

O 10.3. Wyznaczanie stałej Verdet

INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

1. Charakterystyka fali świetlnej (długość fali, częstotliwość, prędkość)
2. Sposoby polaryzacji światła
3. Efekt Faraday'a
4. Stała Verdet
5. Zasada działania polarymetru

Literatura:

1. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Optyka*. J. Kowalik, M. Wiertel, R. Żołnierczuk, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 1995.
2. B. Kuśmiderska, J. Meldizon, *Podstawy rachunku błędów w pracowni fizycznej*, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 1997.
3. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, tom IV.
4. Sz. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna. Część IV Optyka*, WN Warszawa 1983.

Wartości podawane przez prowadzącego zajęcia:

Współczynnik przenikalności magnetycznej próżni $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

Parametry solenoidu: $l = 0,2 \text{ m}$; $R = 0,045 \text{ m}$; $N = 900$ zwojów; $d = 0,21 \text{ m}$

lub współczynnik $K = \frac{\sqrt{4R^2 + d^2}}{\mu_0 l N} = 1010 \text{ A/(Tm)}$

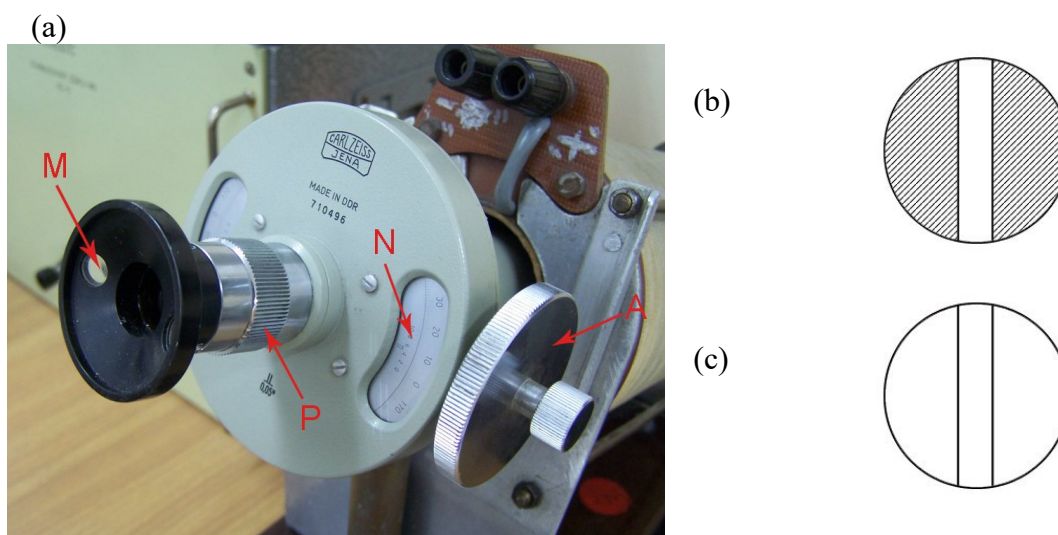
Natężenie prądu płynącego przez solenoid: $i = 4 - 16 \text{ A}$

Wykonanie zadania:



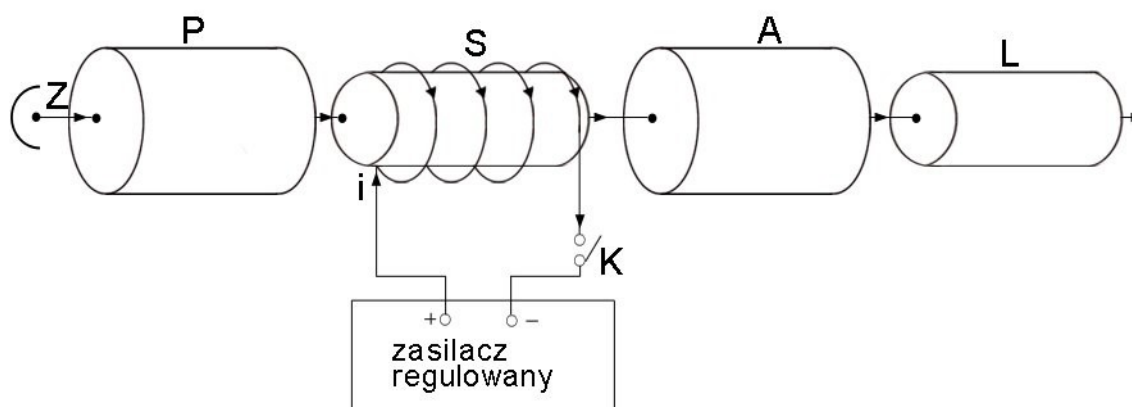
Rys. 1 Fotografia przedstawiająca stanowisko pomiarowe

