



Ćwiczenie Nr D10

Temat: Wyznaczanie stężenia roztworu cukru za pomocą polarymetru półcieniowego

1. LITERATURA

- Praca zbiorowa, Fizyka dla szkół wyższych, tom 3, openstax, (<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/1-wstep>)
- D. Halliday, R. Resnick, Fizyka dla szkół wyższych, tom 1, Wydawnictwo Naukowe PWN 1994
- Praca zbiorowa, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej 2007
- Praca zbiorowa, Ćwiczenia Laboratoryjne z Fizyki na Politechnice Szczecińskiej, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej 1994-2003.

2. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE:

- Na czym polega zjawisko polaryzacji światła.
- Rodzaje polaryzacji (liniowa, kołowa i eliptyczna).
- Zdolność skręcająca właściwa ciała optycznie czynnego.
- Metody otrzymywania światła spolaryzowanego.
- Roztwory optycznie czynne.

3. METODA POMIAROWA:

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

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

Gdzie:

α – kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła

$|\alpha_0|$ – zdolność skręcająca właściwa roztworu

d – długość rurki pomiarowej

c – stężenie roztworu cukru

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

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

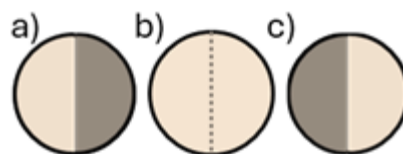
4. ZESTAW POMIAROWY



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

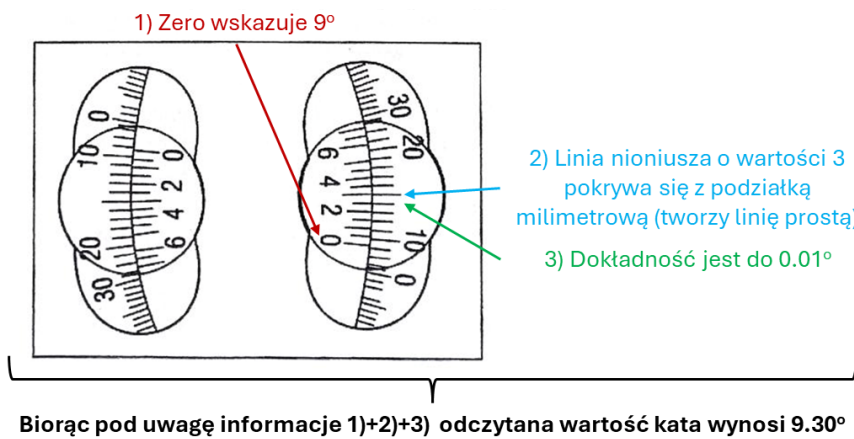
5. WYKONANIE ĆWICZENIA:

1. Przygotować roztwór cukru o jednym ze stężeń c :
2. $0,1 \text{ g/cm}^3$, $0,15 \text{ g/cm}^3$, $0,2 \text{ g/cm}^3$ lub $0,25 \text{ g/cm}^3$.
3. Włączyć lampę LED i odczekać około 1 min.
4. Potrzebne będzie 25 cm^3 takiego roztworu, trzeba więc obliczyć jaką ilość cukru (m) należy odważyć:
5. $m = c \cdot V = c \cdot 25 \text{ cm}^3 \text{ [g]}$
6. W celu sporządzenia roztworu:
7. odważyć odpowiednią ilość cukru;
8. odmierzyć menzurką około 20 cm^3 wody;
9. przesypać odważony cukier do zlewki i rozpuścić go w odmierzony ilości wody destylowanej;
10. przelać roztwór do menzurki i uzupełnić roztwór wodą do 25 cm^3 .
11. 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.
12. Przy pomocy pokrętki okularu wyregulować ostrość obserwowanego obrazu (podpunkt **a** lub **c** na **Rysunku 1**).



Rysunek 1.

13. Ustawić obraz na taki jak na **Rysunku 1b** czyli tzw. „półcień” (nie powinien być widoczny jasny lub ciemny pasek po środku).
14. Odczytać ze skali katowej z noniuszem wartość kąta α_1 odpowiadającą temu ustawieniu (tak jak pokazano na **Rysunku 2**).
15. Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
16. Umieścić rurkę z roztworem o znanym stężeniu (pkt. 2) w polarymetrze i ponownie ustawić analizator na „półcień”. Odczytać wartość kąta α_2 . Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
17. Umieścić rurkę z roztworem o nieznanym stężeniu (podanym przez prowadzącego) w polarymetrze i ponownie ustawić analizator na „półcień”. Odczytać wartość kąta α_3 . Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
18. Wyniki zapisać w tabeli



Rysunek 2.

Pomiar Nr	Woda destylowana			Znany roztwór					Nieznany roztwór		
	α_1	$\bar{\alpha}_1$	$u_a(\bar{\alpha}_1)$	α_2	$\bar{\alpha}_2$	$u_a(\bar{\alpha}_2)$	α_0	$u(\alpha_0)$	α_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 ³]				$c = \dots\dots\dots$					$c_x = \dots\dots\dots$		
Niepewności stężeń roztworów [g/cm ³]				$u(c) = \dots\dots\dots$					$u(c_x) = \dots\dots\dots$		

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

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

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

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

6. 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:



$$\alpha_0 = \frac{\alpha}{d \cdot c}$$

$$\left[\frac{1^\circ}{\text{cm} \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \right] = \left[\frac{1^\circ \cdot \text{cm}^2}{\text{g}} \right]$$

3. Obliczyć stężenie nieznanego roztworu z wzoru:

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

4. Wyznaczyć niepewności pomiarowe mierzonych wielkości z następujących wzorów:

$$u_a(\bar{\alpha}_1) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_1 - \alpha_i)^2}{n(n-1)}}, u_a(\bar{\alpha}_2) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_2 - \alpha_{2i})^2}{n(n-1)}}, u_a(\bar{\alpha}_3) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{\alpha}_3 - \alpha_{3i})^2}{n(n-1)}}$$

gdzie n to ilość pomiarów dla danego roztworu. Są to niepewności typu A dla odpowiednich średnich kątów. Niepewności typu B można zaniedbać, ze względu na bardzo dużą rozdzielczość skali przyrządu ($0,1^\circ$).

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 Δd , ΔV , Δm na niepewności standardowe według zależności:

$$u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$$

Pierwsze opracowanie: Bogdan Turczak (Instytut Fizyki PS/ZUT),
Uaktualnienie: Anna Rojek i Grzegorz Leniec (KFN, WTiCh, ZUT)