

Temperaturowa charakterystyka termistora typu NTC

ćwiczenie nr 37

Opracowanie ćwiczenia: dr J. Woźnicka, dr S. Belica

Zakres zagadnień obowiązujących do ćwiczenia

1. Podstawy teorii pasmowej ciał stałych.
2. Termistory – charakterystyka i zastosowanie w pomiarach fizykochemicznych.
3. Układ mostka Wheatstone’a.

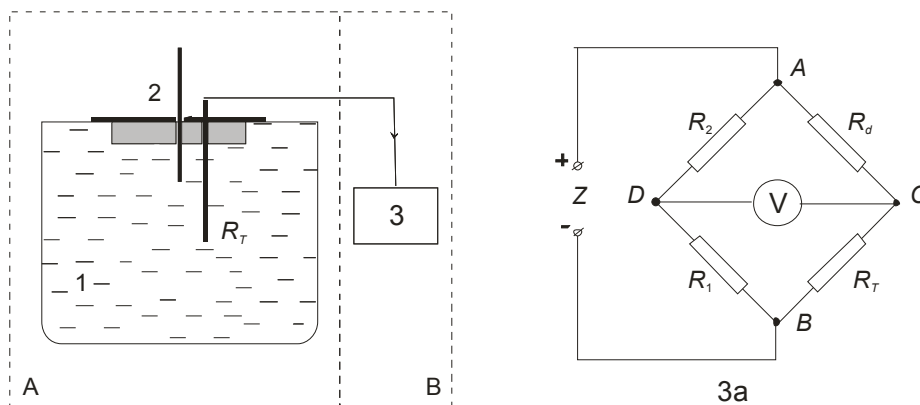
Literatura

1. Praca zbiorowa pod red. Woźnickiej J. i Piekarskiego H., *Ćwiczenia laboratoryjne z chemii fizycznej*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005.
2. Sobczyk L., Kiszka A., Gatner K., Koll A., *Eksperymentalna chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1982.
3. Brdička R., *Podstawy chemii fizycznej*, PWN, Warszawa 1970.
4. Michalski L., Eckersdorf K., *Pomiary temperatury*, WNT, Warszawa 1986.
5. Jaworski B., Dietlaf A., Miłkowska L., *Kurs fizyki t.2*, PWN, Warszawa 1984.

Celem ćwiczenia jest analiza zmian oporności termistora NTC wraz ze zmianą temperatury $R_T = f(T)$ oraz wyznaczenie: stałej materiałowej B , energii aktywacji przewodnictwa elektrycznego ΔE i temperaturowego współczynnika oporności α_T badanego termistora.

Układ pomiarowy

Dla uzyskania temperaturowej charakterystyki termistora wykorzystuje się układ termostatujący (A) oraz układ mostkowy (B), przedstawione na rysunku 1. Ultratermostat wodny (1) na czas pomiaru napełnia się wodą destylowaną. Wykonana z plexi głowica (2) wyposażona jest w termistor (R_T) o oporze $\approx 10 \text{ k}\Omega$.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego: A – ultratermostat wodny, B – układ mostkowy, 3a – szczegółowy schemat mostka Wheatstone’a.

Stosowany w ćwiczeniu mostek do pomiaru zmian oporności termistora wraz ze zmianą temperatury jest klasycznym mostkiem Wheatstone’a, którego bardziej szczegółową budowę przedstawia schemat 3a (rysunek 1). Mostek ten składa się z dwóch oporników wzorcowych R_1 i R_2 , termistora jako zmiennego elementu w gałęzi mostka o oporze R_T oraz pięciodekadowego opornika nastawczego R_d , służącego do równoważenia mostka. W obudowie znajduje się zasilacz Z wbudowany do jednej z przekątnych mostka AB , który służy do przekazania gałęziom mostka napięcia o wartości $\approx 6\text{V}$. W drugą przekątną mostka CD wbudowany jest woltomierz cyfrowy (V), służący jako wskaźnik równowagi mostka. Opory wzorcowe oraz opornik dekadowy zostały umieszczone we wspólnej obudowie, natomiast termistor jest poza nią. Woltomierz cyfrowy (V) znajduje się również na zewnątrz układu mostkowego. Jest to powszechnie stosowany sposób konstrukcji tego typu mostków. W momencie zrównoważenia mostka pomiędzy

