

SPRAWDZANIE PRAWA STEFANA-BOLTZMANN. CHARAKTERYSTYKA ŻARÓWKI.

Zagadnienia:

1. Promieniowanie ciała doskonale czarnego.
2. Prawa Kirchhoffa.
3. Prawo Stefana-Boltzmana.
4. Zależność oporu elektrycznego metali od temperatury.

Literatura:

1. Podręczniki kursowe.

Wykonanie ćwiczenia:

A. Metoda pomiaru.

Prawo Stefana-Boltzmana można zapisać w postaci $P = \sigma T^4$. P - moc promieniowania ciała ogrzanego do temperatury T wyrażonej w skali Kelvina. σ - stała Stefana-Boltzmana. W ćwiczeniu sprawdzamy prawo Stefana-Boltzmana korzystając ze zwykłej żarówki. Mierząc moc P promieniowania żarówki przy różnych wartościach temperatury można wyznaczyć stosunek $\frac{P}{T^4}$. Zgodnie z prawem Stefana-Boltzmana wartość liczbowa tego stosunku powinna być stała. Zakładając, że prawie cała energia prądu elektrycznego przekształca się w energię promieniowania można wyznaczyć moc promieniowania żarówki mierząc spadek napięcia U na żarówce i natężenie I przepływającego przez nią prądu $P = P_z = UI$.

Dla wyznaczenia temperatury żarówki, korzystamy z zależności oporności przewodnika od temperatury :

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

gdzie : R_0 - opór przewodnika w temperaturze $0^\circ C$, R_t - opór w temperaturze t ,
 α - współczynnik temperaturowy oporu.

Wartość R_0 można wyznaczyć z zależności :

$$R_0 = \frac{R_p}{1 + \alpha p} \quad (2)$$

gdzie : R_p - opór zmierzony w temperaturze pokojowej, α - współczynnik dla temperatury pokojowej. Opór R_p można wyznaczyć za pomocą układu mostkowego, natomiast R_t metodą techniczną $R_t = \frac{U}{I}$. Temperaturę spirali wyznaczamy z zależności :

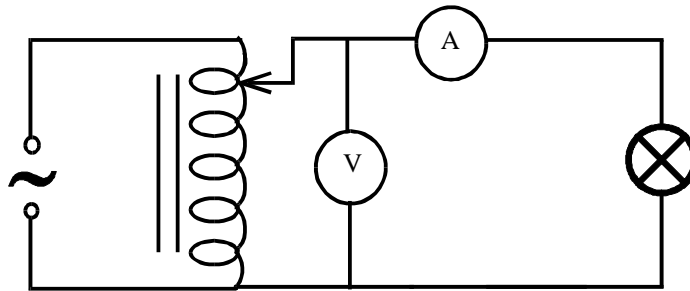
$$T = \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) \frac{1}{\alpha} + 273[K] \quad (3)$$

Wzór (1) jest uproszczony, zakłada zależność liniową $R = f(t)$. W rzeczywistości wzór ten powinien uwzględniać również składowe wyższych rzędów, co ma większe znaczenie w wyższych temperaturach. Dlatego np. dla wolframu przy temperaturach bliskich pokojowych można przyjąć $\alpha = 0,005 K^{-1}$, natomiast dla temperatur wysokich średnia wartość $\alpha = 0,0063 K^{-1}$.

W ćwiczeniu przy wyznaczaniu temperatury włókna żarówki, korzystamy z wartości tablicowych $R_T/R_{293} = f(T)$ podanych w instrukcji. Dane dla wolframu zaczerpnięto z M. Ardenne - Tabellen zur Angewandten Physik Band II VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1964 str 208 - Termische Daten von Wolfram.

B. Wykonanie ćwiczenia i opracowanie wyników.

1. Zmierzyć wartość oporu elektrycznego żarówki R_{293} za pomocą omomierza.
2. Zmontować układ według schematu :



3. Przeprowadzić pomiary $I = f(U)$ w zakresie od 20 do 220 V co 10 V.

Wyznaczyć wartość $R_T = \frac{U}{I}$.

4. Obliczyć wartość stosunku R_T/R_{293}

5. Na podstawie danych zawartych w tabeli dołączonej do instrukcji sporządzić wykres

$$\frac{R_T}{R_{293}} = f(T)$$

Z wykresu wyznaczyć temperatury T odpowiadające wartościom obliczonym w punkcie 4.

6. Obliczyć wartość T^4 , moc promieniowania P oraz stosunek P/T^4 .

7. Sporządzić wykresy $I = f(U)$, $P = f(T)$ i $P = f(T^4)$ oraz wyznaczyć średnią wartość stosunku P/T^4 dla $U > 100$ V.

8. Wykreślić krzywą $\log P = f(\log T)$. Metodą regresji liniowej (najmniejszych kwadratów) wyznaczyć współczynnik kierunkowy prostej.

9. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników i dyskusję błędów.

Uwaga: Przy pomiarach zwrócić uwagę na wartość oporu wewnętrznego mierników (ewentualnie uwzględnić poprawki dla obliczonych wartości oporu) oraz zapewnić dobry kontakt elektryczny, szczególnie przy pomiarze R_{293} .

Zależność oporu elektrycznego od temperatury dla wolframu :

| T [K] | R_T/R_{293} | T [K] | R_T/R_{293} |
|---------|---------------|---------|---------------|
| 293 | 1 | 1900 | 9,72 |
| 300 | 1,03 | 2000 | 10,33 |
| 400 | 1,467 | 2100 | 10,93 |
| 500 | 1,924 | 2200 | 11,57 |
| 600 | 2,41 | 2300 | 12,19 |
| 700 | 2,93 | 2400 | 12,83 |
| 800 | 3,46 | 2500 | 13,47 |
| 900 | 4,00 | 2600 | 14,12 |
| 1000 | 4,54 | 2700 | 14,76 |
| 1100 | 5,08 | 2800 | 15,43 |
| 1200 | 5,65 | 2900 | 16,10 |
| 1300 | 6,22 | 3000 | 16,77 |
| 1400 | 6,78 | 3100 | 17,46 |
| 1500 | 7,36 | 3200 | 18,15 |
| 1600 | 7,93 | 3300 | 18,83 |
| 1700 | 8,52 | 3400 | 19,53 |
| 1800 | 9,12 | 3500 | 20,24 |
| | | 3600 | 20,95 |

9. Tablica pomiarów:

| U [V] | I [A] | R_{293} [Ω] | R_T [Ω] | R_T/R_{293} | T [K] | P [W] | T^4 [K^4] | P/T^4 [W/K^4] |
|----------|----------|---------------------------|-----------------------|---------------|----------|----------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | | | |