

# 29<sup>a</sup> ANOMALIA ROZSZERZALNOŚCI CIEPLNEJ WODY

## 1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- Rodzaje wiązań atomowych w cząsteczce, oddziaływania międzycząsteczkowe, energia wiązania;
- budowa cieczy, struktura cząsteczki wody i lodu;
- wpływ czynników zewnętrznych na właściwości fizyczne cieczy;
- anomalna rozszerzalność wody.

## 2. POMIARY

**Przed pomiarem sprawdzić wysokość słupa cieczy w kapilarze. Jeżeli wysokość słupa cieczy jest poniżej 30 cm, poprosić o uzupełnienie badanej substancji.**

1. Pokruszyć dużą ilość lodu i umieścić w misce.
2. Ustawić na mieszkadle magnetycznym naczynie plastikowe wraz z umieszczoną w nim kolbą pomiarową.
3. Zapoznać się z podziałką na kapilarze i zaobserwować wysokość słupa cieczy.
4. Włączyć mieszkadło magnetyczne i ustawić tak, aby mieszkadło znajdujące się wewnątrz kolby obracało się.
5. Obłożyć kolbę rozdrobnionym lodem, przesypując lód solą.
6. Gdy temperatura wody w kolbie obniży się do ok. 11 °C, rozpocząć pomiar wysokości słupa wody w kapilarze, co 0,4 °C, aż do temperatury 5 °C.

Przykładowa tabela pomiarowa:

| Temperatura wody [°C] | Pomiar w trakcie chłodzenia [mm] | Pomiar w trakcie ogrzewania [mm] |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 11,0                  |                                  |                                  |
| 10,6                  |                                  |                                  |
| 10,2                  |                                  |                                  |
| ...                   |                                  |                                  |

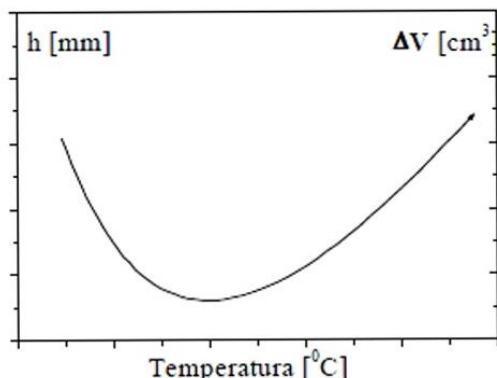
7. Gdy temperatura wody w kolbie obniży się do 5 °C zapisywać wysokości słupa w kapilarze o 0,2 °C, aż do temperatury ok. +0,4 °C.

**Uwaga! Gdy woda osiągnie temperaturę +0,4 °C, natychmiast wyjąć kolbę z mieszanki chłodzącej, ponieważ woda zamarzając może rozsadzić kolbę.**

8. Wyjąć kolbę z naczynia i ustawić z powrotem na mieszkadle magnetycznym (bez naczynia z lodem).
9. Wykonać pomiary wysokości słupa wody w kapilarze przy ogrzewaniu się kolby powietrzem atmosferycznym, aż do temperatury ok. +11 °C (dla tych samych wartości temperatur jak podczas chłodzenia).

### 3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Sporządzić wykres zależności wysokości  $h$  słupa wody w kapilarze od temperatury  $t$ , podczas ochładzania i ogrzewania wody. Na tym samym wykresie umieścić odpowiadające im zmiany objętości wody  $\Delta V$ , jak to pokazano na Rysunku 1.



Do obliczeń  $\Delta V$  należy przyjąć:

- średnicę wewnętrzną kapilary  $d = 1,7 \text{ mm}$ ;
- zmianę wysokości  $\Delta h$  między wysokością początkową a wysokością słupa w danej temperaturze.

Rys. 1. Wykres zależności  $h(t)$  i  $\Delta V(t)$ .

2. Wyznaczyć temperaturę odpowiadającą maksymalnej gęstości wody  $\rho_{\text{max}}$ .
3. Obliczyć względną zmianę gęstości wody między wyznaczoną temperaturą odpowiadającą  $\rho_{\text{max}}$  a temperaturą  $10^\circ\text{C}$ . W tym celu obliczyć objętość wody, która wypełnia kolbę ( $300 \text{ cm}^3$ ) i oraz kapilarę do danej wysokości.
4. Niepewności standardowe pomiaru temperatury i wysokości słupa wody oszacowane metodą typu B (patrz: Instrukcja ONP, rozdz. 4.2.) zaznaczyć na wykresie. Wymienić ewentualne inne przyczyny tego, że punkty pomiarowe nie układają się idealnie na krzywej.

### 4. LITERATURA

- P. G. Hewitt, Fizyka wokół nas, PWN Warszawa 2001
- S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, tom II, PWN Warszawa 1976
- S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki PWN Warszawa 1987
- H. D. Young, R. A. Freedman, University Physics, Pearson, International Edition.
- OpenStax: <https://openstax.org/details/books/fizyka-dla-szkół-wyższych-tom-2>
- D. Halliday, R. Resnick, Fizyka, tom I, PWN, Warszawa 1994.