

Wydział: Fizyki	Dzień: Poniedziałek 14-17 Data: 13.03.2017		Zespół: 8
Imiona i nazwiska: Marta Pogorzelska Paulina Marikin	Ocena z przygotowania:	Ocena ze sprawozdania:	Ocena końcowa:
Prowadzący:		Podpis:	

1 Cel badań

Zapoznanie się z założeniami rozkładu Maxwella dla gazu doskonałego oraz sprawdzić poprawność zastosowania jej do opisu zbioru elektronów termicznych. ...

2 Wstęp teoretyczny

Opisany powyżej rozkład można zastosować do opisu zbioru elektronów termicznych emitowanych przez katodę lampy elektronowej. Wynika to ze zjawiska termoemisji oraz przybliżenia gazu elektronowego do gazu doskonałego. Podstawą do takich założeń, jest między innymi fakt, że koncentracja elektronów, które opuściły metal jest znacząco mniejsza niż tych pozostałych w metalu. Pozwala to na zaniedbanie oddziaływań między tymi cząsteczkami.

Rozkład prędkości elektronów termicznych można wyznaczyć między innymi na podstawie pomiarów prądu anodowego w funkcji napięcia hamującego, co zostanie wykorzystane w tym doświadczeniu.

Zależność między prądem anodowym I_a i napięciem U_a można zapisać wzorem: Rozkład Maxwella zakłada, że cząsteczki powietrza, a dokładniej gazu doskonałego, nie poruszają się z taką samą prędkością, tylko ich wartości są różne i zawierają się w pewnym przedziale prędkości $< v, v + dv >$. Według tego założenia zamiast mówić o prędkości pojedynczych cząsteczek gazu, mówimy o rozkładzie prędkości tych cząsteczek. Statystyka Maxwella pokazuje również, że prędkości tych cząsteczek oraz ich rozkład zależą od temperatury. Wraz z wzrostem temperatury rozkład poszerza się i spłaszcza a prędkości cząsteczek zwiększają się.

Opisany powyżej rozkład można zastosować do opisu zbioru elektronów termicznych emitowanych przez katodę lampy elektronowej. Wynika to ze zjawiska termoemisji oraz przybliżenia gazu elektronowego do gazu doskonałego. Podstawą do takich założeń, jest między innymi fakt, że koncentracja elektronów, które opuściły metal jest znacząco mniejsza niż tych pozostałych w metalu. Pozwala to na zaniedbanie oddziaływań między tymi cząsteczkami.

Rozkład prędkości elektronów termicznych można wyznaczyć między innymi na podstawie pomiarów prądu anodowego w funkcji napięcia hamującego, co zostanie wykorzystane w tym doświadczeniu.

Zależność między prądem anodowym I_a i napięciem U_a można zapisać wzorem:

$$I_a(U_a) = I_{a0} \exp\left(\frac{-eU_a}{kT}\right) \quad (1)$$

e - ładunek elementarny, gdzie I_{a0} - prąd anodowy przy napięciu $U_a = 0$, k - stała Boltzmanna, T - temperatura lampy próżniowej wyrażona w Kelwinach,

e - ładunek elementarny.

