

P1-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 rozprzeczona różnicą potencjałów U . Ruch elektronu w badanym układzie. Wyprowadzenie zależności między napięciem U przyspieszającym elektrony i indukcją B pola magnetycznego.

1 Układ pomiarowy

Lampa Thomsona to bańka szklana, wypełniona powietrzem pod szczątkowym ciśnieniem (rys. 1). Głównym elementem lampy jest działo promieni katodowych, czyli elektronów emitowanych z katody. Promienie katodowe widoczne są w ciemności jako pomarańczowe smugi. Trajektorię promieni zakrzywia w okrąg zewnętrzne, jednorodne pole magnetyczne, którego źródłem są dwie jednakowe cewki ustawione w tzw. układ 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. Promień okręgu odczytuje się na drabince, zamontowanej nad źródłem promieni katodowych. Pierwszy szczebel, najbliższy źródłu elektronów oznacza okrąg o promieniu r równym 1 cm, drugi o promieniu 2 cm, itd. Drabinka jest podwójna w celu eliminacji błędu paralaksy, czyli błędu odstępstwa od prostopadłego patrzenia (wiązka oraz odpowiednie szczebelki obu drabinek muszą się pokrywać).

Zadaniem eksperymentatora jest znalezienie takich par prąd cewki I - napięcie przyspieszające U , dla których promień okręgu jest jednakowy.

Układ pomiarowy składa się z lampy Thomsona, zasilacza lampy oraz zasilacza prądu stałego płynącego w cewkach Helmholtza. Sterowanie parametrami ustawienia lampy odbywa się przy pomocy pokręteł oznaczonych na rys. 1 numerami: (1) - regulacja napięcia przyspieszającego U , (2) - regulacja prądu elektronów, (3) - pokrętło regulacji napięcia siatki (elementu porządkującego przepływ elektronów), (4) - pokrętło regulacji napięcia żarnika ogrzewającego katodę, (5) - przełącznik On/Off wiązki elektronów.

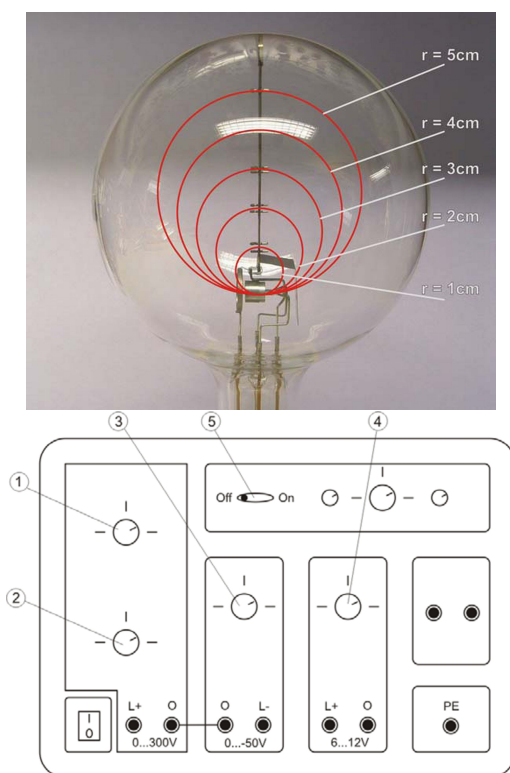


Fig. 1: Lampa Thomsona i panel zasilacza

*Opracowanie: dr inż. Alina Domanowska

2 Pomiary

1. Włączyć zasilacz cewek Helmholtza. Pokrętko regulacji napięcia ustawić w połowie zakresu.
2. Na wyłączonym zasilaczu napięcia przyspieszającego elektrony, ustawić: pokrętkiem nr (1) napięcie przyspieszające lampy U na 0 V, pokrętkiem nr (2) max prąd lampy na 50 mA, pokrętkiem nr (3) napięcie siatki na 0 V oraz pokrętkiem nr (4) napięcie żarnika na 0 V.
3. Włączyć zasilacz napięcia przyspieszającego elektrony.
4. Ustawić napięcie żarnika (pokrętko nr (4)) na 10 V. Nie należy przekraczać wartości 10.5 V.
5. Ustawić zadaną wartość napięcia przyspieszającego U na 300 V (pokrętko (1)).
6. Znaleźć taki prąd w cewkach Helmholtza I_H , by uzyskać promień wiązki elektronów równy 2 cm.
7. Powtórzyć pomiary dla napięć przyspieszających U o malejących co 25 V wartościach (tabela).

| U, V | I_H, A | | | |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | $r = 2 \text{ cm}$ | $r = 3 \text{ cm}$ | $r = 4 \text{ cm}$ | $r = 5 \text{ cm}$ |
| 300 | | | | |
| 275 | | | | |
| \vdots | | | | |
| 100 | | | | |

8. Powtórzyć pomiary dla promieni r o wartościach 3, 4 i 5 cm.
9. **Uwaga:** po wykonaniu ćwiczenia pokrętko nr (1) i nr (4) ustawić w pozycji „0”, a następnie wyłączyć zasilacz napięcia przyspieszającego. Ustawić prąd na zasilaczu prądu w cewkach na 0 A i wyłączyć.

3 Opracowanie wyników pomiarów

1. Przeliczyć wartość prądu cewek Helmholtza I_H na wartość indukcji pola magnetycznego

$$B = kI_H = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 \frac{N}{R} I_H,$$

gdzie μ_0 - bezwzględna przenikalność magnetyczna próżni, $N = 124$ - liczba zwojów w cewkach Helmholtza, $R = 147.5 \text{ mm}$ – promień cewek (równy odległości między cewkami).

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