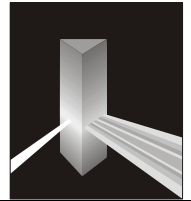


KATEDRA FIZYKI

**WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA**



PRACOWNIA OPTYKI



ĆWICZENIE NR 0-9

**WYZNACZANIE STĘŻENIA CUKRU
ZA POMOCĄ POLARYMETRU Plr - 1**

I. Zagadnienia do opracowania

1. Polaryzacja światła
2. Ciała optycznie czynne
3. Polarymetr – budowa i zasada działania.
4. Wyznaczanie stężenia roztworu cukru za pomocą polarymetru.
5. Rachunek błędu metodą różniczki zupełnej

II. Wprowadzenie teoretyczne

Znany jest szereg ciał, których roztwory (zwłaszcza wodne) skręcają płaszczyznę polaryzacji światła. Istnieją też ciała, które w stanie stałym, ciekłym lub gazowym mają te same właściwości. Ciała takie nazywamy optycznie czynnymi.

Skręcenie płaszczyzny polaryzacji może nastąpić w lewo, lub w prawo; możemy więc mówić o polaryzacji lewoskrętnej lub prawo-skrętnej. Wielkość kąta skręcenia zależy od grubości warstwy ośrodka skręcającego, od rodzaju substancji skręcającej oraz od stężenia jeśli mamy do czynienia z roztworem. Kąt zależy także od długości fali światła spolaryzowanego.

Dla roztworów stwierdzono doświadczalnie następujące zależności:

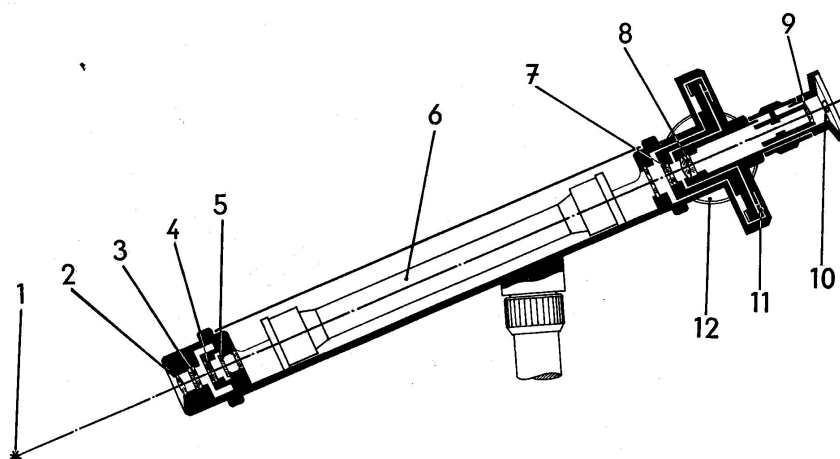
$$\alpha = [\alpha_0] \cdot c \cdot d \quad (1)$$

gdzie: α – kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji;
 c – stężenie substancji optycznie czynnej;
 d – grubość warstwy roztworu;
 $[\alpha_0]$ – tzw. właściwa zdolność skręcenia.

Do pomiaru skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w substancjach optycznie czynnych służą polarymetry. Polarymetry przeznaczone do pomiaru cukru nazywamy sacharymetrami.

2.1. Opis budowy i sposobu użytkowania polarymetru

Światło skierowane przez kolimator /2/ (Rys. 1.) zostaje spolaryzowane liniowo przez polaryzator 4. Płytką 5 dzieli pole widzenia na trzy części (Rys.2). Filtr 3 umożliwia pracę przy długości fali zbliżonej do żółtej linii sodu. Optycznie czynna substancja znajdująca się w rurce polarymetrycznej /6/ (Rys. 1) skręca płaszczyznę polaryzacji o pewien kąt w zależności od stężenia i rodzaju substancji. Przez analizator /7/ światło przedostaje się do układu /8,9/. Analizator jest sztywno związany z kręgiem /11/ i pokrętką /12/. Noniusz jest nieruchomo umocowany w obudowie przyrządu. Polarymetr wyregulowany jest w ten sposób, że bez cieczy optycznie czynnej, trzy części pola widzenia są jednakowo jasne, gdy zerowa kreska podziałki kątowej na tarczy 11 pokrywa się z zerową kreską podziałki noniusza (Rys. 2 a).



