

## Ćwiczenie nr 24

# Wyznaczanie ładunku właściwego $\frac{e}{m}$ elektronu

### I. Wymagania do ćwiczenia

1. Wielkości opisujące pole elektryczne i magnetyczne.
2. Zachowanie się ładunków elektrycznych w polu elektrycznym i magnetycznym.

#### Literatura:

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – Podstawy fizyki, t.3, PWN, Warszawa 2005  
str. 19÷25 i 33÷35, 73÷78 i 89÷90, 185÷189 i 195÷199, 219÷220 i 223

### II. Metodologia wykonania pomiarów

#### Opis układu pomiarowego

Układ pomiarowy przedstawiony jest na rysunku. Układ dwóch współosiowych cewek 1, z których każda składa się z  $N$  zwojów, wytwarza pole magnetyczne. Odległość  $D$  między cewkami jest równa ich promieniowi  $R$ . Dla takiej konfiguracji, wytworzone pole jest w przybliżeniu jednorodne w przestrzeni wewnątrz bańki szklanej 2 i jest skierowane wzdłuż osi cewek. W bańce tej znajduje się działło elektronowe 4. Wytworzona przez nie wiązka elektronów porusza się w polu magnetycznym po łuku okręgu. Wewnątrz lampy znajduje się metalowa drabinka 3 pokryta farbą świecąca pod wpływem padających elektronów, pozwalająca na dokładny pomiar średnicy toru ich ruchu. Bańka jest wypełniona rozrzedzonym argonem pod ciśnieniem 0.1 Pa. Gaz ten odgrywa ważną rolę w doświadczeniu, ponieważ elektrony zderzając się z cząsteczkami gazu powodują ich jonizację. Na skutek rekombinacji jonów argonu zachodzi zjawisko luminescencji i możliwa staje się obserwacja toru ruchu elektronów. Jednocześnie jony argonu, oddziałując elektrostatycznie z elektronami, przeciwdziałają rozpraszaniu się wiązki elektronowej na skutek elektrostatycznego odpychania się elektronów.

Zadaniem zasilacza napięciowego jest dostarczenie napięć 6.3 V, -50 V oraz 250 V do działła elektronowego, a zasilacza prądowego – dostarczenie prądu do cewek.

