



## 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:

$\alpha$  – 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  $\alpha$  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:

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

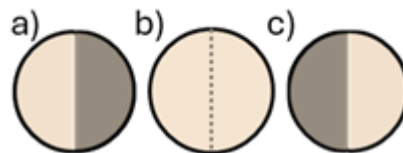
### 4. ZESTAW POMIAROWY



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

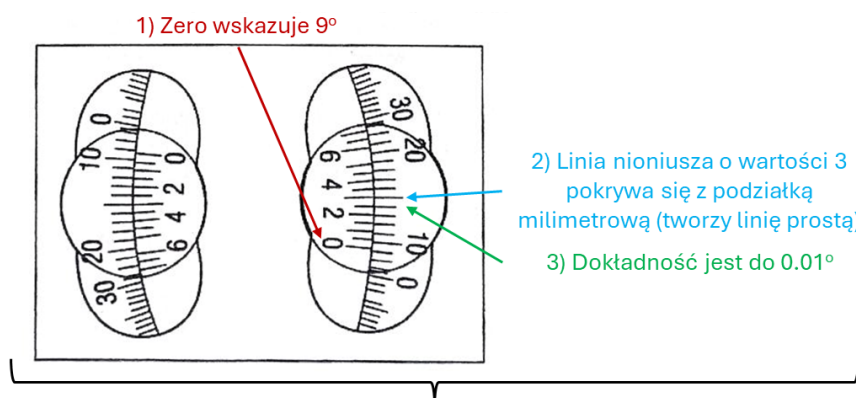
### 5. WYKONANIE ĆWICZENIA:

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.
4. 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.
5. Przy pomocy pokrętki okularu wyregulować ostrość obserwowanego obrazu (podpunkt a lub c na **Rysunku 1**).



Rysunek 1.

6. Ustawić obraz na taki jak na **Rysunku 1b** czyli tzw. „półcień” (nie powinien być widoczny jasny lub ciemny pasek po środku).
7. Odczytać ze skali kątovej z noniusem wartość kąta  $\alpha_1$  odpowiadającą temu ustawieniu (tak jak pokazano na **Rysunku 2**).
8. Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
9. Umieścić rurkę z roztworem o znanym stężeniu (pkt. 2) w polarymetrze i ponownie ustawić analizator na „półcień”. Odczytać wartość kąta  $\alpha_2$ . Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
10. Umieścić rurkę z roztworem o nieznanym stężeniu (podanym przez prowadzącego) w polarymetrze i ponownie ustawić analizator na „półcień”. Odczytać wartość kąta  $\alpha_3$ . Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
11. Wyniki zapisać w tabeli



Biorąc pod uwagę informacje 1)+2)+3) odczytana wartość kąta wynosi  $9.30^\circ$

Rysunek 2.



| Pomiar<br>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  $d = 20 \pm 0,4 \text{ cm}$ . ( $\Delta d = 0,4 \text{ cm}$ ).

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:

$$u_a(\bar{\alpha}_1) = \sqrt{\frac{\sum(\alpha_1 - \alpha_i)^2}{n(n-1)}}, u_a(\bar{\alpha}_2) = \sqrt{\frac{\sum(\alpha_2 - \alpha_{2i})^2}{n(n-1)}}, u_a(\bar{\alpha}_3) = \sqrt{\frac{\sum(\alpha_3 - \alpha_{3i})^2}{n(n-1)}}$$



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:

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

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

Niepewność zdolności skręcającej właściwej obliczyć ze wzoru:

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

Należy pamiętać o zamianie niepewności maksymalnych  $\Delta d$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta m$  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)*