

# XLVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

## Zadanie doświadczalne

### ZADANIE D2

Zakładając, że zależność mocy  $P$  pobieranej przez żarówkę od temperatury bezwzględnej jej włókna  $T$  ma postać:

$$P = A + BT + CT^4$$

wyznacz wartości współczynników  $A$ ,  $B$ ,  $C$ .

Przyjmij, że opór włókna zmienia się wraz z jego temperaturą zgodnie ze wzorem

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha_R (T - T_0)],$$

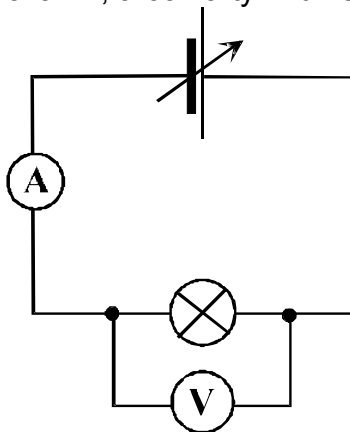
gdzie  $R_0$  oznacza opór w temperaturze  $T_0$ , natomiast temperaturowy współczynnik oporu  $\alpha_R = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

Masz do dyspozycji żarówkę samochodową (o napięciu nominalnym 12 V), zasilacz napięcia stałego regulowany w zakresie 0÷12 V, woltomierz, amperomierz, przewody elektryczne umożliwiające zestawienie układu pomiarowego.

Do doświadczenia użyj zwykłej (nie halogenowej) żarówki o niezbyt dużej mocy, aby za pomocą dostępnego zasilacza możliwe było zasilanie żarówki napięciem nominalnym.

### ROZWIĄZANIE ZADANIA D2

Pomiary mocy pobieranej przez żarówkę można wykonać w układzie pomiarowym, którego schemat przedstawiono na rys. 1. Układ taki jest odpowiedni ze względu na mały opór włókna żarówki. Regulując napięcie na zaciskach zasilacza można zmieniać moc dostarczaną do żarówki, a co za tym idzie temperaturę jej włókna.



rys.1

Odczytując wskazania woltomierza  $U$  i amperomierza  $I$  możemy wyznaczyć moc  $P$  pobieraną przez żarówkę oraz opór  $R$  jej włókna:

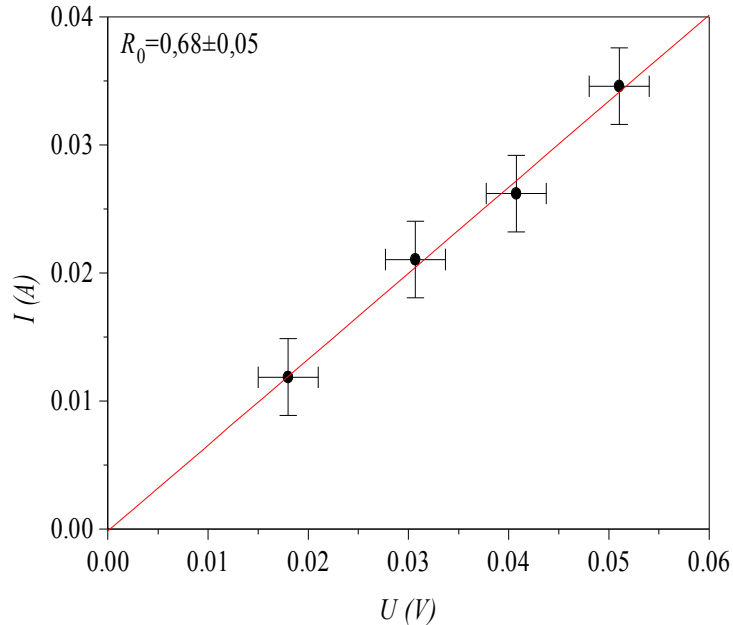
$$P = UI \quad (1)$$

$$R = \frac{U}{I}. \quad (2)$$

Jeśli pominać opory doprowadzeń, to zgodnie z założeniami przyjętymi w treści zadania znając opór włókna można określić jego temperaturę  $T$ :