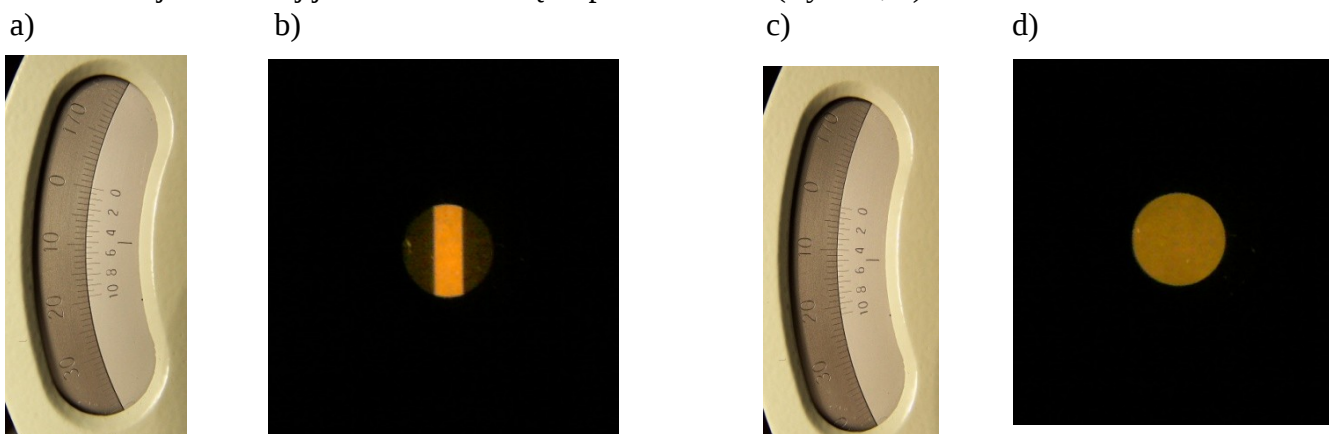
- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Źródło światła | 7. Analizator |
| 2. Kolimator | 8. Obiektyw |
| 3. Filtr | 9. Okular |
| 4. Polaryzator | 10. Lupka |
| 5. Półfalówka | 11. Tarcza z podziałką stopniową i noniusem |
| 6. Rurka polarymetryczna | 12. Pokrętka obrotu analizatora i tarczy z podziałką |

Rys. 1. Schemat polarymetru

Po wstawieniu do przyrządu rurki polarymetrycznej wypełnionej substancją optycznie czynną zauważymy w polu widzenia przyrządu zaciemnienie środkowej części pola widzenia, a rozjaśnienie zewnętrznych lub odwrotnie (Rys.2 b).

Różnica jasności jest wynikiem skręcenia płaszczyzny polaryzacji, przez ciecz wypełniającą rurkę polaryzacyjną. Obracając pokrętkę 12 uzyskujemy ponownie jednakową jasność 3-ech części pola widzenia przyrządu.

Wartość kąta skręcenia odczytujemy przez lupę 10 z dokładnością do 0.05° . Odczytu dokonujemy po ustawieniu jednakowej jasności 3-ech części pola widzenia (Rys.2 c, d).



Rys.2

III. Zasada pomiaru

Wyznaczanie stężenia cukru

W celu wyznaczenia stężenia cukru c_x badanego roztworu należy wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla roztworu o znanym stężeniu c , a następnie kąt skręcenia c_x dla cieczy o nieznanym stężeniu. Jeżeli grubość warstwy roztworu d jest w obu pomiarach jednakowa, a tak jest w naszym przypadku, ze wzoru (1) wynika:

$$\alpha_c = [\alpha_0] \cdot c \cdot d \quad (2)$$

$$\alpha_x = [\alpha_0] \cdot c_x \cdot d \quad (3)$$

zatem:

$$\frac{\alpha_x}{\alpha_c} = \frac{c_x}{c} \quad (4)$$

więc

$$c_x = c \frac{\alpha_x}{\alpha_c} \quad (5)$$

gdzie: α_c, α_x – kąty skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla roztworu znanego i badanego.
 c, c_x – odpowiednie stężenia roztworów.

IV. Zestaw pomiarowy

Polarymetr, 2 rurki polarymetryczne, cukier, woda destylowana, waga laboratoryjna.

