

## Ćwiczenie Nr 412

### Temat: Wyznaczanie stężenia roztworu cukru za pomocą polarymetru półcieniowego

#### I. LITERATURA

1. D.Halliday, R.Resnick, Fizyka t. II, PWN Warszawa 1984.
2. Sz.Szczeniowski, Fizyka doświadczalna cz. IV, PWN Warszawa 1971.
3. J.R.Meyer Arendt. Wstęp do optyki, PWN Warszawa 1977.
4. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, T.Rewaj (praca zbiorowa).
5. Instrukcja obsługi suwmiarki: <http://labor.zut.edu.pl/> w zakładce INSTRUKCJE.

#### II. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE:

1. Na czym polega zjawisko polaryzacji światła. Rodzaje polaryzacji (liniowa, kołowa i eliptyczna). Zdolność skręcająca właściwa ciała optycznie czynnego.
2. Omówić jedną z metod otrzymywania światła spolaryzowanego. Roztwory optycznie czynne.

#### III. METODA POMIAROWA:

Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła liniowo spolaryzowanego przez wodny roztwór cukru jest proporcjonalny do stężenia roztworu

$$\alpha = |\alpha_o| \cdot d \cdot c \quad [1]$$

gdzie

- $|\alpha_o|$  - zdolność skręcająca właściwa roztworu  
d - długość rurki pomiarowej  
c - stężenie roztworu cukru

Przy użyciu polarymetru półcieniowego mierzymy kąty  $\alpha$  i  $\alpha_x$  skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła przez roztwory cukru o stężeniach  $c$  i  $c_x$  (znanym i nieznanym). Stężenie nieznanego roztworu obliczamy z zależności

$$c_x = \frac{\alpha_x}{\alpha} c \quad [2]$$

#### IV. ZESTAW POMIAROWY

Polarymetr, waga, kolbki miarowe, zlewka, cukier, woda destylowana,

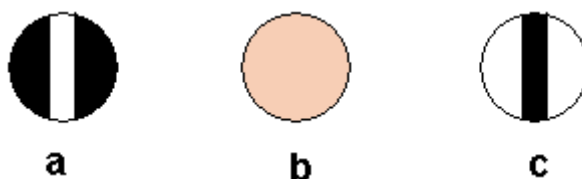
## V. WYKONANIE ĆWICZENIA:

1. Włączyć lampę sodową i odczekać około 10min.
2. Przygotować roztwór cukru o jednym ze stężeń  $c$ :  
 $0,1\text{ g/cm}^3$ ,  $0,15\text{ g/cm}^3$ ,  $0,2\text{ g/cm}^3$  lub  $0,25\text{ g/cm}^3$   
Potrzebne będzie  $25\text{ cm}^3$  takiego roztworu, trzeba więc obliczyć jaką ilość cukru należy odważyć:

$$m = c \cdot V = c \cdot 25\text{ cm}^3 \text{ gramów cukru}$$

W celu sporządzenia roztworu:

- odważyć odpowiednią ilość cukru (ważenie przeprowadzić w pok. 619);
  - odmierzyć menzurką około  $20\text{ cm}^3$  wody (tj. mniej niż  $25\text{ cm}^3$ );
  - przesywać odważony cukier do zlewki i rozpuścić go w odmierzonej ilości wody destylowanej;
  - przelać roztwór do menzurki i uzupełnić roztwór wodą do  $25\text{ cm}^3$ .
3. Napełnić rurkę polarymetryczną wodą destylowaną tak, by nie było w niej pęcherzyków powietrza, a okienka, przez które przechodzi światło, były z zewnątrz czyste i suche.
  4. Przy pomocy pokrętła okularu wyregulować ostrość obserwowanego obrazu (obraz **a** lub **c** na rysunku 1).



Rysunek 1.

5. Ustawić obraz na taki jak na rysunku **b** czyli tzw. "półcień" (nie powinien być widoczny jasny lub ciemny pasek po środku)
6. Odczytać ze skali kątowej z noniuszem wartość kąta  $\alpha_1$  odpowiadającą temu ustawieniu.
7. Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.

**UWAGA: Obrazy (a), (b) i (c) znajdują się bardzo blisko siebie i są „oddalone od siebie” o minimalny ruch pokrętła. Jeżeli przy niewielkim obrocie pokrętła (3-4 stopnie) obraz nie zmienia się na (a) lub (c), to nie jest to właściwy półcień i należy poszukiwać obrazów (a), (b) i (c) w innym miejscu. Wskazówką prawidłowego pomiaru może być też to, że w przebiegu całego ćwiczenia nigdzie nie jest przekroczony kąt  $50^\circ$ .**

8. Napełnić rurkę polarymetryczną przygotowanym roztworem.
9. Umieścić rurkę z roztworem w polarymetrze i ponownie ustawić analizator na "półcień".
10. Odczytać wartość kąta  $\alpha_2$ . Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.