3 Metoda przeprowadzenia badań i pomiarów, materiały, aparatura

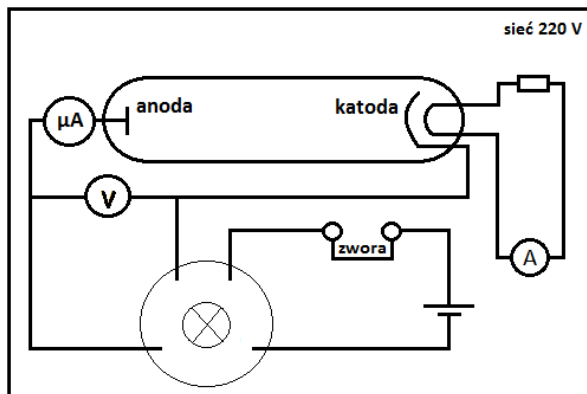
Aparatura pomiarowa

- Woltomierz cyfrowy klasy 0.3
- Amperomierz analogowy klasy 1.5

- Amperomierz cyfrowy klasy 0.3

Pozostałe elementy

- Kable
- Lampa próżniowa
- Dzielnik napięcia



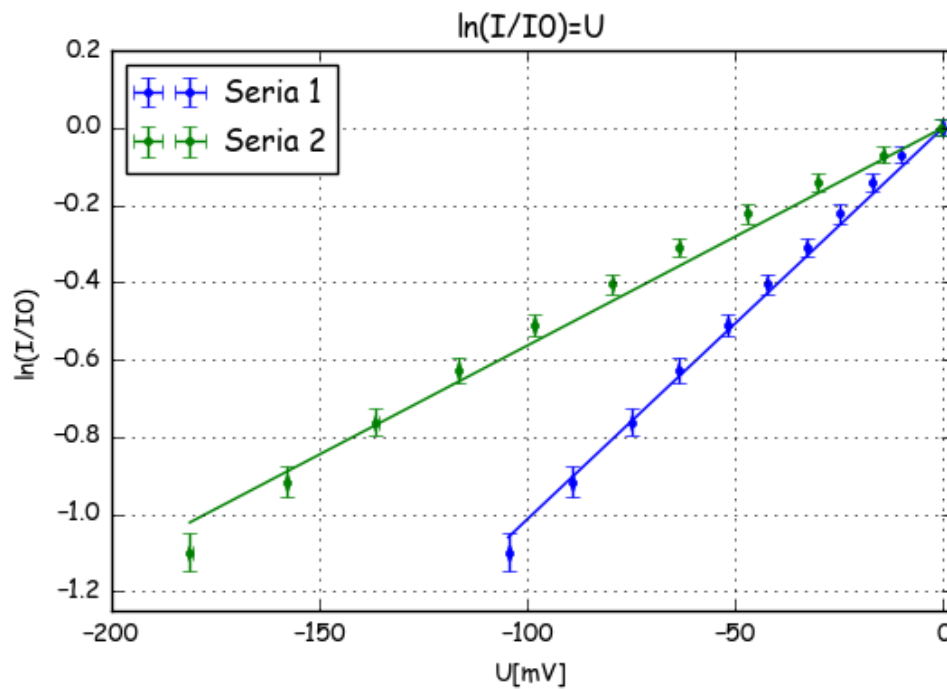
Najpierw należało połączyć elementy układu według schematu przedstawionego powyżej. Po dokładnym sprawdzeniu podłączenia układu przyrządy zostały włączone. Następnie ustawiony został prąd żarzenia lampy elektronowej wyznaczony przez prowadzącego. Po odczekaniu kilku minut i ustaleniu się wartości prądu żarzenia wykonano pomiary wartości prądu anodowego w zależności od napięć między katodą i anodą. Wykonano dwie serie dla dwóch różnych wartości prądu żarzenia pamiętając, aby wartości pomiarów prądu anodowego nie spadły poniżej $\frac{1}{3}$ początkowej wartości. Po każdej serii, przy zmianie prądu żarzenia, odczekano kilka minut w celu ustabilizowania się jego wartości.

4 Wyniki pomiarów

	Seria 1		Seria 2	
	$I = 0.448(2)\text{A}$		$I = 0.528(3)\text{A}$	
	$U_a[\text{mV}]$	$I_a[\mu\text{A}]$	$U_a[\text{mV}]$	$I_a[\mu\text{A}]$
0	-0.0(1)	15	-0.7(1)	150
1	-10.2(1)	14	-14.3(1)	140
2	-16.9(2)	13	-30.2(2)	130
3	-24.9(2)	12	-47.2(2)	120
4	-32.9(2)	11	-63.5(3)	110
5	-42.4(2)	10	-79.5(3)	100
6	-51.9(3)	9	-98.3(4)	90
7	-63.7(3)	8	-116.5(4)	80
8	-75.0(3)	7	-136.4(5)	70
9	-89.3(4)	6	-157.8(6)	60
10	-104.6(4)	5	-181.2(6)	50

$\ln \frac{I_a}{I_{a0}}$	Niepewnosc
0.00	0.02
-0.069	0.022
-0.143	0.023
-0.223	0.024
-0.31	0.03
-0.41	0.03
-0.51	0.03
-0.63	0.03
-0.76	0.04
-0.92	0.04
-1.09	0.05