V. Przebieg ćwiczenia

1. Przygotować roztwór o znanym stężeniu np. 2g cukru na 100 cm³ roztworu.
2. Ustawić polarymetr oświetlając szczelinę przyrządu lampą (najlepiej sodową.).
3. Umyć starannie rurkę polarymetryczną od wewnątrz, kilkakrotnie przepłukać, napełnić ją wodą destylowaną i przykryć suchym, czystym szkiełkiem, nasuwając je na rurkę ukośnie, aby uniknąć baniek powietrza.

Po dokręceniu oprawki rurki jeszcze raz dokładnie przetrzeć szkiełko na obu jej końcach i włożyć rurkę do polarymetru.

4. Nastawić okular na dobre widzenie skali noniusza.
5. Nastawić pokrętko analizatora tak, aby trzy części pola widzenia były jednakowo oświetlone - będzie to zerowe położenie analizatora α_0 (jest to wielkość bardzo bliska 0°). Pomiar przeprowadzić trzykrotnie i obliczyć $\bar{\alpha}_0$.

Ćwiczenie O-9: Wyznaczanie stężenia cukru za pomocą polarymetru Plr-1

6. Wylać z rurki polarymetru wodę destylowaną, przepłukać ją roztworem cukru o znanym stężeniu c i napełnić rurkę tym roztworem w sposób podany poprzednio.
Włożyć rurkę do polarymetru.
7. Obracając analizator uzyskać ponownie jednakowe oświetlenie 3-ech części pola widzenia i odczytać nowe położenie analizatora. Pomiar przeprowadzić trzykrotnie i obliczyć $\bar{\alpha}_1$. Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji przez roztwór o znanym stężeniu wynosi: $\alpha_c = \bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_0$
8. Napełnić rurkę roztworem o nieznanym stężeniu c_x i w opisany wyżej sposób znaleźć położenie analizatora. Przeprowadzić pomiar trzykrotnie i obliczyć $\bar{\alpha}_2$. Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji przez roztwór o nieznanym stężeniu c_x wynosi: $\alpha_x = \bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_0$
9. Wyniki pomiarów zestawić w tabeli.
10. Pomiar wykonać dla 2 rurek o różnych długościach

VI. Tabela pomiarowa

Numer rurki	Kąt skręcenia dla wody destylowanej α_0				Kąt skręcenia dla roztworu o znanym stężeniu α_1				Kąt skręcenia dla roztworu o nieznanym stężeniu α_2				Stężenie znanego roztworu	Stężenie znanego roztworu	Właściwa zdolność skręcająca
	1	2	3	$\bar{\alpha}_0$	1	2	3	$\bar{\alpha}_1$	1	2	3	$\bar{\alpha}_2$	c	c_x	$[\alpha_0]$
I d=.....															
II d=.....															

VII. Opracowanie ćwiczenia

1. Dla każdej serii pomiarów kąta skręcenia obliczamy średnie $\bar{\alpha}_0$, $\bar{\alpha}_1$, $\bar{\alpha}_2$.

2. Obliczamy właściwą zdolność skręcenia:
$$[\alpha_0] = \frac{(\bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_0)}{c \cdot d}$$

3. Stężenie mierzonego roztworu obliczamy ze wzoru:
$$c_x = c \frac{\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_0}{\bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_0}$$

4. Wyniki wpisać do tabeli.

VIII. Rachunek błędów

1. Z uwagi na to, że pomiaru kąta α dokonujemy tylko trzykrotnie ograniczamy się do obliczenia

$$\Delta\alpha_{\max} = \left| \alpha_i - \bar{\alpha} \right|_{\max} \text{ dla każdej badanej substancji.}$$

błędów maksymalnych:

2. gdzie $\Delta\alpha_{\max}$ - maksymalna różnica pomiędzy pomiarem a wartością średnią.
3. Błąd pomiaru długości rurki i stężenia wodnego roztworu możemy zaniedbać.
4. Błąd stężenia cukru i właściwej zdolności skręcającej obliczamy metodą różniczek zupełnej.

IX. Literatura

1. Dryński T., Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, Warszawa 1978.
2. Lech J., Opracowanie wyników pomiarów w laboratorium podstaw fizyki, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej PCz, Częstochowa 2005.
3. Respondowski R., Laboratorium z fizyki, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.
4. Szczeniowski S., Fizyka doświadczalna, cz. IV, Optyka, PWN, Warszawa 1976.
5. Szydłowski H., Pracownia fizyczna wspomagana komputerem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.