



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

PRACOWNIA FIZYCZNA 1

Instytut Fizyki  
Centrum Naukowo Dydaktyczne



## P2-E1. Wyznaczanie ładunku właściwego elektronu metodą poprzecznego pola magnetycznego (lampa Thomsona)

### Zagadnienia

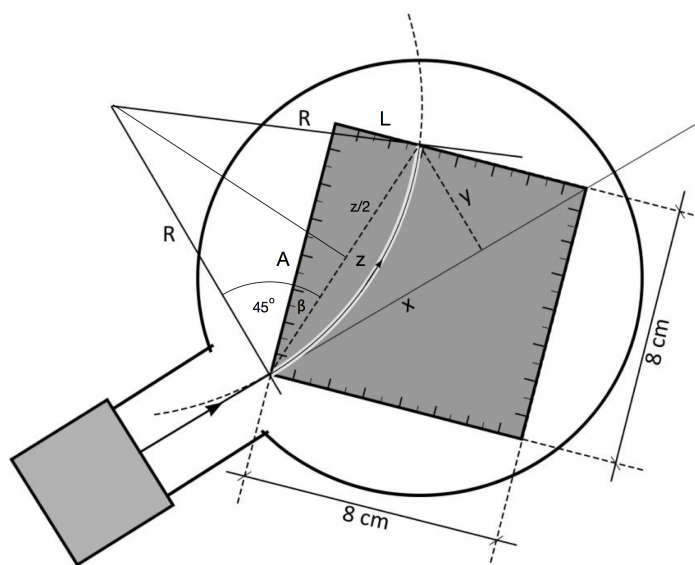
*Ładunek i masa elektronu. Ładunek właściwy elektronu. Ruch elektronu wpadającego z prędkością  $\vec{v}$  w obszar pola magnetycznego o indukcji  $\vec{B}$ , skierowanej prostopadle do prędkości. Prędkość  $v$  elektronu rozpędzonego różnicą potencjałów  $U$ . Ruch elektronu w badanym układzie. Wyprowadzenie zależności między napięciem  $U$  przyspieszającym elektrony i indukcją  $B$  pola magnetycznego. Wyprowadzenie wzoru na długość promienia  $R$  wiązki elektronów w oparciu o odczyt odległości  $L$  w lampie Thomsona<sup>1</sup>.*

→ Ruch cząstki naładowanej w polu magnetycznym

### 1 Układ pomiarowy

Lampa Thomsona to bańka szklana, wypełniona powietrzem pod szczątkowym ciśnieniem. Głównym elementem lampy jest działło elektronów (wraz z układem przyspieszającym), widocznych w ciemni jako smuga, gdy oddziałują z ekranem pokrytym luminoforem. Ekran jest kwadratem o boku  $A = 80$  mm, oznaczonym skalą milimetrową na każdym z boków.

Trajektorię strumienia elektronów emitowanych z katody zakrzywia w okrąg zewnętrzny, jednorodne pole magnetyczne, którego źródłem są dwie cewki w tzw. układzie Helmholtza, czyli na wspólnej osi, w odległości równej promieniowi cewek. Regulując napięcie przyspieszające (a więc prędkość elektronów) lub prąd płynący przez cewki (indukcję pola magnetycznego obecnego w obszarze lampy), można uzyskać różne promienie okręgów  $R$ .



Rys. 1: Lampa Thomsona

Zadaniem eksperymentatora jest znalezienie takich par prąd cewki  $I_H$  - napięcie przyspieszające  $U$ , dla których promień okręgu  $R$  jest jednakowy. Długość  $R$  wyznacza się z geometrii śladu wiązki na luminoforze, w oparciu o odczytaną ze skali ekranu odległość  $L$  punktu przecięcia wiązki z krawędzią ekranu (rys. 1).

Układ pomiarowy składa się z lampy Thomsona, zasilacza lampy umożliwiającego regulację napięcia przyspieszającego elektrony  $U$ , i z zasilacza prądu stałego płynącego w cewkach Helmholtza  $I_H$ .

<sup>1</sup> Na bazie geometrii przedstawionej na rys. 1, należy obliczyć długość podstawy  $z$  oraz kąt przy podstawie trójkąta równoramiennego o boku  $R$ .

## 2 Pomiary

1. Ustawić napięcie przyspieszające  $U = 2.4$  kV.
2. Regulując natężeniem prądu  $I_H$  w cewkach Helmholtza, ustawić taką wartość, aby wiązka przechodziła przez punkt  $L = 40$  mm. Zapisać wartość  $I_H$ .
3. Powtórzyć pomiary dla napięć przyspieszających  $U$ , zwiększanych co 0.2 kV do wartości 4.6 kV.

U, kV	$I_H$ , A		
	$L = 40$ mm	$L = 45$ mm	$L = 50$ mm
	$R =$ mm	$R =$ mm	$R =$ mm
2.4			
2.6			
$\vdots$			
4.6			

4. Analogiczne pomiary przeprowadzić dla  $L = 45$  mm i  $L = 50$  mm.

## 3 Opracowanie wyników pomiarów

1. Dla każdej wartości  $L$  obliczyć wartość promienia  $R$ .
2. Przeliczyć wartość prądu cewek Helmholtza  $I_H$  na wartość indukcji pola magnetycznego

$$B = kI_H,$$

gdzie

$$k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 \frac{N}{R_H} = 0.0034669 \frac{\text{T}}{\text{A}},$$

$\mu_0$ - bezwzględna przenikalność magnetyczna próżni,  $N$  - liczba zwojów w cewkach Helmholtza,  $R_H$  – promień cewek (równy odległości między cewkami).

3. Wyprowadzić zależność między napięciem  $U$  przyspieszającym elektrony a indukcją  $B$  pola magnetycznego.
4. Wykreślić zależność  $U(r^2 B^2)$  dla wszystkich promieni. Zależności powinny być liniowe.
5. Metodą regresji liniowej wyznaczyć współczynniki kierunkowe prostych. Zapisać je w odpowiednim formacie z niepewnościami i jednostkami.
6. Na podstawie współczynników nachylenia, wyznaczonych w punkcie 5, i w oparciu o równanie wyznaczone w punkcie 3, wyznaczyć ładunek właściwy  $e/m$  dla każdego wykresu.
7. Korzystając z prawa propagacji, wyznaczyć niepewności  $u(e/m)$  dla każdego wykresu i zapisać wyniki w odpowiednim formacie, pamiętając o jednostkach.
8. Metodą średniej ważonej wyznaczyć średnią wartość  $e/m$  i jej niepewność  $u(e/m)$ . Zapisać wynik w odpowiednim formacie.
9. Obliczyć niepewność rozszerzoną  $U(e/m)$ . Przeprowadzić test zgodności z wartością tablicową.