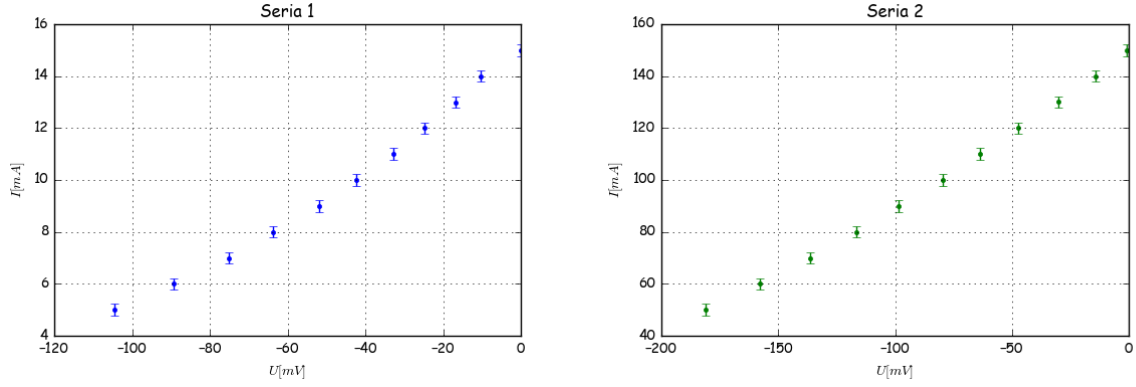
Aby sprawdzić poprawność postawionej tezy wykreślono wykresy zależności(1) dla obu serii i dopasowano do nich proste jednoparametrowe ($y = ax$) przy użyciu funkcji *curvefit* biblioteki *scipy.optimize* w Pythonie



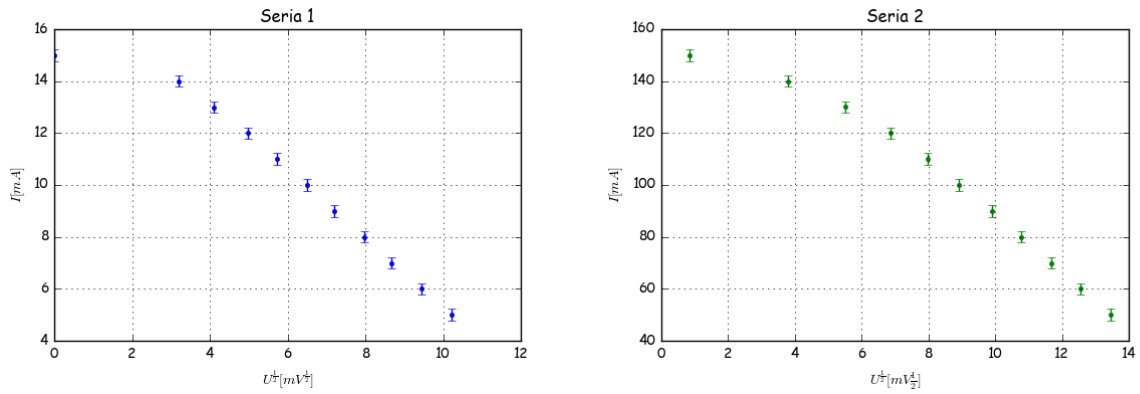
- Seria 1: $a = 0.01013(13)$
- Seria 2: $a = 0.00563(12)$

Zgodnie z postawioną teorią współczynnik proporcjonalności $a = \frac{-e}{kT}$, znając go można więc wyznaczyć temperaturę lampy próżniowej $T = \frac{-e}{ka}$.

- $T_1 = 1145(15)\text{K}$
- $T_2 = 2057(43)\text{K}$



Rysunek 1: Wykresy zależności $I(U)$



Rysunek 2: Wykresy zależności $I(U^{\frac{1}{2}})$

5 Analiza niepewności

Niepewność wyznaczenia prądu dla obu serii wynosiła odpowiednio $0.25\mu\text{A}$ i $2.25\mu\text{A}$, wyliczona jako iloczyn klasy amperomierza i zakresu pomiarowego. Za niepewność napięcia wzięto iloczyn danego pomiaru i klasy woltomierza + 1dgt.

Niepewność logarytmów i temperatur została wyznaczona metodą różniczki zupełnej. Niepewność współczynnika proporcjonalności jest pierwiastkiem kwadratowym z jedynego składnika macierzy kowariancji zwracanego przez funkcję `mphcurvefit`. Wszystkie niepewności są relatywnie małe i zdecydowanie wystarczające dla potrzeb danego doświadczenia, nie ma więc powodów do ich poprawy.

6 Wnioski

Na podstawie wykonanych pomiarów oraz przeanalizowania danych doświadczalnych i wykreślonych na ich podstawie wykresów można potwierdzić wstępne założenia o poprawności zastosowania rozkładu Maxwella dla elektronów termicznych. Wykres zależności wartości logarytmu naturalnego unormowanego prądu anodowego $\frac{I_a}{I_{a0}}$ od napięcia U_a przedstawia zależność liniową co skłania ku potwierdzeniu tezy.