

WYZNACZANIE ELEKTRONOWEJ POLARYZOWALNOŚCI CZĄSTECZKI WODY



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie polaryzowalności elektronowej cząsteczki wody. Układ pomiarowy stanowi refraktometr Abbego, którego układ termostatujący połączony jest z układem pompującym ultratermostatu. Wykonując ćwiczenie należy przeprowadzić pomiar zależności współczynnika załamania wody od temperatury, dlatego metalowe oprawki pryzmatów muszą być termostatowane, co jest realizowane przez przepuszczanie przez oprawki pryzmatów wody termostatowanej w termostacie. Przy włączeniu do sieci zostaje uruchomiony silnik poruszający wewnątrz termostatu mieszadło, służące do wyrównania temperatury kąpeli, jednocześnie zostaje stworzona możliwość włączenia systemu podgrzewającego kąpiel. Do tego celu służy kontaktowy termometr rtęciowy zamocowany w otworze pokrywy. Podgrzewana woda tłoczona jest za pomocą pompki poprzez węże do oprawki pryzmatów pomiarowych refraktometru.

Uwaga: Temperatura wody w termostacie może się różnić od temperatury oprawki pryzmatów. Tę temperaturę odczytujemy z oddzielnego termometru zamocowanego przy komorze refraktometru.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Zaznajomić się z poszczególnymi częściami refraktometru (pryzmaty, lupa, podziałka współczynnika załamania, lunetka, kompensator, zwierciadło oświetlające). Zaznajomić się z budową i przeznaczeniem poszczególnych elementów termostatu (grzałki, obwód chłodzący, termometr kontaktowy).
2. Ustawić refraktometr Abbego poziomo na stole, zdjąć pryzmat oświetlający, przemyć go watą zmoczoną w wodzie destylowanej i osuszyć bibułą do sączenia. Wprowadzić wodę destylowaną na wypolerowaną płaszczyznę pryzmatu pomiarowego i przyłożyć pryzmat oświetlający.
3. Odczytać z termometru temperaturę otoczenia. Kręcąc w lewo pokrętkiem termometru kontaktowego ustawić go poniżej temperatury otoczenia.
4. Włączyć termostat i po pięciu minutach odczytać temperaturę w komorze refraktometru Abbego.
5. Dokonać pomiaru współczynnika załamania wody. W tym celu należy zwierciadło oświetlające ustawić w takim położeniu, aby światło oświetlało pryzmaty od dołu. Następnie za pomocą śruby znajdującej się po lewej stronie przyrządu należy zmieniać pochylenie pryzmatów aż do chwili, gdy w lunecie ukaże się granica pomiędzy jasnym i ciemnym polem. Teraz za pomocą śruby po prawej stronie przyrządu należy dobrać takie położenie pryzmatów kompensatora, by granica pomiędzy polami widzenia stała się ostra i bezbarwna. Sprowadzamy tę granicę do pokrycia się ze skrzyżowaniem nici pajęczych. Następnie za pomocą lupy umieszczonej nad podziałką (najlepiej lewym okiem bez odrywania prawego od lunetki) odczytujemy wartość współczynnika załamania z dokładnością do 4 miejsca dziesiętnego (ostatnie miejsce jest szacowane).
6. Ustawić termometr kontaktowy termostatu na 55°C i włączyć grzałkę.
7. Przeprowadzić pomiary współczynnika załamania wody co 5°C w zakresie temperatur od pokojowej do 50°C, postępując zgodnie z opisem z punktu 5.
8. Po osiągnięciu temperatury 50°C wyłączyć grzałkę. Wskaźnik termometru kontaktowego sprowadzić poniżej temperatury otoczenia. Odkręcić kran z wodą połączony z obwodem chłodzącym termostatu. Przelączyć termostat w stan mieszania.
9. Wykonać pomiary współczynnika załamania wody w tych samych temperaturach, co w punkcie 7, obniżając podczas chłodzenia temperaturę od 50°C do temperatury pokojowej.
10. Oszacować niepewności maksymalne pomiaru współczynnika załamania wody Δn oraz temperatury ΔT .

4. Opracowanie wyników pomiarów

1. Na podstawie pomiarów współczynnika załamania podczas grzania i chłodzenia obliczyć średnią wartość współczynnika n w danej temperaturze i wykreślić zależność $n(T)$. Korzystając z metody najmniejszych kwadratów Gaussa dokonać aproksymacji punktów pomiarowych prostymi $y = \bar{a}x + \bar{b}$, gdzie $x = T$, $y = n$, natomiast parametry prostej oraz ich niepewności wyznaczamy z

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\sigma_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}$$

$$\sigma_{\bar{b}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}$$

2. gdzie
$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{b} \sum_{i=1}^n y_i,$$
3. a także wyznaczyć współczynnik korelacji ($0 < R^2 < 1$), którego wartość bliska 1 świadczy o zgodności rozkładów punktów eksperymentalnych z wyznaczoną prostą

$$4. R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

5. Korzystając ze wzoru $\alpha_e = \frac{3}{4\pi} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho N_A}$ obliczyć polaryzowalność wody na podstawie średnich wartości współczynnika n dla wszystkich temperatur, dla których wykonano pomiary. **Do obliczeń przyjąć wartości gęstości wody w funkcji temperatury podane w dodatku matematyczno - fizycznym.**
6. Oszacować niepewność maksymalną wyznaczenia gęstości wody $\Delta\rho$, biorąc pod uwagę niepewność wyznaczenia temperatury ΔT .
7. Korzystając ze wzoru $u(x_i) = \frac{\Delta x_i}{\sqrt{3}}$ ze znajomości niepewności maksymalnych Δn i $\Delta\rho$ oszacować niepewności standardowe pomiaru współczynnika załamania $u(n)$ i gęstości wody $u(\rho)$.
8. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności obliczyć niepewność złożoną względną polaryzowalności α_e dla wszystkich temperatur:
- $$u_{c,r}(\alpha_e) = \frac{u_c(\alpha_e)}{\alpha_e} = \sqrt{\left[\frac{6n}{(n^2 + 2) \cdot (n^2 - 1)} u(n) \right]^2 + \left[\frac{u(\rho)}{\rho} \right]^2}$$
9. Obliczyć dla każdej temperatury niepewność złożoną bezwzględną $u(\alpha_e)$.

5. Podsumowanie

Zestawić wyniki, przeanalizować uzyskane rezultaty (wraz z wykresami), wyciągnąć wnioski.

Stwierdzić czy cel ćwiczenia:

- wyznaczenie współczynnika polaryzowalność α_e ;
- zbadanie zależności współczynnika polaryzowalność α_e od temperatury;

został osiągnięty.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale

DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Grupa

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych.

3.2 Parametry stanowiska (wartości i niepewności).

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

Ogrzewanie		Chłodzenie	
Temperatura [°C]	współczynnik załamania	Temperatura [°C]	współczynnik załamania
15,			
20,			
25,			
30,			
35,			
40,			
45,			
49,			
Nie przekraczać 50 °C!	Zapis X , X X X X	niepewność	niepewność

3.4 Data i podpis osoby prowadzącej.....