

## WYZNACZANIE STAŁEJ PLANCKA

## I. Zagadnienia:

1. Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego,
  - a) krzywe doświadczalne,
  - b) teorie klasyczne Wiena i Rayleigha –Jeansa,
  - c) teoria Plancka.
2. Zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne.

## II. Literatura:

1. Podręczniki kursowe.
2. W. Gorzkowski, A. Nadolny – Fizyka w szkole 31, Nr 6, 317/1985/.
3. R. Eisberg, R. Resnick – Fizyka kwantowa atomów, cząstek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych, PWN Warszawa 1983.

## III. Metoda pomiaru:

Zgodnie z prawem Plancka spektralna gęstość energii  $U_\nu$  można zapisać w postaci:

$$U_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} \quad (1)$$

W naszych rozważaniach skorzystamy z uproszczonego wzoru na moc promieniowania (o częstotliwości  $\nu$ ) emitowanego w jednostkowym przedziale częstotliwości przez ciało doskonale czarne o temperaturze T:

$$E_\nu(T) \propto \frac{\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} \quad (2)$$

dla światła widzialnego i temperatury  $T \leq 3000$  K,  $\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) \gg 1$ , zatem

$$E_\nu(T) \propto \nu^3 \exp\left(-\frac{h\nu}{kT}\right) \quad (3)$$

gdzie  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  [J/K] – stała Boltzmanna

Stałą Plancka  $h$  można wyznaczyć z zależności (3), w której stała ta występuje jako parametr. Źródłem promieniowania jest wolframowe włókno żarówki. Temperatura włókna zależy od mocy wydzielonej w żarówce i może być określona na podstawie pomiaru oporu włókna (porównaj ćwiczenie: Sprawdzenie prawa Stefana-Boltzmanna). Do pomiaru mocy promieniowania emitowanego przez włókno w ćwiczeniu stosowany jest fotoopornik. W badanym przedziale natężeń emitowanego światła, można przyjąć, że przewodność fotoopornika  $G$  jest proporcjonalna do natężenia padającego nań promieniowania o częstotliwości  $\nu$ . Dla temperatury włókna  $T \leq 3000$  K i światła widzialnego, wzór Plancka można zapisać w przybliżonej postaci:

$$E_\nu(T) \propto \nu^3 \exp\left(-\frac{h\nu}{kT}\right) \quad (4)$$

Na podstawie tej zależności można wyznaczyć stosunek mocy promieniowania  $E_v$  emitowanego przez włókno przy dwóch różnych temperaturach  $T_1$  i  $T_2$ :

$$\frac{E_v(T_2)}{E_v(T_1)} = \exp\left[\frac{hv}{k}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] \quad (5)$$

Ponieważ przewodność fotoopornika jest proporcjonalna do natężenia światła, można zapisać następującą zależność:

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{E_v(T_2)}{E_v(T_1)} \quad (6)$$

Podstawiając (6) do (5) otrzymamy:

$$\frac{G_2}{G_1} = \exp\left[\frac{hv}{k}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] \quad (7)$$

i stąd:

$$h = \frac{k}{v} \cdot \frac{T_1 T_2}{(T_2 - T_1)} \cdot \ln \frac{G_2}{G_1} \quad (8)$$

Korzystając z zależności (8) (na podstawie pomiarów przewodności fotoopornika dla dwu różnych temperatur włókna i ustalonej długości fali padającego światła) można wyznaczyć stałą Plancka. Wartość  $h$  obliczona z tego wzoru będzie obarczona stosunkowo dużym błędem. Wzór (7) można zapisać w innej postaci:

$$G = G_0 \exp\left[\frac{hv}{k}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (9)$$

Traktując  $T_0$  i  $G_0$  jako wartości ustalone, otrzymamy po zlogarytmowaniu (dla uproszczenia wybieramy takie  $T_0$ , dla którego  $G_0$  jest równe 1 [ $\Omega^{-1}$ ]):

$$\ln \frac{G}{G_0} = A - \frac{hv}{kT} \quad (10)$$

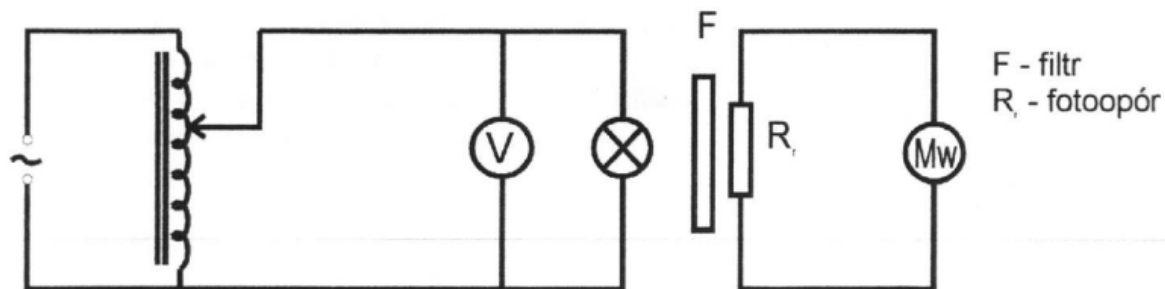
gdzie  $A = \frac{hv}{kT_0}$

Wykreślając na podstawie wyników doświadczalnych  $\ln \frac{G}{G_0} = f\left(\frac{1}{T}\right)$ , można wyliczyć współczynnik kierunkowy  $\alpha$  prostej i następnie stałą Plancka z zależności:

$$h = -\alpha \frac{k}{v} \quad (11)$$

## IV. Wykonanie ćwiczenia i opracowanie wyników:

1. Układ jest zmontowany według schematu (sprawdzić):



2. Przeprowadzić pomiary oporu fotoopornika oświetlanego przez filtr dla napięć przyłożonych do żarówki z przedziału 140 – 220 V co 20 V. Pomiary wykonać dla filtrów = 550, 575, 600, 650 i 675 nm.

$\lambda$ [nm]	U [V]	T [K]	1/T [K <sup>-1</sup> ]	R [ $\Omega$ ]	G [ $\Omega^{-1}$ ]	lnG	$\nu$ [s <sup>-1</sup> ]
	140	2160					
	160	2250					
	180	2365					
	200	2452					
	220	2540					

**Uwaga:** podane temperatury odnoszą się do żarówki o nominalnej mocy 75 W,  
numery filtrów: 1 – 550 nm, 2 – 575 nm, 3 – 600 nm, 4 – 650 nm, 5 – 675 nm.

3. Sporządzić wykresy  $\ln G = f(1/T)$  dla badanych długości fal. Metodą regresji wyznaczyć współczynnik kierunkowy  $\alpha$  prostej.
4. Na podstawie zależności (11) wyznaczyć stałą Plancka, pamiętając, że:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} [\text{s}^{-1}]$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} [\text{J/K}]$$

5. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.