

11. Badanie promieniowania żarówki

(1 tydzień, 8 pkt.

Zagadnienia: prąd, napięcie, opór, zależność oporu od temperatury, moc prądu, opór wewnętrzny woltomierza i amperomierza, promieniowanie ciała doskonale czarnego, prawo Stefana-Boltzmana.

Literatura: Szc1 ,t.3,214÷219, t.4, 190÷192.

Celem doświadczenia jest wyznaczenie charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki, określenie temperatury włókna na podstawie zmian oporu, wykreślenie mocy żarówki w funkcji T^4 oraz oszacowanie stałej Stefana-Boltzmana.

Układ pomiarowy składa się z regulowanego zasilacza prądu stałego, woltomierza i amperomierza, badanej żarówki oraz z włókna wolframowego identycznego jak te, które znajduje się w żarówce.

Uprasza się o ostrożne obchodzenie się z włóknem!

1. Wykonanie doświadczenia.

Zestawiamy układ do wyznaczenia charakterystyki prądowo-napięciowej. Mierzmy charakterystykę. Pamiętajmy o uwzględnieniu oporu wewnętrznego przyrządów o tym, by nie uszkodzić przyrządów przez pomiar dużych wartości prądów i napięć na zbyt małych zakresach oraz o tym, by mierzyć na możliwie małych zakresach (większa dokładność!). W celu sprawdzenia powtarzalności pomiarów, mierzymy charakterystykę zwiększając a następnie zmniejszając wartości prądu.

Odczytujemy wartość temperatury w pomieszczeniu.

Mierzmy opór wyłączonej żarówki miernikiem uniwersalnym.

Używając wagi analitycznej wyznaczamy masę włókna.

2. Opracowanie wyników.

Sporządzamy wykres zależności $I(U)$ (charakterystyka prądowo-napięciowa) oraz $R(U)$. Sprawdzamy, czy ekstrapolowana do zera wartość oporu zgadza się z wartością wyznaczoną miernikiem uniwersalnym.

Na podstawie podanej w tabeli zależności oporu włókna wolframowego od temperatury określamy temperaturę włókna. Wykorzystujemy fakt, że w temperaturze pokojowej T_0 znany jest opór włókna, R_0 . W wyższej temperaturze, T , opór włókna wynosi R i mamy proporcjonalność:

$$\frac{r(T)}{R} = \frac{r(T_0)}{R_0}, \quad (11.1)$$

gdzie $r(T)$ jest wartością oporu w temperaturze T odczytaną z tabeli.

Dla każdego punktu charakterystyki prądowo-napięciowej określamy moc wydzielaną na żarówce, $P=I \cdot U$. Przyjmujemy, że jest to również moc wypromieniowywana przez żarówkę (czy jest to sensowne założenie?)

Całkowita moc P wypromieniowywana przez ciało doskonale czarne o temperaturze T dana jest prawem Stefana-Boltzmana:

$$P = \sigma_0 \cdot S \cdot T^4, \quad (11.2)$$

gdzie S jest powierzchnią ciała. W celu sprawdzenia (11.2) wyniki pomiarów przedstawiamy na wykresie, którego osiami są moc P oraz T^4 , gdzie T jest temperaturą włókna w skali Kelvina. Sprawdzamy, czy punkty układają się na linii prostej. Jeśli tak, wyznaczamy współczynnik kierunkowy prostej, który powinien być równy $\sigma_0 \cdot S$.

W celu oszacowania powierzchni włókna wykorzystujemy pomiar jego masy. Zakładamy, że włókno jest zwinięte z drutu o promieniu α i długości L oraz że gęstość wolframu wynosi d . Wtedy:

$$m = \pi \alpha^2 L \cdot d. \quad (11.3)$$

Z definicji oporu właściwego mamy:

$$R_0 = \rho \frac{L}{\pi \alpha^2}. \quad (11.4)$$

Przekształcając równania (11.3) i (11.4) otrzymujemy pole powierzchni bocznej drutu:

$$S = 2\pi \alpha L = \sqrt[4]{\frac{16 \cdot \pi^2 R_0 m^3}{\rho d^3}}. \quad (11.5)$$

Korzystając z (11.5) szacujemy pole powierzchni włókna. Gęstość i opór właściwy wolframu w temperaturze pokojowej odczytujemy z tablic. Z wyznaczonego współczynnika kierunkowego prostej (patrz (11.1)) oraz pola powierzchni S , szacujemy wartość stałej Stefana-Boltzmana.

Opór nici wolframowej, odpowiadający długości 1 cm i średnicy 1cm na podstawie "Tablice wielkości fizycznych", Moskwa, Atomizdat 1976, str.316.

Temperatura [K]	Opór [$10^{-6} \Omega$]	Temperatura [K]	Opór [$10^{-6} \Omega$]
273	6.37	2000	72.19
293	6.99	2100	76.49
300	7.20	2200	80.83
400	10.26	2300	85.22
500	13.45	2400	89.65
600	16.85	2500	94.13
700	20.49	2600	98.66
800	24.19	2700	103.22
900	27.94	2800	107.85
1000	31.74	2900	112.51
1100	35.58	3000	117.21
1200	39.46	3100	121.95
1300	43.40	3200	126.76
1400	47.37	3300	131.60
1500	51.40	3400	136.49
1600	55.46	3500	141.42
1700	59.58	3600	
1800	63.74	3650	149.15
1900	67.94		

Uwaga: Doświadczeniem tym zajmowali się studenci Koła Naukowego Fizyków UwB. Publikacja w pliku IPF_11.pdf