11. Wykonać pomiary opisane w punktach 7-9 dla roztworu o nieznanym stężeniu (podanym przez asystenta).

12. Wyniki zapisać w tabeli:

Pomiar Nr	Woda destylowana			Znany roztwór					Nieznany roztwór		
	$\alpha_1$	$\bar{\alpha}_1$	$u_a(\bar{\alpha}_1)$	$\alpha_2$	$\bar{\alpha}_2$	$u_a(\bar{\alpha}_2)$	$\alpha_0$	$u(\alpha_0)$	$\alpha_3$	$\bar{\alpha}_3$	$u_a(\bar{\alpha}_3)$
1											
2											
3											
4											
5											
Kąt skręcenia				$\alpha = \bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1 = \dots\dots\dots$					$\alpha_x = \bar{\alpha}_3 - \bar{\alpha}_1 = \dots\dots\dots$		
Zdolność skręcająca właściwa				$\alpha_0 = \dots\dots\dots$					$\alpha_{0x} = \dots\dots\dots$		
Niepewność kąta skręcenia				$u(\alpha) = \dots\dots\dots$					$u(\alpha_x) = \dots\dots\dots$		
Stężenia roztworów [g/cm <sup>3</sup> ]				$c = \dots\dots\dots$					$c_x = \dots\dots\dots$		
Niepewności stężeń roztworów [g/cm <sup>3</sup> ]				$u(c) = \dots\dots\dots$					$u(c_x) = \dots\dots\dots$		

W tabeli wszystkie kąty proszę podawać w stopniach, a zdolność skręcającą właściwą w jednostkach  $\left[ \frac{1^\circ}{\text{cm} \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \right]$ .

Długość rurki polarymetrycznej  $d = 20 \pm 0,4$  cm. ( $\Delta d = 0,4$  cm)

Niepewność wyznaczenia masy cukru (dokładność wagi)  $\Delta(m) = \dots\dots\dots$

Niepewność pomiaru objętości cieczy (dokładność menzurki)  $\Delta(V) = \dots\dots\dots$

## VI. Obliczenia i niepewności pomiarowe.

1. Obliczyć wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla znanego i nieznanego roztworu:  $\alpha = \bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1$  oraz  $\alpha_x = \bar{\alpha}_3 - \bar{\alpha}_1$ .
2. Obliczyć zdolność skręcającą właściwą  $[\alpha_0]$  dla wodnego roztworu cukru

$$[\alpha_0] = \frac{\alpha}{d \cdot c} \left[ \frac{1^\circ}{\text{cm} \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \right] = \left[ \frac{1^\circ \cdot \text{cm}^2}{\text{g}} \right] \quad [3]$$

3. Obliczyć stężenie nieznanego roztworu z wzoru:

$$c_x = \frac{\alpha_x}{\alpha} c.$$

4. Wyznaczyć niepewności pomiarowe mierzonych wielkości z następujących wzorów:

$$u_a(\bar{\alpha}_1) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_1 - \alpha_i)^2}{5 \cdot 4}} \quad u_a(\bar{\alpha}_2) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_2 - \alpha_{2i})^2}{5 \cdot 4}} \quad u_a(\bar{\alpha}_3) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_3 - \alpha_{3i})^2}{5 \cdot 4}}$$

Są to niepewności typu A dla odpowiednich średnich kątów. Niepewności typu B można zaniedbać, ze względu na bardzo dużą rozdzielczość skali przyrządu ( $0,1^0$ ).

Niepewności kąta skręcenia obliczyć z wzorów:

$$u(\alpha) = \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial \alpha_1}\right)^2 \cdot u_a^2(\alpha_1) + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \alpha_2}\right)^2 \cdot u_a^2(\alpha_2)} = \sqrt{u^2(\alpha_1) + u^2(\alpha_2)}$$

$$u(\alpha_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial \alpha_1}\right)^2 \cdot u_a^2(\alpha_1) + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \alpha_3}\right)^2 \cdot u_a^2(\alpha_3)} = \sqrt{u^2(\alpha_1) + u^2(\alpha_3)}$$

Niepewności pomiaru stężeń obliczyć ze wzorów:

$$u(c) = \sqrt{\left(\frac{\partial c}{\partial m}\right)^2 \cdot u_b^2(m) + \left(\frac{\partial c}{\partial V}\right)^2 \cdot u_b^2(V)} = c \cdot \sqrt{\frac{u_b^2(m)}{m^2} + \frac{u_b^2(V)}{V^2}}$$

$$u(c_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial c_x}{\partial \alpha_x}\right)^2 \cdot u^2(\alpha_x) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial c}\right)^2 \cdot u^2(c) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial \alpha}\right)^2 \cdot u^2(\alpha)} = \\ = c_x \cdot \sqrt{\frac{u^2(\alpha_x)}{\alpha_x^2} + \frac{u^2(c)}{c^2} + \frac{u^2(\alpha)}{\alpha^2}}$$

Niepewność zdolności skręcającej właściwej obliczyć ze wzoru:

$$u(\alpha_0) = \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial \alpha}\right)^2 \cdot u^2(\alpha) + \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial c}\right)^2 \cdot u^2(c) + \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial d}\right)^2 \cdot u^2(d)} = \\ = \alpha_0 \cdot \sqrt{\frac{u^2(\alpha)}{\alpha^2} + \frac{u^2(c)}{c^2} + \frac{u^2(d)}{d^2}}$$

Należy pamiętać o zamianie niepewności maksymalnych  $\Delta d$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta m$  na niepewności standardowe według zależności  $u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$ .