

## Ćwiczenie Nr 312

Temat: **POMIAR PRĘDKOŚCI TERMOELEKTRONÓW METODĄ POLA HAMUJĄCEGO.**

### I. Literatura:

1. D.Halliday, R.Resnick, Fizyka, t.1, PWN, W-wa,
2. J. Hannel, Lampy elektronowe. WTN, W-wa 1968
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod red.T.Rewaja, PWN, W-wa 1978.

### II. Tematy teoretyczne:

1. Zjawisko termoemisji, praca wyjścia, prawo Richardsona.
2. Prędkość termoelektronów, praca pola elektrycznego.

### III. Metoda pomiaru:

Elektrony, które opuszczają wskutek zjawiska termoemisji katodę mają różne prędkości i poruszają się w różnych kierunkach. Część z tych elektronów dociera do anody, dlatego nawet bez przyłożenia do anody zewnętrznego napięcia przez lampę płynie pewien prąd. Aby zatrzymać wszystkie elektrony, nawet te najszybsze, należy przyłożyć odpowiednio duże napięcie hamujące między anodę i katodę lampy. Ujemny potencjał anody wyhamowuje elektrony i w obwodzie anodowym przestaje płynąć prąd. Mierząc napięcie hamujące możemy wyznaczyć maksymalną prędkość termoelektronów. Korzystamy przy tym z faktu, że pole elektryczne musi wykonać pracę  $W = e \cdot U$  aby zatrzymać elektrony o maksymalnej energii kinetycznej  $W = \frac{m \cdot v^2}{2}$ . Prędkość termoelektronów wyznaczamy z zależności:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_{\max}}{m}},$$

$e, m$  – ładunek i masa elektronu,

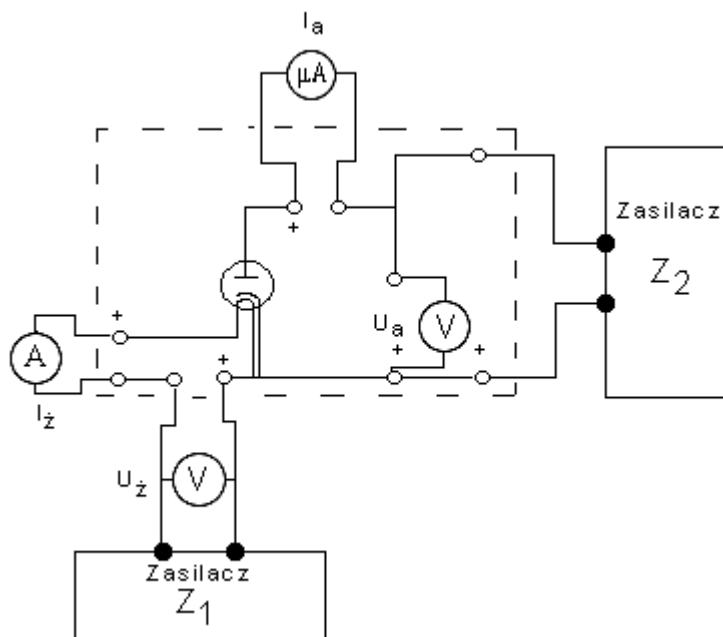
$U_{\max}$  – napięcie, przy którym zanika prąd anodowy

### IV. Zestaw pomiarowy:

Dioda lampowa, amperomierz prądu stałego (0-1,5A), mikroamperomierz prądu stałego (0-150 $\mu$ A), Voltomierz uniwersalny (0-10V), miliwoltomierz (0-1V), zasilacz regulowany prądu stałego (0-10V/1A), zasilacz regulowany prądu stałego (0-15V/50mA)

### V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Połączyć układ według schematu obok.
2. Włączyć zasilacz Z2 i woltomierz  $U_a$ .
3. Potencjometrem zasilacza Z2 ustalić napięcie anodowe  $U_a$  na zero.
4. Włączyć zasilacz Z1 i amperomierz A.



