

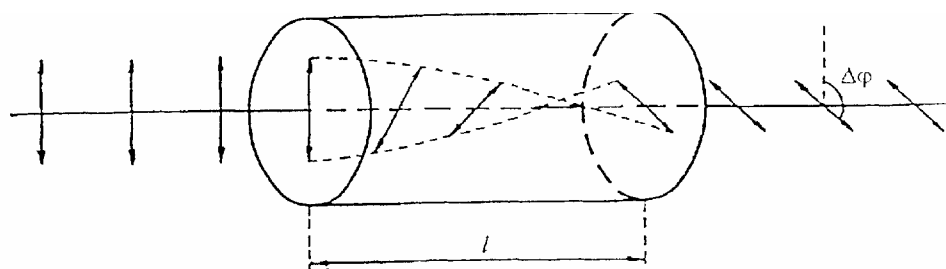
<b>WFiiS</b>	Imię i nazwisko: 1. 2.		ROK	GRUPA	ZESPÓŁ
PRACOWNIA FIZYCZNA I i II	TEMAT:				NR ĆWICZENIA
Data wykonania:	Data oddania:	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zliczenia:	OCENA

### ***Cel ćwiczenia:***

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie kąta skręcenia płaszczyzny kąta polaryzacji oraz wykorzystanie tego zjawiska do wyznaczania stężenia roztworów cukru i grubości płytek z materiałów optycznie czynnych w pierw wzorcując przyrząd posiadanyymi wzorcami.

### ***Wstęp teoretyczny:***

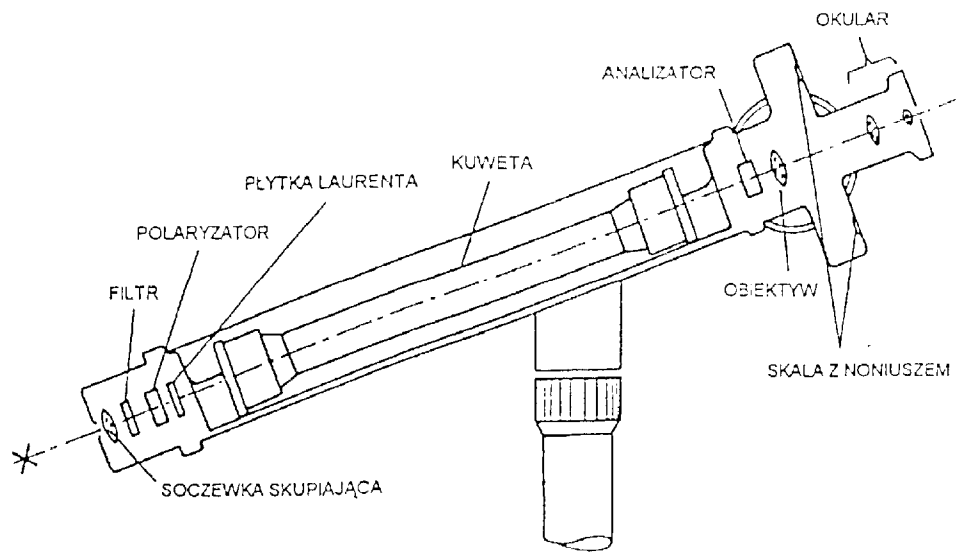
Światło liniowo spolaryzowane rozchodzi się bez zmiany płaszczyzny polaryzacji w próżni i w większości ośrodków przezroczystych. Istnieją jednak ośrodki zwane optycznie aktywnymi, które wywołują skręcenie kierunku polaryzacji. Wektor  $\vec{E}$  fali elektromagnetycznej w tych ośrodkach nie leży w jednej płaszczyźnie, lecz zatacza linię śrubową.



*Skręcenie wektora polaryzacji w ośrodku optycznie czynnym*

Wyjaśnienie mechanizmu skręcenia wektora polaryzacji rozważyć można przy pomocy wymagowanej cząsteczki w kształcie śruby. Padające światło w kierunku osi  $Oy$  posiada pole  $E_y$  poruszające ładunkami w górę i w dół po linii śrubowej. W skutek więzów cząsteczkowych elektrony muszą pozostawać na linii śrubowej, czyli także poruszają się w kierunku  $x$ . Tak więc powstaje dodatkowa  $x$  składowa pola elektrycznego, która w wyniku superpozycji daje pole wypadkowe lekko obrócone względem wiązki w miarę jak światło porusza się przez ośrodek.

