

Podczas działania latarki wolframowe włókno żarówki znaczną część dostarczanej energii emituje w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Jeśli jednak stłuc szklaną bańkę i umieścić żarówkę w cieczy, dominujące stają się inne mechanizmy chłodzenia. Odprowadzana moc P jest w znacznym zakresie temperatur proporcjonalna do różnicy temperatury włókna T i temperatury otoczenia T_0 : $P = \alpha(T - T_0)$. Wyznacz współczynnik α dla trzech różnych cieczy: wody, gliceryny i oleju jadalnego. Masz do dyspozycji:

- żarówkę od latarki na napięcie z zakresu 3 V do 6 V,
- regulowane źródło napięcia stałego (np. zasilacz lub baterię z opornicą),
- woltomierz i amperomierz (np. dwa mierniki uniwersalne),
- kable połączeniowe,
- zlewkę,
- wodę, glicerynę i olej jadalny (np. słonecznikowy).

Przyjmij następującą zależność oporu właściwego wolframu ρ od temperatury

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \beta \cdot (T - T_0)],$$

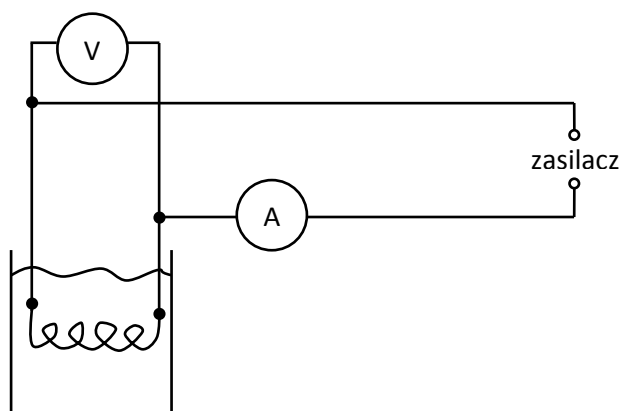
gdzie ρ_0 jest pewnym współczynnikiem, a $\beta = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. W rozwiązaniu podaj dane techniczne użytej żarówki.

Uwaga: Bańkę żarówki najbezpieczniej stłuc w imadle, po owinięciu żarówki papierem. Podczas tej czynności zachowaj ostrożność, żeby się nie skaleczyć.

Rozwiązanie:

Część teoretyczna

Szukany współczynnik α można wyznaczyć korzystając z układu doświadczalnego przedstawionego na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

W układzie tym – pozwalającym na jednoczesny pomiar napięcia U przyłożonego do włókna żarówki oraz natężenia prądu I płynącego przez to włókno – wykorzystano fakt, że opór woltomierza jest dużo większy od oporu włókna żarówki, zatem prąd płynący przez woltomierz można zasadnie zaniedbać. Wiedząc, że moc wydzielona we włóknie jest równa $P = U \cdot I$, a opór żarówki $R = U/I$, można wyznaczyć zależność mocy od oporu $P(R)$. Jednocześnie opór drutu wolframowego o długości L i polu przekroju poprzecznego S jest równy $R = \rho \cdot L / S$, gdzie ρ jest danym w treści zadania oporem właściwym. Zatem:

$$R = \rho_0 \cdot [1 + \beta \cdot (T - T_0)] \cdot L / S. \quad (1)$$

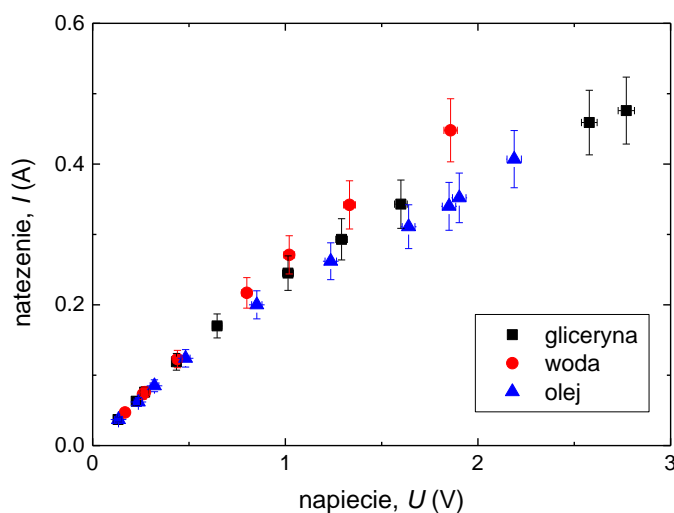
Ostatecznie znając zależności $P(T)$ i $R(T)$ można uzyskać następujący wzór na moc wydzieloną jako funkcję oporu włókna:

