Ćwiczenie 59

WYZNACZANIE STAŁEJ VERDETA

591. Wiadomości ogólne

Każde ciało umieszczone w polu magnetycznym staje się optycznie czynne, tzn. skręca płaszczyznę polaryzacji liniowo spolaryzowanego światła, przechodzącego przez taką substancję równolegle do linii sił pola magnetycznego. Zjawisko to, odkryte w roku 1846, nosi nazwę zjawiska Faradaya, od nazwiska jego odkrywcy.

Skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła zachodzi wskutek różnicy prędkości światła spolaryzowanego kołowo lewo- i prawoskrętnie. Światło spolaryzowane liniowo można rozpatrywać jako wypadkową dwóch promieni spolaryzowanych kołowo w kierunkach przeciwnych. Dla materiałów diamagnetycznych kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji α jest proporcjonalny do składowej natężenia pola magnetycznego, równoległej do kierunku biegu promieni świetlnych i do długości drogi promieni oraz zależy od temperatury. W stałej temperaturze obowiązuje więc zależność

$$\alpha = \omega B_l l, \tag{59.1}$$

gdzie: ω – stała materiałowa zwana stałą Verdeta,
B_l – składowa indukcji pola magnetycznego w kierunku l,
l – długość próbki diamagnetyka.

Wzór (16.1) można stosować tylko w przypadku, gdy pole magnetyczne jest jednorodne na całej długości próbki. Przy ustalonej długości l kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji jest liniową funkcją indukcji pola magnetycznego. Dla ciał, które stają się optycznie czynne tylko po umieszczeniu ich w polu magnetycznym, taka linia prosta na wykresie przechodzi przez początek układu współrzędnych. W przypadku, gdy pole magnetyczne jest wytwarzane przez prąd I płynący w długiej zwojnicy o liczbie uzwojeń N, indukcja magnetyczna wewnątrz zwojnicy ma wartość

$$B=\mu_0 \frac{N}{l} I \ . \tag{59.2}$$

Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji opisuje wtedy wzór

$$\alpha=\omega\mu_0 N \cdot I = a \cdot I \ , \tag{59.3}$$

gdzie: $a = \omega\mu_0 N$,
μ_0 – jest przenikalnością magnetyczną próżni.

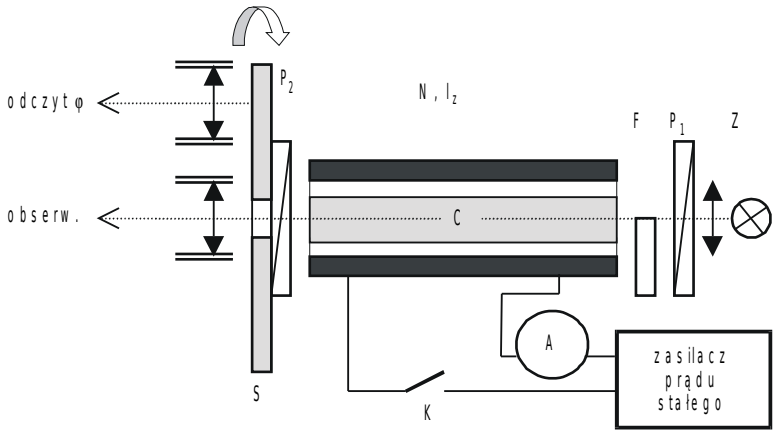
Z równania tego można wyznaczyć stałą Verdeta.

59.2. Zadania

59.2.1. Wykonać pomiary kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji φ dla około 10 różnych wartości natężeń prądu I.
59.2.2. Metodą najmniejszych kwadratów wyznaczyć współczynnik a w równaniu (59.5).
59.2.3. Na wykresie zależności kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji φ od natężenia prądu I zaznaczyć wyraźnie punkty pomiarowe i położenie prostej $\varphi = \varphi_0 + a\,I$.
59.2.4. Obliczyć stałą Verdeta i ocenić niepewność standardową jej wyznaczenia.

59.3. Zasada i przebieg pomiarów

Do pomiaru kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji stosowany jest w ćwiczeniu polarymetr półcieniowy Laurenta. Schemat polarymetru i układu wytwarzającego pole magnetyczne przedstawiono na rys. 59.1. Pomiędzy źródłem światła Z i polaryzatorem P_1 z półfalówką F a analizatorem P_2 znajduje się zwojnica o długości l_z składająca się z N zwojów przewodnika, wewnątrz której umieszczono rurkę wypełnioną badaną cieczą C.



Rys. 59.1

W używanym do tego ćwiczenia polarymetrze kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji mierzymy w działkach na skali kątowej z dokładnością do 0,1 działki, przy czym jedna działka odpowiada 12’34”. Przed włączeniem pola magnetycznego analizator ustawiamy w takim położeniu, ażeby obie połówki pola widzenia miały jednakową najmniejszą jasność i wtedy odczytujemy kąt φ_0 na skali S. Po włączeniu prądu i ustaleniu jego natężenia I_i ponownie ustawiamy analizator tak, aby pole widzenia było jednakowo jasne i odczytujemy kąt φ_i.

Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji jest określony różnicą tych dwóch odczytów

$$\alpha_i = \varphi_i - \varphi_0. \qquad (59.4)$$

Na podstawie wzorów (59.3) i (59.4) możemy zapisać

$$\varphi = \varphi_0 + a\,I, \qquad (59.5)$$

skąd po podstawieniu x = I oraz y = φ otrzymujemy równanie liniowe

$$y = ax + b. \tag{59.6}$$

Do wyznaczenia współczynnika kierunkowego prostej a w równaniu (59.6) należy zastosować metodę najmniejszych kwadratów, wykorzystując wzór (6). Znając wartość tego parametru oraz przyjmując, że długość próbki l jest równa długości zwojnicy l_z, stałą Verdeta obliczamy ze wzoru

$$\omega = \frac{a}{\mu_0 N} \ . \tag{59.7}$$

59.4. Ocena dokładności pomiarów – uwagi

Niepewność standardową wyznaczenia wartości stałej Verdeta przyjmujemy jako równą odchyłce standardowej wynikającej z użycia metody najmniejszych kwadratów (wzór (10))

$$S_\omega = \frac{1}{\mu_0 N} S_a \tag{59.8}$$

Na wykresach φ = f(I) kąt φ można zaznaczać w działkach, a przeliczenia na jednostki SI dokonać dopiero dla stałej Verdeta.

Ustalenie natężenia prądu i szukanie odpowiedniego położenia analizatora należy wykonywać w możliwie krótkim czasie, aby nie dopuścić do nagrzewania się zwojnicy i próbki.

Zalecana literatura

[1] Szczeniowski Sz.: Fizyka doświadczalna, cz.I-cz.V. Warszawa: PWN 1972-1983.
[2] Resnick R., Halliday D.: Fizyka 1. I. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN 1994.
[3] Halliday D., Resnick R.: Fizyka 1. II. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN 1994.
[4] Sawieliew I. W.: Wykłady z fizyki 1.1-1.3. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN 1998.