

Ćwiczenie C4

POMIAR CIEPŁA WŁAŚCIWEGO CIECZY METODĄ DWÓCH ELEKTROKALORYMETRÓW

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych pojęć i zasad związanych z termodynamiką i prądem elektrycznym oraz wyznaczenie eksperymentalnie ciepła właściwego badanej cieczy metodą porównawczą.

2. Zagadnienia do przygotowania

Zagadnienia do opracowania i nauczenia się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- zasady termodynamiki – treść, zastosowanie,
- pojęcie ciepła właściwego i pojemności cieplnej ciał,
- praca (W) i moc (P) prądu elektrycznego, prawo Joule'a.
- przewodnictw cieplne – mechanizmy przenoszenia energii,
- formułowanie bilansu cieplnego z uwzględnieniem pojemności cieplnej kalorymetru.

Część teoretyczna sprawozdania (opracowana **przed przystąpieniem** do części praktycznej):

- sformułować i opisać bilans cieplny doświadczenia, wyprowadzić wzór (1).

3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Aparatura pomiarowa: badana ciecz (1), kalorymetry (2), (3), woda destylowana (4), termometry (5), zasilacz prądu stałego (6). Ponadto: waga, stoper

c_w – ciepło właściwe wody ($c_w = 4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$),

c_c – ciepło właściwe badanej cieczy,

c_k – ciepło właściwe kalorymetru, ($c_k = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ (Al), $c_k = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ (stal. kw.)),

m_{kI} (m_{kII}) – masa pierwszego (drugiego) kalorymetru w stanie suchym z pokrywą i mieszadłem,

m_{kIW} (m_{kIIc}) – masa pierwszego kalorymetru z wodą (drugiego z badaną cieczą) z pokrywą i mieszadłem,

$m_w = m_{kIW} - m_{kI}$ – masa wody wlanej do kalorymetru,

$m_c = m_{kIIc} - m_{kII}$ – masa badanej cieczy wlanej do kalorymetru,

t_w – temperatura początkowa (kalorymetru z wodą),

t_c – temperatura początkowa (kalorymetru z cieczą).

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- Zważyć osuszone naczynia kalorymetrów m_{kI} oraz m_{kII} .
- Jeden z kalorymetrów wypełnić do połowy wodą, a drugi do połowy badaną cieczą. Sprawdzić, czy elementy grzejne będą całkowicie zanurzone w cieczach.
- Zważyć kalorymetry z wodą m_{kIW} i cieczą m_{kIIc} (bez pokrywek), obliczyć m_w i m_c .
- Założyć pokrywki z elementami grzejnymi, spirale obu kalorymetrów połączyć szeregowo z zasilaczem.
- Przygotować zasilacz do pracy z ustabilizowanym napięciem: pokrętko *CURRENT* skrócić do oporu w prawo, a pokrętko *VOLTAGE* skrócić do oporu w lewo.
- Zgłosić układ do sprawdzenia przez opiekuna dydaktycznego.**

UWAGA! Nie włączać zasilania przy niezanurzonych grzałkach!

POMIAR I

- Włączyć stoper na cały czas trwania pomiaru.**
- Odczytywać temperaturę wody t_w oraz cieczy t_c co około 15 s. Moment pomiaru i obie temperatury zapisujemy w Tabeli 1.
- Po czasie ok. 3 min. włączyć zasilanie (*POWER ON*) i pokrętkiem *VOLTAGE* ustalić napięcie $U \approx 20\text{ V}$. Gdy temperatura wody wzrośnie o około 10°C , wyłączyć zasilacz głównym wyłącznikiem (*POWER OFF*). Zaznaczyć te momenty w Tabeli 1.
- Kontynuować pomiary temperatury jeszcze przez około 4 min.

POMIAR II

- Powtórzyć pomiary 4g – 4j zamieniając pokrywki ze spiralami tak, aby spirala, która ogrzewała wodę, ogrzewała teraz badaną ciecz. **Nie zmieniać napięcia zasilacza.**

Rozmontować układ pomiarowy, wypłukać spirale grzejne wodą, ułożyć zestaw jak na Rys. 1.

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Aby wyeliminować efekt wymiany ciepła kalorymetrów z otoczeniem należy znaleźć hipotetyczne przebiegi pomiarów, w których proces grzania przebiegałby bardzo szybko. W tym celu należy sporządzić wykres zależności temperatury układu t od czasu τ :

$$t = f(\tau).$$

Tablica 1: Pomiar temperatur grzanych cieczy

| Pomiar 1 | | | | Pomiar 2 | | | |
|----------|--|--------------------------------|----------------------------------|----------|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Lp. | Moment pomiaru temperatury τ [s] | Temperatura wody t_w [°C] | Temperatura cieczy t_c [°C] | Lp. | Moment pomiaru temperatury τ [s] | Temperatura wody t_w [°C] | Temperatura cieczy t_c [°C] |
| 1. | | | | 1. | | | |
| 2. | | | | 2. | | | |
| 3. | | | | 3. | | | |
| 4. | | | | 4. | | | |
| 5. | | | | 5. | | | |
| 6. | | | | 6. | | | |
| 7. | | | | 7. | | | |
| 8. | | | | 8. | | | |
| 9. | | | | 9. | | | |
| 10. | | | | 10. | | | |
| 11. | | | | 11. | | | |
| 12. | | | | 12. | | | |
| 13. | | | | 13. | | | |
| 14. | | | | 14. | | | |
| 15. | | | | 15. | | | |
| 16. | | | | 16. | | | |
| 17. | | | | 17. | | | |
| 18. | | | | 18. | | | |
| 19. | | | | 19. | | | |
| 20. | | | | 20. | | | |
| 21. | | | | 21. | | | |
| 22. | | | | 22. | | | |
| 23. | | | | 23. | | | |
| 24. | | | | 24. | | | |
| 25. | | | | 25. | | | |
| 26. | | | | 26. | | | |
| 27. | | | | 27. | | | |
| 28. | | | | 28. | | | |
| 29. | | | | 29. | | | |
| 30. | | | | 30. | | | |

Z wykresu wyznaczyć tzw. temperatury interpolacyjne: t_{pw}^0 i t_{kw}^0 oraz t_{pc}^0 i t_{kc}^0 .

Dla obu pomiarów obliczyć ciepło właściwe badanej cieczy:

$$c_c = \frac{(c_w m_w + c_k m_{kl})(t_{kw}^0 - t_{pw}^0) - c_k m_{kl}(t_{kc}^0 - t_{pc}^0)}{m_c(t_{kc}^0 - t_{pc}^0)} \quad (1)$$

Przy wyprowadzaniu powyższego wzoru założyć, że spirale grzejne są identyczne, a pokrywy kalorymetrów zbudowane są z dobrego izolatora ciepła (pomijamy przy formułowaniu bilansu cieplnego).

Znaleźć średnią wartość ciepła właściwego cieczy i porównać ją z wartością tablicową.

6. Ocena wyników pomiarów

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.

Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.

Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.

Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

7. Literatura

- *Podstawy fizyki*, Halliday D., Resnick R., Walker J., dowolne wydanie.
- *Pracownia fizyczna*, Szydłowski H., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Dryński T., dowolne wydanie.