1. Otrzymaną do badań rurkę polarymetryczną z cieczą umieścić wewnątrz polarymetru, który następnie należy wsunąć do środka solenoidu.
2. Włączyć lampę z żółtym światłem skierowaną na polaryzator - (Z) na rys. 3..
3. Za pomocą pokrętki P (Rys. 2a) ustawić ostrość trójdzielnego pola widzenia i wyznaczyć „zero” polarymetru. W tym celu za pomocą pokrętki A (Rys. 2 a) ustawić analizator w takie położenie, dla którego wszystkie trzy części pola widzenia (Rys. 2 b) wydają się jednakowo oświetlone (Rys. 2 c), tj. jednakowo ciemne. Kąt obrotu analizatora α_1 , czyli „zero” polarymetru, odczytać z noniusza kołowego N za pomocą okienka M (Rys. 2 a). Pomiary α_1 wykonać 10-krotnie i obliczyć średnią arytmetyczną.



Rys. 2 Górna część polarymetru: P – pokrętko do ustawiania ostrości, A- pokrętko do obrotu analizatora, N – noniusz, M – okienko do odczytu z noniusza; (b) trójdzielne pole widzenia; (c) jednakowo oświetlone pole widzenia

4. Zestawić obwód elektryczny według schematu przedstawionego na Rys. 3.



Rys. 3 Zestaw pomiarowy do wyznaczania stałej Verdet; Z – źródło światła, P – polaryzator, S – solenoid, A – analizator, L – luneta, K – klucz

5. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie obwodu oraz podanie wartości natężenia prądu i przepływającego przez solenoid.
6. Przed włączeniem zasilacza skrócić wartość prądu i napięcia do zera. Włączyć zasilacz i pokrętką regulacji prądu (CURRENT) ustawić na maksimum. Gdy obwód jest zamknięty za pomocą klucza K, ustawiać zalecane wartości prądu i poprzez zmianę napięcia zasilacza

(VOLTAGE). Natężenie prądu i odczytywać na amperomierzu wbudowanym w zasilacz (lewy wyświetlacz).

7. Podczas przepływu prądu o danym natężeniu, trzymając klucz w przełączniku, obracać analizator tak, aby trójdzielne pole widzenia w polarymetrze było jednakowo oświetlone. Po zwolnieniu klucza odczytać kąt α_2 na skali noniusza. Dla danego natężenia prądu pomiary przeprowadzić co najmniej 5-krotnie i obliczyć średnią arytmetyczną α_2 .

8. Pomiary wykonywać zmieniając natężenie prądu w zakresie 4-16 A, co 2 A.

9. Po zakończeniu pomiarów skrócić wartość prądu i napięcia do zera, po czym wyłączyć zasilacz.

10. Obliczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji ze wzoru:

$$\alpha = \bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1 \quad (1)$$

Opracowanie wyników pomiarów (sposób I)

1. Stałą Verdetą wyliczyć ze wzoru:

$$V = \frac{\alpha K}{i}, \quad (2)$$

gdzie i – natężenie prądu (w amperach), zaś

$$K = \frac{\sqrt{4R^2 + d^2}}{\mu_0 l N}, \quad (3)$$

przy czym N – liczba zwojów solenoidu, R – średni promień solenoidu, d – długość solenoidu, l – grubość warstwy skręcającej płaszczyznę polaryzacji.

2. Niepewność wyznaczenia stałej Verdetą oszacować metodą różniczkowania wzoru:

$$V = \frac{(\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1)K}{i}, \quad (4)$$

przyjmując $K = \text{const.}$. $\Delta\alpha_1$ i $\Delta\alpha_2$ wyrazić w mierze łukowej, Δi wynika z klasy amperomierza.

Opracowanie wyników pomiarów (sposób II)

1. Sporządzić wykres zależności kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji od natężenia prądu $\alpha(i)$.

2. Zgodnie ze wzorem (2) zależność ta będzie opisana funkcją liniową postaci:

$$\alpha(i) = \frac{V}{K} \cdot i \quad (5)$$

ze współczynnikiem kierunkowym A :

