



XXVIII OLIMPIADA FIZYCZNA

(1978/1979)

ZAWODY III STOPNIA

CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

Zadanie doświadczalne – D

Nazwa – Wyznaczanie współczynnika przewodnika cieplnej miedzi.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

- Andrzej Wysmołek, sekretarz naukowy ds. zad. dośw. KGOF, IFD UW
- Waldemar Gorzkowski, *Fizyka w Szkole* nr 4, 1980
- Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki, *Olimpiady Fizyczne XXVII–XXVIII*, WSiP, Warszawa 1983
- Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki: *Olimpiada fizyczna. Wybrane zadania doświadczalne z rozwiązaniami*. Stowarzyszenie *Symetria i Własności Strukturalne*, Poznań 1994 (zad. 28)
- T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

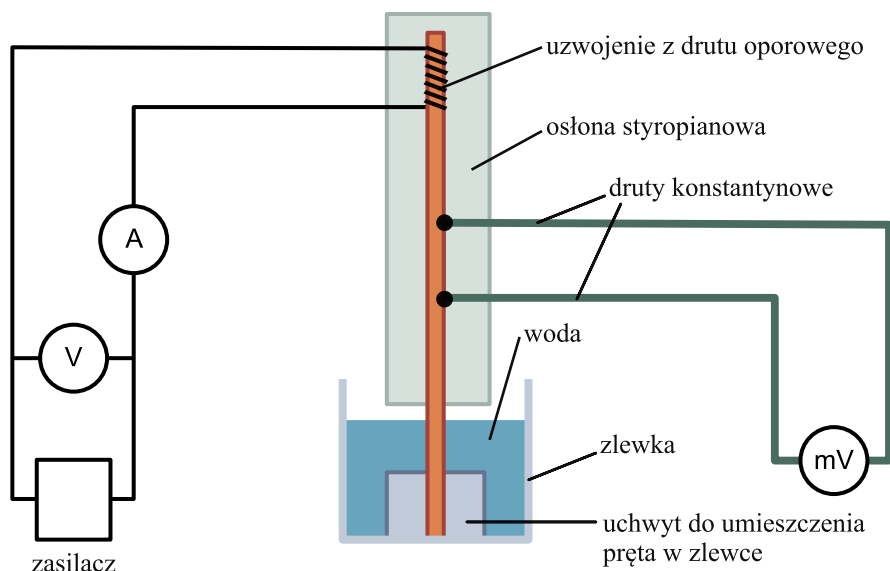
Masz do dyspozycji:

- pręt miedziany z nawiniętym na jednym końcu uzwojeniem z drutu oporowego i z dwoma przyłutowanymi odcinkami drutu konstantanowego,
- zasilacz prądu stałego,
- woltomierz,
- amperomierz,
- czuły miliwoltomierz o dużej oporności,
- zlewkę z wodą,
- uchwyt do postawienia pręta w zlewce,
- linijkę,
- dwa kawałki styropianu,
- gumkę (recepturkę).

Korzystając z wymienionych przyrządów oraz wiedząc, że siła elektromotoryczna termopary miedź–konstant wynosi $\alpha = 42 \mu\text{V}/\text{K}$ (w zakresie $0 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$), wyznacz współczynnik przewodności cieplnej miedzi.

Rozwiązanie zadania D – XXVIII OF, III stopień, część doświadczalna

Zadanie to rozwiązuje się korzystając z układu przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. ¹

Pręt w uchwycie stawiamy na dnie zlewki napełnionej wodą. Uzwojenie z drutu oporowego stanowi grzejnik, który jest zasilany z zasilacza prądu stałego. Pomiar napięcia U na uzwojeniu grzejnika i pomiar natężenia I pobieranego prądu pozwalają obliczyć moc wydzieloną w grzejniku ($P = U \cdot I$). Dwa druty konstantanowe przyłączone do pręta miedzianego tworzą dwa złącza termopary miedź – konstantan. Wobec tego różnica potencjałów E pomiędzy tymi drutami będzie proporcjonalna do różnicy temperatur tych złączy ΔT :

$$E = \alpha \cdot \Delta T. \quad (1)$$

Ciepło wydzielające się w grzejniku będzie poprzez pręt odprowadzone do wody. Wymianę ciepła z powietrzem oraz straty na promieniowanie można przy niewielkich temperaturach grzejnika pominąć (grzejnik i pręt aż do powierzchni wody osłaniamy styropianem). Można przyjąć, że na odcinku pręta od piecyka do powierzchni wody gradient temperatury będzie stały. Wynika to z faktu, że pręt jest jednorodny i ma stały przekrój, a więc stałą oporność cieplną, a na rozważanym odcinku pręta nie ma ani źródeł, ani odbiorników ciepła.

¹ W źródłach rys. były czarno-białe. Opracowując zad. do bazy zadań KGOF wykonany rys. został pokolorowany (przyp. red.).