$$T = T_0 + \frac{1}{\alpha_R} \left[ \frac{U}{IR_0} - 1 \right]. \quad (3)$$

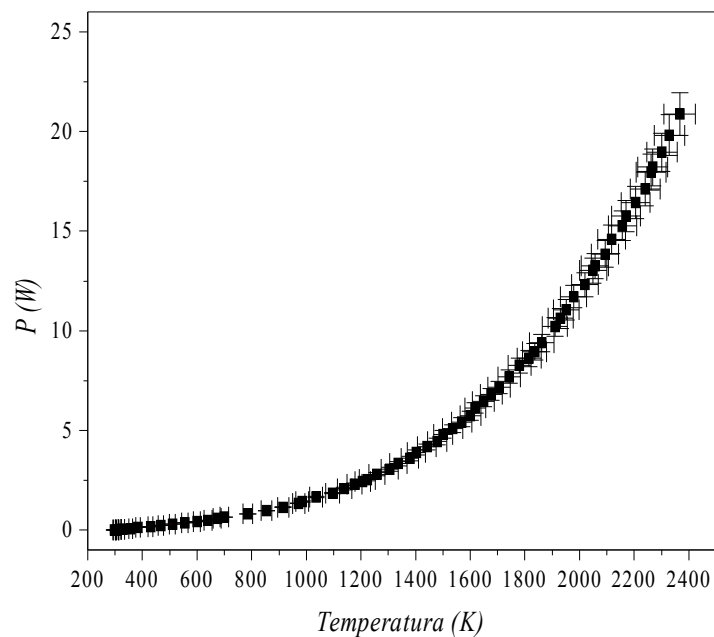
Wartość oporu  $R_0$  należy określić w warunkach gdy przepływający przez włókno żarówki prąd nie zmienia zauważalnie jego temperatury. Można to zrobić dopasowując prostą do zależności prądu od napięcia dla niskich napięć (rys. 2).



rys. 2

Z dopasowania prostej otrzymano wartość  $R_0 = 0,68 \pm 0,05 \Omega$

Tak więc znając prąd  $I$  przepływający przez żarówkę oraz napięcie  $U$  na jej końcówkach możemy określić zarówno moc pobieraną przez żarówkę jak też temperaturę jej włókna. Wykres zależności mocy pobieranej przez żarówkę od temperatury jej włókna przedstawiono na rys. 3.



rys. 3

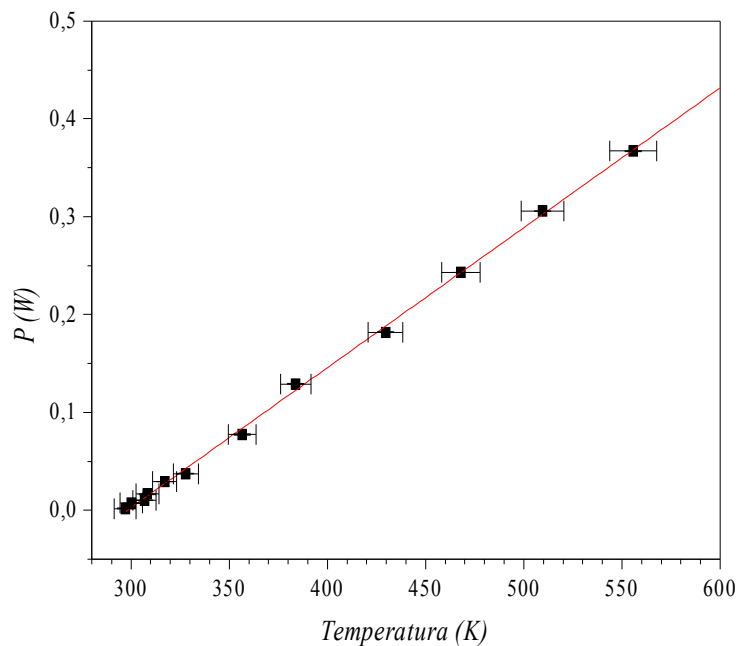
W zakresie temperatury od pokojowej do ok. 600-700°C moc  $P$  pobierana przez żarówkę zależy liniowo od temperatury (rys. 4). Można ją opisać wzorem

$$P_{lin}(T) = 0,00142(1) T - 0,425(4), \quad (4)$$

uzyskany z dopasowania prostej do wyników doświadczenia. Wyrażenie to należy porównać z zależnością podaną w treści zadania. W otoczeniu pewnej temperatury  $T_1$  można je zapisać w postaci:

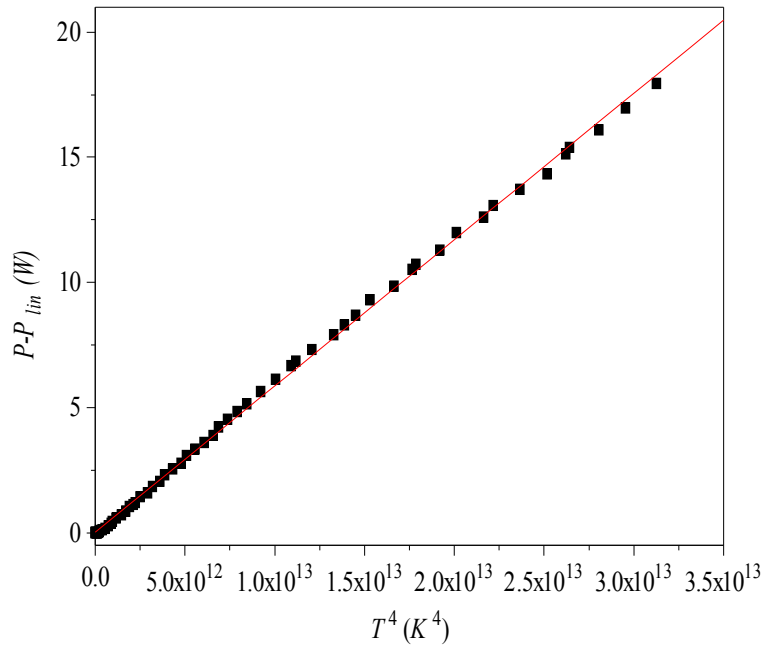
$$P \approx A + (B + CT_1^3) T \quad (5)$$