$$A = \frac{V}{K} \quad (6)$$

3. Stosując metodę najmniejszych kwadratów wpasować prostą w punkty pomiarowe.

4. Mając wyznaczony współczynnik kierunkowy A prostej $\alpha(i)$ wyliczyć wartość stałej Verdetą ze wzoru :

$$V = A \cdot K \quad (7)$$

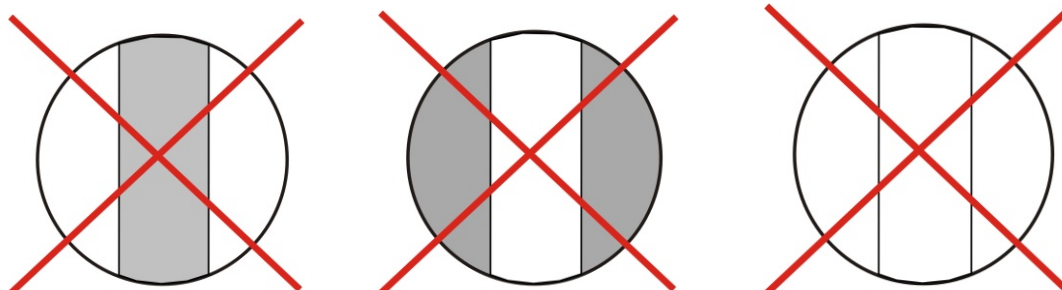
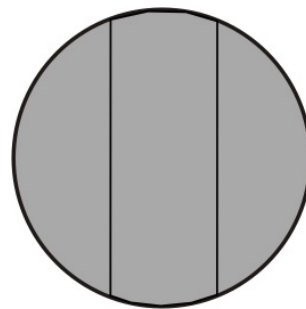
5. Niepewność wyznaczenia współczynnika kierunkowego ΔA oszacować zgodnie z metodą najmniejszych kwadratów. Niepewność wyznaczenia stałej Verdetą V oszacować metodą różniczkowania wzoru (7) po zmiennej A .

Autor instrukcji:

Tomasz Pikula

Ustawienie pola widzenia do odczytu kąta:

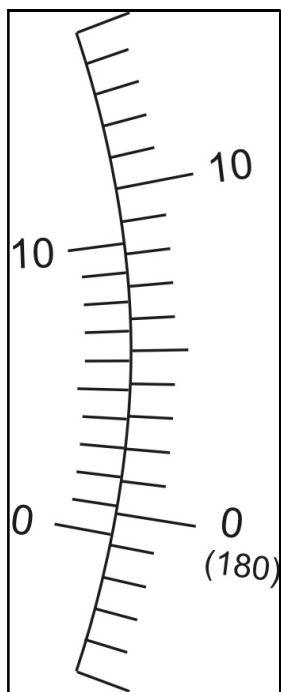
Całe pole widzenia ma być jednakowo oświetlone, ale **ciemne**. →



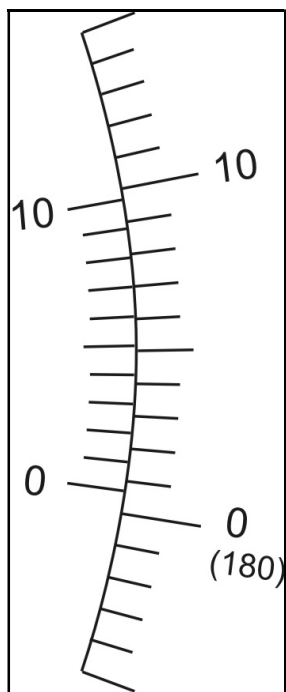
Odczyt kąta:

- Całe stopnie odczytuje się ze skali zewnętrznej naprzeciwko zera skali wewnętrznej,
- Dziesiąte części kąta wskazuje skala wewnętrzna. Jest to numer kreski która leży w jednej linii z dowolną kreską skali zewnętrznej (numer kreski skali zewnętrznej jest nieistotny)

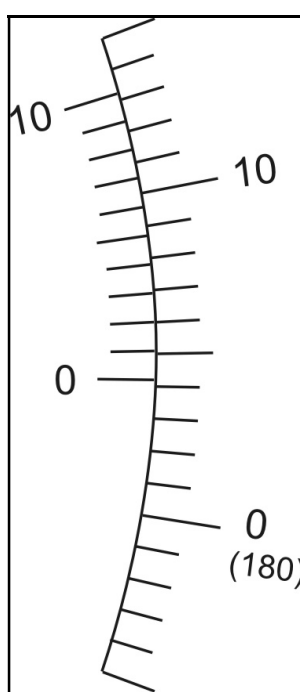
Przykładowe ustawienia i odczyty:



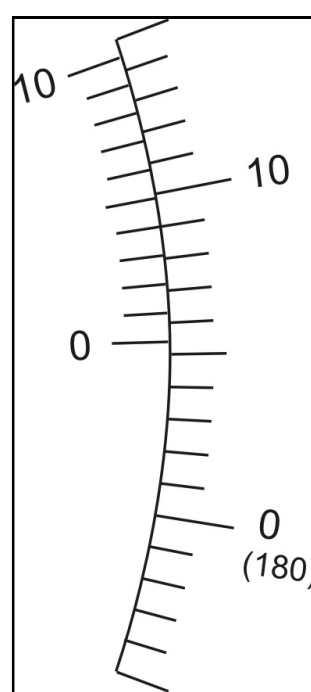
179,3° (= - 0,7°)



0,7°



4,2°



5,4°

Jeśli kąt jest mniejszy niż 0°, wówczas odczyt (np. 179,3°) przekształcamy na dopełnienie do 180° ze znakiem minus (= -0,7°)