Z równania przewodnictwa cieplnego mamy

$$Q = \eta \frac{dT}{dx} S \cdot \Delta t, \quad (2)$$

gdzie Q jest ilością ciepła przepływającego przez poprzeczny przekrój pręta o powierzchni

przekroju S w czasie Δt , $\frac{dT}{dx}$ jest gradientem temperatury wzdłuż pręta, a η współczynnikiem przewodności cieplnej miedzi.

Ponieważ założyliśmy, że całe ciepło z grzejnika przepływa przez pręt do wody (pojemność cieplna pręta jest mała w porównaniu z pojemnością cieplną wody), więc

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = U \cdot I. \quad (3)$$

Jednocześnie z faktu, że gradient temperatury jest stały, wynika $\frac{dT}{dx} = \frac{\Delta T}{d}$ gdzie d jest odległością pomiędzy przylutowanymi drutami konstantanowymi. Ostatecznie

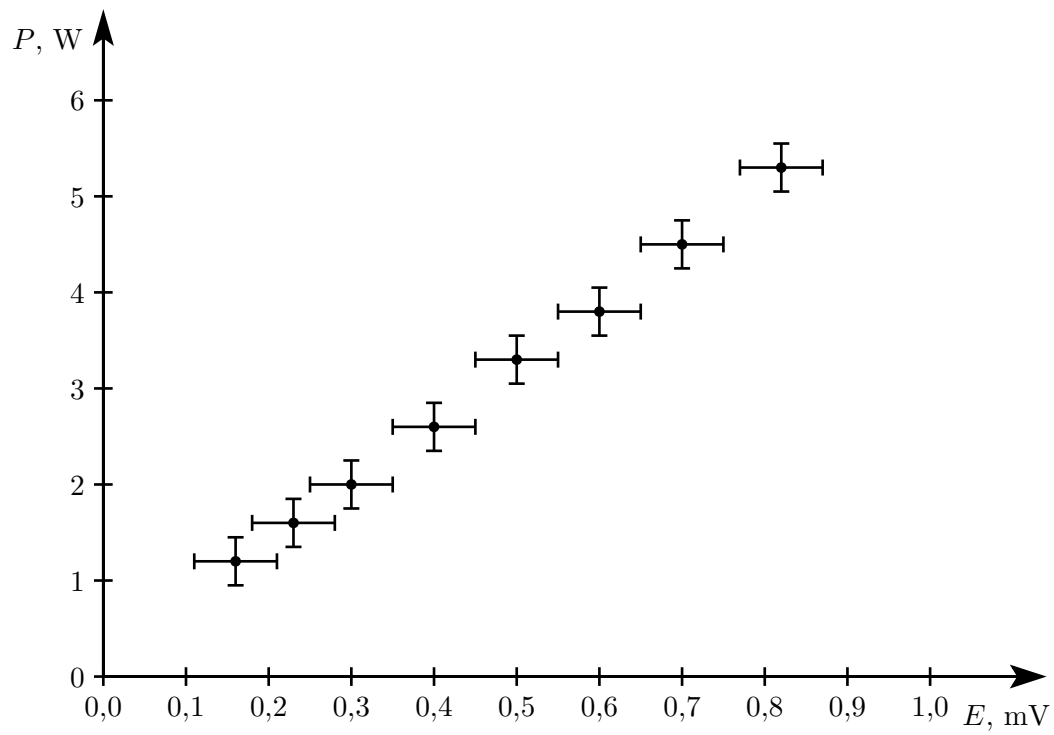
$$\eta = \frac{U \cdot I \cdot d\alpha}{S \cdot E}. \quad (4)$$

Grzejnik jest zasilany prądem o natężeniu $I < 1$ A przy napięciu $U < 10$ V, co daje moc mniejszą niż 10 W. Zmianę temperatury wody w czasie pomiaru trwającego 10–20 minut można z powodzeniem zaniedbać, zwłaszcza, że wymiana ciepła zlewki z otoczeniem jest duża. Łatwo obliczyć, że zlewka z wodą o pojemności około 0,5 litra ma pojemność cieplną około 2000 J/K.

W zestawie, który mieli do dyspozycji uczestnicy Olimpiady Fizycznej, zastosowany był pręt o grubości około 5 mm, drut konstantanowy o grubości około 0,2 mm, a odległość d wynosiła (51 ± 1) mm. Pomiar napięcia był prowadzony za pomocą przyrządu uniwersalnego V-640, którego oporność wejściowa na zakresach napięciowych była rzędu $10^9 \Omega$. Można więc było uznać, że przyrząd ten mierzył bezpośrednią siłę elektromotoryczną. Gdy nie dysponujemy takim przyrządem, napięcie termopary można mierzyć metodą kompensacyjną.

Można też zrobić dodatkową termoparę miedź–konstantan i wyskalować ją posiadającym przyrządem.

Warto wykonać szereg pomiarów dla różnych mocy grzejnika. Po każdej zmianie mocy trzeba zaczekać kilka minut przed odczytaniem napięcia na termoparze, aby zdążył się ustalić gradient temperatury wzdłuż pręta. Przykładowe wyniki pokazane są na rysunku 2.



Rys. 2