$$P = (\alpha/\beta) \cdot (R/R_0 - 1), \quad (2)$$

gdzie $R_0 = \rho_0 \cdot L / S$ oznacza opór włókna, gdy nie płynie przez nie prąd.

Część doświadczalna:

Korzystając z przedstawionego na Rys. 1 układu doświadczalnego zmierzono – dla trzech różnych cieczy – natężenie prądu I płynącego przez włókno żarówki jako funkcję napięcia U przyłożonego do włókna. Wyniki pomiarów umieszczono na Rys. 2.

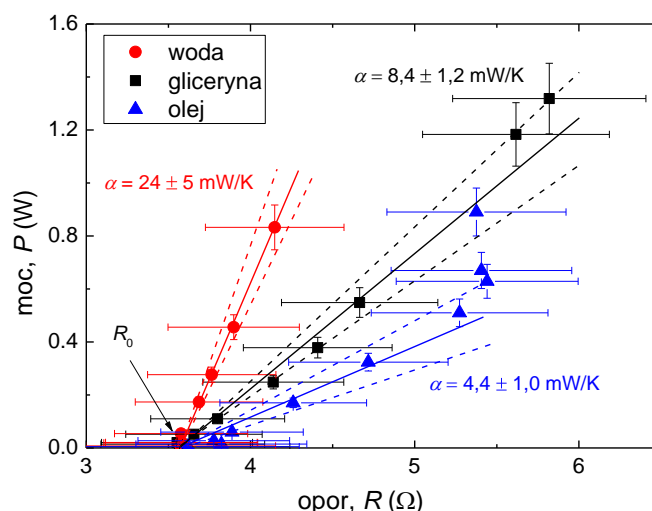


Rys. 2. Wyniki pomiarów napięcia i natężenia.

Pomiary prowadzone były od najmniejszych natężeń prądu płynącego przez włókno żarówki do momentu, w którym wokół włókna zaczął tworzyć się bąbelek gazu. Dla dużych natężeń prądu czas pomiaru i odczytu danych skrócono do minimum, aby uniknąć utleniania włókna.

Wszystkie trzy serie danych zbiegają do jednego punktu blisko początku układu współrzędnych. Punkt ten odpowiada oporowi włókna zimnego, tzn. takiego przez które nie płynie prąd. Wartość tego oporu wyznaczono na $R_0 = 3,6 \pm 0,1 \, \Omega$. Z faktu, że trzy serie

danych zbiegają do jednego punktu można wnioskować, że poddane badaniom ciecze miały podczas pomiarów zbliżoną temperaturę. Na podstawie pomiarów natężenia prądu I oraz napięcia U obliczono wartości oporu elektrycznego włókna $R = U/I$ oraz mocy wydzielonej na włóknie $P = U \cdot I$, co pozwoliło na sporządzenie Rys. 3.



Rys. 3. Zależność wydzielonej mocy od oporu włókna.

Widać, że punkty z pomiarów wykonanych dla różnych cieczy przebiegają wzdłuż prostych mających różne współczynniki kierunkowe. Podczas wykonywania eksperymentów z włóknem zanurzonym w oleju, w zakresie najwyższych natężeń prądu zauważono wrzenie cieczy w okolicy włókna. Na Rys. 3 odpowiadają tej sytuacji trzy trójkątne symbole, które znacznie odbiegają od liniowego trendu. W dalszej analizie pominięto te dane. Do pozostałych danych dopasowano odrębnie proste, których współczynniki nachylenia pozwoliły na wyznaczenie wartości i niepewności pomiarowych współczynnika α dla trzech różnych cieczy. Współczynniki te wynosiły 24 ± 5 mW/K, $8,4 \pm 1,2$ mW/K oraz $4,4 \pm 1,0$ mW/K odpowiednio dla wody, gliceryny i oleju.