## Budowa polarymetru



*Pomiar stężenia:*

Dla niezbyt dużych stężeń przyjąć można, że kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji będzie proporcjonalny do liczby cząstek, jakie napotka światło na swojej drodze. Oznacza to, że kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji będzie proporcjonalny do długości  $l$  i stężenia roztworu  $C$ :

$$\varphi = [\alpha]_D^{20^\circ C} l C$$

Współczynnik proporcjonalności  $[\alpha]_D^{20^\circ C}$  nazywamy skręceniem właściwym roztworu.

*Wykonanie:*

Ustawić położenie zerowej polarymetru.

Pomiar grubości płytki (pomiar polegający na wykorzystaniu znanych wzorców):

- Ustawić pusty polarymetr w pozycji zerowej-  $\phi_0$ , powtórzyć 5-10 razy
- Wyznaczyć położenie dla których pole jest zaciemnione równomiernie - $\phi_1$  dla płytek o znanych grubościach z tego wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla płytek o znanych grubościach-  $\Phi_1 = \phi_1 - \phi_0 - 180^\circ$  zacząć od najcieńszej, (wykorzystując także kombinacje kilku płytek na raz, pomiar powtórzyć 5-10 razy
- Wyznaczyć położenie, dla których pole jest zaciemnione równomiernie - $\phi_2$  dla płytki o nieznannej grubości, z tego wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla płytki o nieznannej grubości-  $\Phi_2 = \phi_2 - \phi_0 - 180^\circ$ , pomiar powtórzyć 5-10 razy
- Wyznaczyć prostą regresji dla otrzymanych pomiarów metoda najmniejszych kwadratów, wyliczyć współczynniki prostej.
- Ze znanych współczynników regresji wyznaczyć grubość płytki.

Pomiar stężenia roztworu (pomiar polegający na wykorzystaniu znanych wzorców):

- Ustawić położenie zerowe dla kuwety z rozpuszczalnikiem-  $\alpha_0$ , powtórzyć 5-10 razy

- Wyznaczyć położenie dla których pole jest zaciemnione równomiernie  $-\alpha_1$  dla kuwety z roztworami o znanych stężeniach z tego wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla płytek o znanych grubościach-  $A_1 = \alpha_1 - \alpha_0$  zacząć od najcieńszej, pomiar powtórzyć 5-10 razy
- Wyznaczyć położenie, dla których pole jest zaciemnione równomiernie  $-\alpha_2$  dla kuwety z roztworem o nieznanym stężeniu, z tego wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla kuwety z roztworem o nieznanym stężeniu -  $A_2 = \alpha_2 - \alpha_0$ , pomiar powtórzyć 5-10 razy
- Wyznaczyć prostą regresji dla otrzymanych pomiarów metoda najmniejszych kwadratów, wyliczyć współczynniki prostej.
- Ze znanych współczynników regresji wyznaczyć stężenie roztworu.

## Wyniki pomiarów:

STĘŻENIE ROZTWORÓW				
C [g/cm <sup>3</sup> ]	0,000	0,176	0,081	0,039
	R0	R1	R2	R3
	0,60	20,35	10,20	4,60
	0,70	20,90	9,40	4,60
	0,50	20,65	10,25	4,55
	0,75	20,40	9,55	4,30
	0,55	20,40	9,50	4,45
	0,50	20,60	9,40	4,70
	0,55	20,50	10,05	4,60
	0,55	20,40	9,30	4,60
	0,50	20,55	9,40	4,65
	0,60	20,55	10,05	4,55
średnie α [°]	0,580	20,548	9,710	4,560
φ [°/cm]	0,029	0,9984	0,4565	0,199