5. Potencjometrem zasilacza  $Z_1$  ustalić maksymalny możliwy prąd żarzenia  $I_z$ .
6. Odczekać 1-2 minuty, aż ustali się temperatura katody.
7. Zapisać w tabeli wartości  $I_z$  oraz  $U_z$ .
8. Zapisać w tabeli wartość  $U_a$  oraz  $I_a$ .
9. Potencjometrem zasilacza  $Z_2$  zwiększać stopniowo napięcie hamujące  $U_a$  tak, aby natężenie prądu anodowego zmieniało się  $I_a$  co  $10\mu\text{A}$ . Notować w tabeli wartości tego napięcia i natężenia prądu. Ostatni pomiar w serii musi odpowiadać natężeniu prądu  $I_a=0\mu\text{A}$ , a odpowiadające tej wartości napięcie równe jest  $U_{\text{max}}$ .
10. Wyznaczyć niepewność pomiaru napięcia hamującego  $U_{\text{max}}$ . W tym celu zwiększyć natężenie prądu  $I_a$  o 1 działkę (od  $0\mu\text{A}$  do  $2\mu\text{A}$ ), zanotować napięcie  $U_{a1}$  i przyjąć wartość  $\Delta U_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}} - U_{a1}}{2}$  jako niepewność maksymalną tej wielkości.
11. Powtórzyć pomiary opisane w punktach 6 do 10 jeszcze trzykrotnie, zmniejszając każdorazowo natężenie prądu żarzenia lampy o ok.  $0,03\text{A}$  (pokrętem zasilacza  $Z_1$ ) i zmieniając natężenie prądu anodowego o mniej niż  $10\mu\text{A}$  (np co  $5\mu\text{A}$  lub co  $2\mu\text{A}$ ) tak, aby uzyskać nie mniej, niż 5 punktów pomiarowych w danej serii.
12. Wyniki zebrać w tabeli, a pod tabelą zanotować niepewności pomiarów bezpośrednich korzystając z klasy dokładności użytych mierników:

	$I_z[\text{A}] =$		$I_z[\text{A}] =$		$I_z[\text{A}] =$		$I_z[\text{A}] =$	
	$U_z[\text{V}] =$		$U_z[\text{V}] =$		$U_z[\text{V}] =$		$U_z[\text{V}] =$	
	$U_a[\text{V}]$	$I_a[\mu\text{A}]$	$U_a[\text{V}]$	$I_a[\mu\text{A}]$	$U_a[\text{V}]$	$I_a[\mu\text{A}]$	$U_a[\text{V}]$	$I_a[\mu\text{A}]$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
11.								
12.								
$U_{\text{max}}[\text{V}]$								
$\Delta U_{\text{max}}[\text{V}]$								
$v_{\text{max}}[\text{m/s}]$								
$T[\text{K}]$								

$$\Delta U_z = \dots\dots\dots; \quad u(U_z) = \frac{\Delta U_z}{\sqrt{3}} = \dots\dots\dots; \quad \Delta I_z = \dots\dots\dots; \quad u(I_z) = \frac{\Delta I_z}{\sqrt{3}} = \dots\dots\dots$$

$$\Delta U_a = \dots\dots\dots; \quad \Delta I_a = \dots\dots\dots$$

13. Obliczyć temperatury katody lampy dla danych prądów żarzenia korzystając ze wzorów:

$$T[K] = \frac{R_T - R_0}{\alpha \cdot R_0} + 273K; \quad R_0 = 2\Omega; \quad R_T = \frac{U_z}{I_z}; \quad \alpha = 0,0046K^{-1}$$

14. Określić niepewności wyznaczenia temperatury katody:

$$u(T) = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial R_T}\right)^2 \cdot u^2(R_T) + \left(\frac{\partial T}{\partial R_0}\right)^2 \cdot u^2(R_0)} = T \cdot \sqrt{\frac{1}{(R_T - R_0)^2} \cdot \left[ u^2(R_T) + \left(\frac{R_T}{R_0}\right)^2 \cdot u^2(R_0) \right]}$$

gdzie:  $u(R_T) = R_T \cdot \sqrt{\frac{u^2(U_z)}{U_z^2} + \frac{u^2(I_z)}{I_z^2}}$ .      Przyjąć  $u(R_0) = 0,1\Omega$

15. Wykreślić na wspólnym wykresie charakterystyki  $I_a = f(U_a)$ .

16. Obliczyć wartości maksymalne prędkości termoelektronów dla wyliczonych temperatur:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_{\max}}{m}}$$

17. Przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych dla  $v_{\max}$  przyjmując, że wartości ładunku elektronu  $e$  oraz masy elektronu  $m$  są dokładne (nieobarczone niepewnością):

$$u(v_{\max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial v_{\max}}{\partial U_{\max}}\right)^2 \cdot u^2(U_{\max})} = \sqrt{\frac{e}{2 \cdot m \cdot U_{\max}}} \cdot u(U_{\max})$$

18. Sporządzić wykres zależności  $v_{\max}(T)$ .