wartościami oporów zachodzi relacja: $R_1 R_d = R_2 R_T$ i woltomierz nie wykazuje przepływu prądu. (Wyprowadzenie powyższego wzoru można znaleźć w podręcznikach fizyki i chemii fizycznej m.in. w *Eksperymentalnej chemii fizycznej*). Stan mostka, przy którym prąd jest równy zero nazywamy stanem równowagi mostka, a mostek służący do pomiaru *metodą zerową* nazywamy *mostkiem zrównoważonym*, w przeciwieństwie do *mostków niezrównoważonych*, w których stan równowagi jest stanem wyjściowym. Podział taki ma wyłącznie formalny charakter, ponieważ każdy z mostków może pracować jako zrównoważony lub niezrównoważony.

W omawianym ćwiczeniu stosuje się zerową metodę pomiaru przy użyciu mostka zrównoważonego. Po ustaleniu się temperatury w układzie, a więc ustaleniu wartości oporu termistora R_T , układ mostkowy doprowadza się do stanu równowagi (wskazania woltomierza równe 0). W ćwiczeniu układ mostkowy został tak skonstruowany, że wartości oporów wzorcowych są sobie równe: $R_1 = R_2$, co w konsekwencji prowadzi do zależności $R_d = R_T$. Oznacza to, że na mostku pomiarowym zwanym również dekadą, można odczytać bezpośrednio wartość oporu termistora R_T .

Odczynniki chemiczne i sprzęt laboratoryjny:

woda destylowana

Wykonanie ćwiczenia i przedstawienie wyników pomiarów

1. Sprawdzić czy wewnątrz ultratermostatu znajduje się wystarczająca ilość wody destylowanej. Jeśli wody jest za mało należy ją uzupełnić.
2. Uruchomić termostat i ustawić pierwszą temperaturę pomiaru. Rozpocząć od temperatury $t = 22^\circ\text{C}$, a następnie wybrać do badań dwanaście temperatur z zakresu od 25°C do 55°C .
3. Włączyć układ mostkowy (3) oraz woltomierz cyfrowy.
4. Odczekać około 15 minut na wytermostatowanie układu.
5. Na termometrze umieszczonym w płaszczu wodnym termostatu odczytać z dokładnością $\pm 0,5^\circ\text{C}$ temperaturę t .

- Pokrętlami opornika dekadowego sprowadzić napięcie mostka do wartości 0V. *Z uwagi na wyżej podaną relację $R_d = R_T$, wartość oporu odczytywana na dekadzie jest jednocześnie oporem termistora R_T w temperaturze t .*
- Odczytać na dekadzie wartość oporu termistora R_T w temperaturze pomiaru.
- Przestawić termostat na kolejne, wyższe temperatury i postępować analogicznie jak w punktach 4–7.
- Uzyskane wyniki pomiarów zamieścić w poniższej tabeli.

Tabela wyników pomiarów

t [°C]	T [K]	R_T [Ω]

Opracowanie i dyskusja wyników pomiarów

- Sporządzić wykres zależności oporu termistora od temperatury $R_T = f(T)$.
- Równanie (1) sprowadzić do postaci logarytmicznej:

$$R_T = R_\infty e^{\frac{B}{T}} \quad (1)$$

$$\ln R_T = \ln R_\infty + \frac{B}{T} \quad (2)$$

- Wykreślić zależność $\ln R_T = f\left(\frac{1}{T}\right)$, która w badanym zakresie temperatury jest liniowa.
- Metodą metodą najmniejszych kwadratów wyznaczyć parametry prostej B i R_∞ .
- Znając wartość stałej materiałowej B , obliczyć energię aktywacji przewodnictwa elektrycznego termistora $\Delta E = BR$ (R – stała gazowa).
- Energię aktywacji otrzymaną w [J mol⁻¹] lub w [cal mol⁻¹] przeliczyć na [eV] wiedząc, że: 1eV = 96550 J mol⁻¹ = 23060 cal mol⁻¹.
- Z równania (3) obliczyć temperaturowy współczynnik oporności termistora α_{298} w temperaturze 298 K:

$$\alpha_T = - \frac{B}{T^2} \quad (3)$$

- Przeprowadzić dyskusję wyników badań.