Z porównania (4) i (5) wynika, że wartość parametru  $A = -0,425(4)$ . Na tym etapie nie można jednak wyznaczyć wartości parametru  $B$ , bez znajomości (choćby przybliżonej) wartości parametru  $C$ .



rys. 4

Wyznaczenie parametrów  $B$  oraz  $C$  polega na procedurze samouzgodnionej, w której otrzymujemy coraz dokładniejsze ich wartości. W pierwszym kroku można wyznaczyć (przybliżoną) wartość  $C$ . W tym celu od mocy całkowitej  $P$  należy odjąć składnik  $P_{lin}$  i wykonać wykres zależności tak uzyskanej wielkości od czwartej potęgi temperatury (rys. 5). Powinniśmy w ten sposób uzyskać zależność liniową o nachyleniu  $C$  (szczególnie dla wysokich temperatur, gdy człony liniowe tracą na znaczeniu).

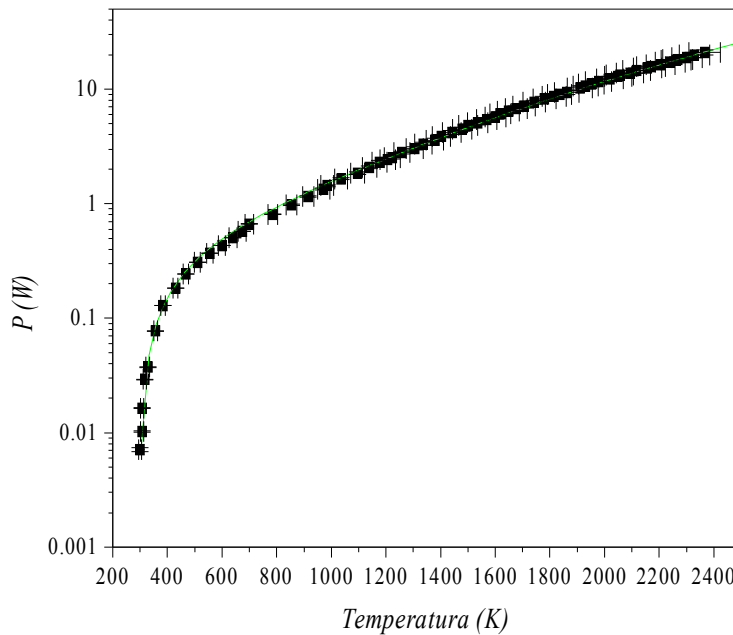


rys. 5

Dopasowanie prostej daje wartość parametru  $C=5,85(5) \cdot 10^{-13} \text{ K}^{-4}$ . Dla temperatur bliskich  $T_1=600^\circ\text{C}$  wartość  $CT_1^3 \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  jest znacznie mniejsza od wartości  $14,2(1) \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  występującej w wyrażeniu (4), zatem ta ostatnia stanowi dobre przybliżenie parametru  $B$ . Korzystając z zależności (5) uzyskujemy „poprawioną” wartość parametru  $B = (14,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . Poprawka ta polepsza zgodność krzywej teoretycznej z wynikami doświadczenia w obszarze niskich temperatur.

Ostatecznie zależność mocy pobieranej przez żarówkę od temperatury jej włókna przyjmuje postać:  $P(T) = -0,425(4) + 0,00140(1) T + 5,85(5) \cdot 10^{-13} T^4$ .

Przedstawiono ją linią ciągłą na rys. 6. Z dokładnością do błędów pomiarowych opisuje ona wyniki doświadczenia zarówno dla niskich jak i dla wysokich temperatur.



rys. 6

Do głównych źródeł błędów pomiarowych należy zaliczyć niedokładność wyznaczenia temperatury włókna, wynikającą z dużej niedokładności określenia oporu  $R_0$ . Wykonując pomiary, po każdej zmianie napięcia zasilania należy odczekać na ustalenie się temperatury włókna. Nie można też wyeliminować błędu systematycznego związanego ze stosowaniem przybliżonego wzoru na zależność oporu włókna od temperatury.

### **Punktacja**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Metoda wyznaczenia mocy pobieranej przez żarówkę do                 | do 1 pkt. |
| 2. Metoda wyznaczenia temperatury włókna żarówki                       | do 2 pkt. |
| 3. Wyznaczenie wartości parametru $R_0$                                | do 3 pkt. |
| 4. Wyznaczenie zależności mocy pobieranej przez żarówkę od temperatury | do 4 pkt. |
| 5. Wyznaczenie współczynnika $A$                                       | do 2 pkt. |
| 6. Wyznaczenie współczynników $B$ oraz $C$                             | do 6 pkt. |
| 7. Poprawny wynik końcowy wraz z analizą błędów pomiarowych            | do 2 pkt. |

Źródło:

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)