Tabela 1

długość kuwety l [cm]	20
temperatura roztworu T [°C]	23

Tabela 2

## Opracowanie wyników pomiarów:

Na podstawie danych z tabeli 1 i wzoru:

$$\bar{\alpha}_0 = \frac{1}{n} \sum_i \alpha_{0i}$$

gdzie  $n$  to liczba pomiarów ( $n = 10$ ), wyznaczono wartość średniego położenia zerowego polarymetru  $\bar{\alpha}_0 = 0,580[^\circ]$ . Niepewność obliczono ze wzoru:

$$u(\bar{\alpha}_0) = \sqrt{\frac{\sum_i (\alpha_{0i} - \bar{\alpha}_0)^2}{n(n-1)}}$$

Wynosi ona  $u(\bar{\alpha}_0) = 0,027[^\circ]$ . Dla pozostałych kątów skręcenia wyznaczono ich wartości średnie oraz niepewności w analogiczny sposób. Wyniki zebrano w poniższej tabeli:

roztwór	α [°]	u(α) [°]	ΔC [g/cm <sup>3</sup> ]
R0	0,580	0,027	0
R1	20,548	0,052	0,024
R2	9,710	0,120	0,001
R3	4,560	0,036	0,001

Tabela 3

Dodatkowo obliczono niepewność stężenia roztworu na podstawie wzoru:

$$\Delta C = \sqrt{\left(\frac{1}{V} \Delta m_c\right)^2 + \left(\frac{-m_c}{V^2} \Delta V\right)^2}$$

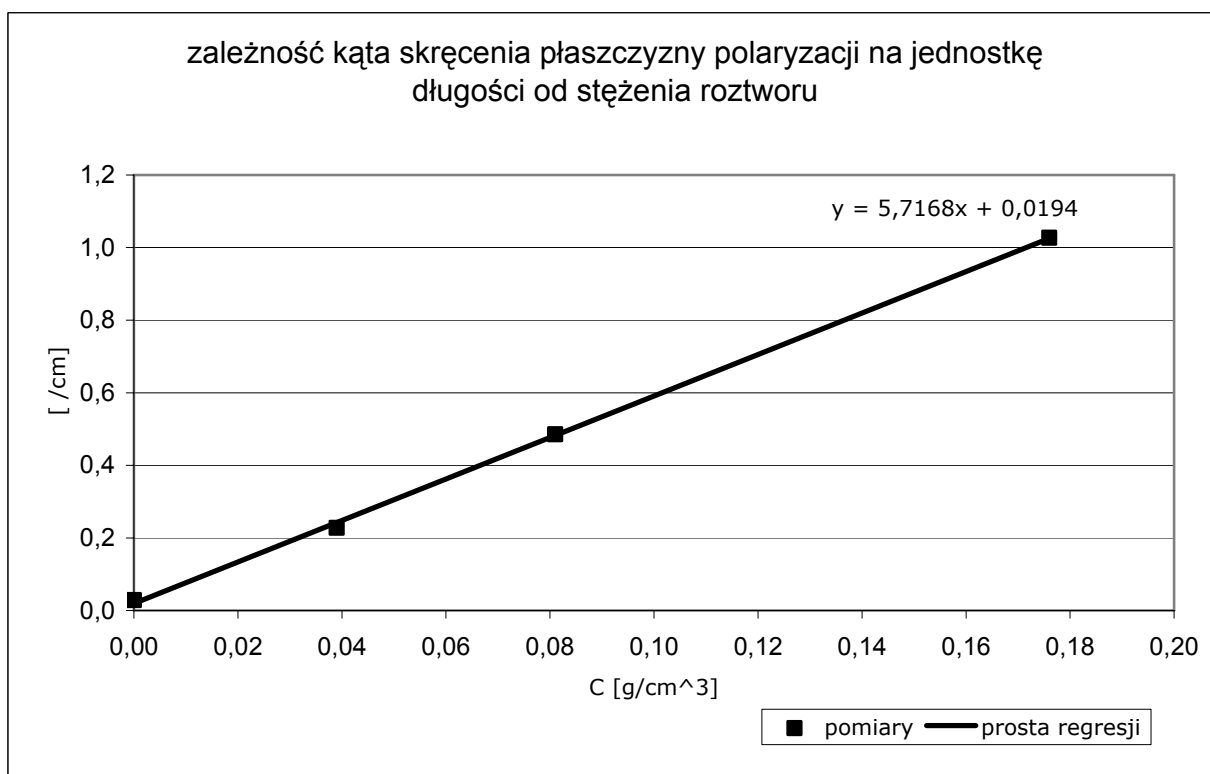
Wyniki te także uwzględniono w tabeli 3.

