Sporządzić wykresy zależności oświetlenia E od odwrotności kwadratu odległości ($1/r^2$) w nieobecności oraz obecności filtra czerwonego.
9. Na podstawie prawa Lamberta obliczyć natężenie źródła światła (I), wyznaczając współczynnik kierunkowy wykreślonej prostej $E = I(1/r^2)$. Obliczone wartości wpisać do **tabeli 4**.

Część III. Pomiar prędkości światła

Cel: obliczenie prędkości światła w światłowodzie.

Wiązka światła laserowego (fala elektromagnetyczna o częstotliwości 2 MHz) wychodząca ze źródła jest rozszczepiana na dwie wiązki (jedna wiązka kierowana jest bezpośrednio do detektora znajdującego się obok źródła, natomiast druga poprzez światłowód do drugiego detektora). Dotarcie tych wiązek do odpowiednich detektorów odbywa się z pewnym przesunięciem czasowym, które jest wyznaczane poprzez pomiar różnicy faz czoła rejestrowanych fal. Mierzone przesunięcie czasowe jest większe od rzeczywistego, a to ze względu na opóźnienia generowane przez aparaturę elektroniczną. Aby wyeliminować te opóźnienia, pomiaru przesunięcia czasowego (będącego miarą czasu przejścia wiązki przez światłowód) dokonujemy dwukrotnie: najpierw przy światłowodzie o długości 2 m, a następnie przy długości 8 m.

Różnica zmierzonych przesunięć czasowych (mierzonych w ns) jest czasem przejścia wiązki laserowej przez światłowód o długości równej $8\text{ m} - 2\text{ m} = 6\text{ m}$.

Przebieg ćwiczenia:

1. Poprosić prowadzącego o założenie pierwszego światłowodu.
2. Włączyć aparat pomiarowy przełącznikiem **POWER**.
3. Przełącznik F/L ustawić w pozycji **F** (fiber – światłowód).
4. Sprawdzić, czy świeci się **dioda O/K** i w razie potrzeby włączyć ją przyciskiem RESET.
5. Zostawić aparaturę na okres około **10 min.** w celu jej stabilizacji.
6. Po tym czasie wcisnąć klawisz **RESET** i trzymając go w tej pozycji od **10 do 15 sekund** sprawdzić, czy wyświetlacz wskazuje migający znak (+/-) i same zera. Jeśli tak, to po zwolnieniu przycisku odczytujemy wartość przesunięcia czasowego wskazaną na wyświetlaczu w nanosekundach. Jeśli nie, to trzymając nadal wcisnięty przycisk RESET sprowadzić za pomocą pokrętła ZERO wskazanie wyświetlacza do +/- 0000 (cały czas ma świecić się dioda O/K). Po puszczeniu klawisza RESET odczytujemy przesunięcie czasowe i wpisujemy je do formularza.
7. Poprosić prowadzącego o zmianę światłowodu.
8. Powtórzyć wszystkie czynności jak przy poprzednim światłowodzie. Wartość drugiego przesunięcia czasowego wpisać do **tabeli 5** formularza.
9. Wyliczyć prędkość światła laserowego w światłowodzie wg wzoru:

$$V = \frac{L_2 - L_1}{K \cdot (T_2 - T_1)}$$

gdzie: V – prędkość światła laserowego w światłowodzie, L_1 – długość pierwszego światłowodu L_2 – długość drugiego światłowodu, K – współczynnik wynikający z właściwości miernika (K=1.4), T_1 – czas potrzebny na przebycie przez światło odległości L_1 , T_2 – czas potrzebny na przebycie przez światło odległości L_2 . Pomiar czasu jest w nanosekundach.

Wymagane wiadomości teoretyczne

1. Natura światła.
2. Powstawanie akcji laserowej:
pojęcia: inwersja obsadzeń, pompowanie optyczne.
3. Charakterystyka pracy lasera.
4. Cechy promieniowania laserowego: monochromatyzm, spójność (koherentność); równoległość (kolimacja)
5. Polaryzacja światła.
6. Prawo Malusa.
7. Prawo Lamberta.
8. Zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.
9. Zasada działania światłowodu.
10. Podstawowe wielkości i jednostki świetlne.

Literatura

1. M.A. Herman, A. Kalestyński, L. Widomski, „Podstawy fizyki dla kandydatów na wyższe uczelnie i studentów”, PWN, Warszawa 1995.
2. F. Jaroszyk, „Biofizyka”, PZWL, Warszawa 2008, wyd. 2.
3. „Encyklopedia fizyki współczesnej”, PWN, Warszawa 1983.
4. „Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii”, pod redakcją A. Z. Hryniewicz i E. Rokity, PWN, Warszawa 2000.
5. „Fotodynamiczna metoda rozpoznawania i leczenia nowotworów”, pod redakcją A. Graczyk, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 1999.
6. T. Dryński, „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN, Warszawa 1980.

2. Tabela 2

Kąt odczytany z wykresu	
------------------------------------	--

Część II Prawo Lamberta

3. Tabela 3

Odległość r [cm]	$1/r^2$ [1/m ²]	Oświetlenie E_1 [lx] (przesłona 6 mm)	Oświetlenie E_2 [lx] (przesłona 6 mm filtr czerwony)
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
16			
18			
20			
25			
30			
40			
50			

4. Tabela 4

$I_1 =$	[cd]	$I_2 =$	[cd]
---------	------	---------	------

Część III Pomiar prędkości światła.

$$V = \frac{L_2 - L_1}{K \cdot (T_2 - T_1)}$$

5. Tabela 5

L₁ [m]	L₂ [m]	K	T₁ [s]	T₂ [s]	V [m/s]

6. Obliczenie współczynnika załamania:

$$n = \frac{c}{V} =$$

c – prędkość światła w próżni 3×10^8 m/s