W celu wyznaczenia kąta skręcenia na jednostkę długości  $\varphi$  skorzystano ze wzoru:

$$\varphi = \frac{\alpha}{l}$$

Otrzymane wartości umieszczono w tabeli 1.

Poniższy wykres przedstawia zależność  $\varphi = \varphi(C)$ .



Za pomocą metody najmniejszych kwadratów wyznaczono prostą regresji o ogólnym równaniu:

$$y = Ax + B$$

gdzie:

$$A = 5,7168$$

$$B = 0,0194$$

Jest to zależność liniowa. Fakt ten można potwierdzić za pomocą współczynnika korelacji, który w tym przypadku jest równy:

$$\rho = 0,999$$

W celu wyznaczenia skręcenia właściwego  $[\alpha]_D^{20^\circ C}$  skorzystano ze wzoru:

$$\alpha = [\alpha]_D^T \cdot C \cdot l$$

który po prostym przekształceniu przyjmuje postać:

$$[\alpha]_D^T = \frac{\alpha}{Cl}$$

T oznacza temperaturę roztworu – w przypadku pomiarów w tym opracowaniu  $T = 23^\circ C$ .  
Ponieważ wiemy, że:

$$\varphi = \frac{\alpha}{l}$$

można napisać:

$$[\alpha]_D^{23^\circ C} = \frac{\varphi}{C}$$

Ostatecznie skręcenie właściwe można obliczyć ze wzoru:

$$[\alpha]_D^{20^\circ C} = \frac{[\alpha]_D^{23^\circ C}}{1 - 0,00037(23^\circ C - 20^\circ C)}$$

Ponieważ skręcenie właściwe określa się dla długości kuwety równej 10cm, końcowy wzór ma postać:

$$[\alpha]_D^{20^\circ C} = \frac{10 \cdot \varphi}{C} \cdot \frac{1}{1 - 0,00037(23^\circ C - 20^\circ C)}$$

Niepewność pomiaru skręcenia właściwego oblicza się korzystając z prawa przenoszenia niepewności, które wyraża się poniższym wzorem:

$$[\alpha]_D^{20^\circ C} = \sqrt{\left( \frac{10}{C \cdot (1 - 0,00037(23^\circ C - 20^\circ C))} \Delta\varphi \right)^2 + \left( \frac{-10\varphi}{C^2 \cdot (1 - 0,00037(23^\circ C - 20^\circ C))} \Delta C \right)^2}$$

Niepewność  $\Delta\varphi$  policzono ze wzoru:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta\alpha}{l}$$

Wszystkie wartości oraz niepewności wyliczone z powyższych wzorów przedstawia tabela:

roztwór	$\Delta\varphi$ [°/cm]	$[\alpha]_D^{20^\circ C}$	$\Delta[\alpha]_D^{20^\circ C}$
R1	$2,6 \cdot 10^{-4}$	56,9	7,6
R2	$6 \cdot 10^{-4}$	56,5	0,8
R3	$1,8 \cdot 10^{-4}$	51,2	0,7

Średnia wartość wynosi:

$$[\alpha]_D^{20^\circ C}_{sr} = 54,9(3) \left[ \frac{^\circ \cdot cm^2}{g} \right]$$

### ***Wnioski:***

Zbadano zależność kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji w roztworze cukru od jego stężenia. Zależność, którą otrzymano jest linowa, gdyż współczynnik korelacji stężenia roztworu i kąta skręcenia polaryzacji na jednostkę długości wynosi  $\rho = 0,999$ . Kąt skręcenia rośnie wraz ze wzrostem napotkanej ilości cząsteczek substancji aktywnej.

Obliczono również skręcenie właściwe roztworu cukru, które wynosi:

$$[\alpha]_D^{20^\circ C} = 54,9(3) \left[ \frac{^\circ \cdot \text{cm}^2}{\text{g}} \right]$$

Mieści się ono w przedziale o promieniu  $3\sigma$  od wartości teoretycznej.

### ***Załączniki:***

[1] – kartka z pomiarami;