#### Kolejność wykonywania czynności

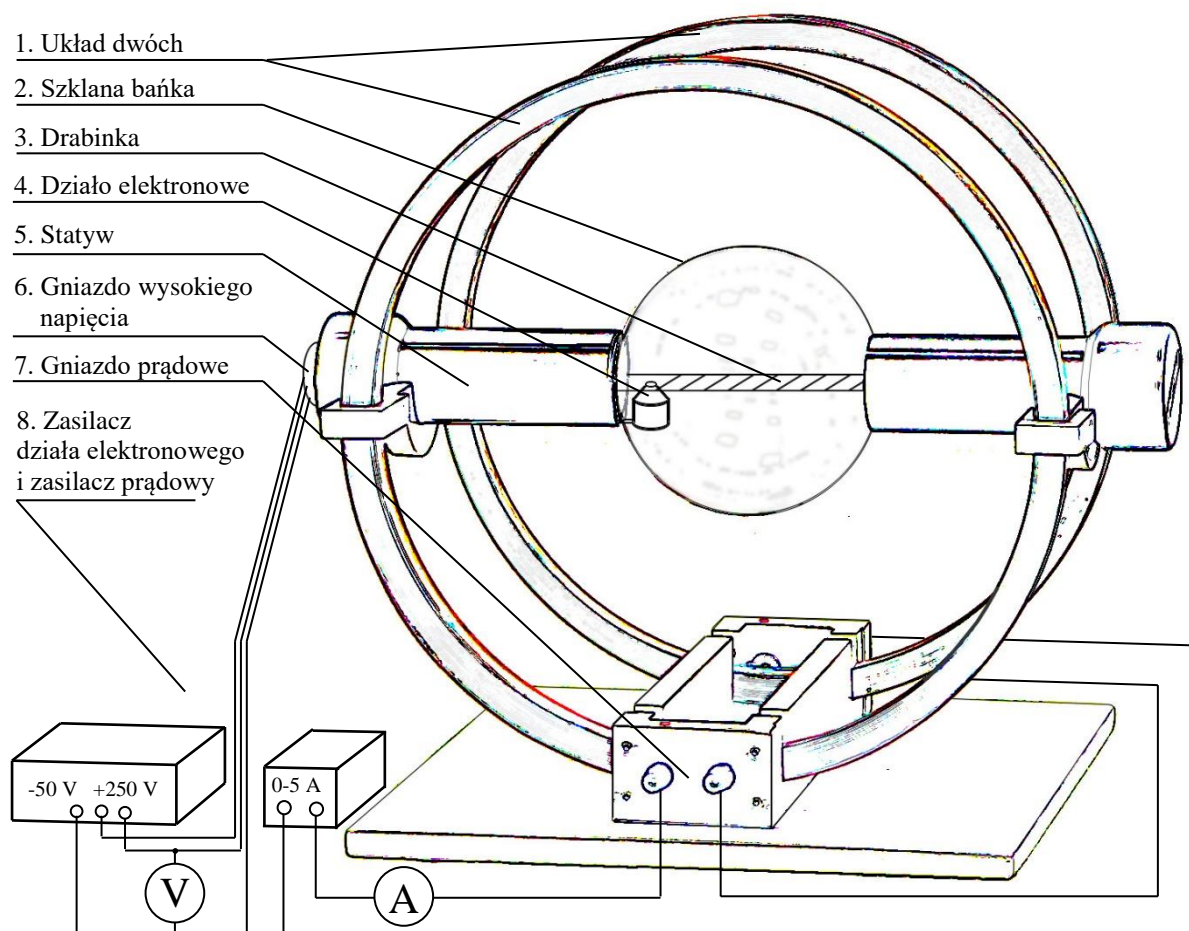
1. Połączyć obwód według schematu jak na rysunku: *Schemat urządzenia pomiarowego*. Obie cewki powinny być połączone szeregowo, dla zapewnienia dokładnie takiego samego prądu płynącego w obu uzwojeniach. Przez odpowiednie przyłączenie przewodów do gniazd prądowych 7 obu cewek, należy zadbać o to, żeby prąd w obu cewkach płynął w tę samą stronę. Woltomierz powinien mierzyć napięcie między gniazdami zasilacza oznaczonymi »-50V« i »250V«.

**Uwaga! Połączeń przewodów należy dokonywać przy wyłączonych zasilaczach, ze względu na wysokie napięcie.**

2. Przed uruchomieniem lampy należy się upewnić, czy oba potencjometry -50 V i 250 V zasilacza napięciowego ustawione są w lewym skrajnym położeniu (na zero). Dopiero po włączeniu i okresie rozgrzania (ok. jedna minuta) uruchamia się oba potencjometry i obserwuje w zaciemnionym pomieszczeniu wiązkę elektronów. Potencjometr »250V« przekręcić w dowolne położenie, ustalając w ten sposób napięcie anodowe. Za pomocą potencjometru »-50V« ustawić napięcie na siatce i przez to ostrość i jasność promienia.

Pełną intensywność osiąga się z reguły dopiero po okresie rozgrzewania od 2 do 3 minut. Zapisać wtedy napięcie anoda-katoda  $U$  i od tej pory nie zmieniać położenia potencjometrów.

**Uwaga! Przy dłuższych przerwach w pomiarach zaleca się przekręcenie obu potencjometrów ponownie w lewe skrajne położenie.**



Schemat urządzenia pomiarowego

3. Połączyć obwód według schematu jak na rysunku. Obie cewki powinny być połączone szeregowo, dla zapewnienia dokładnie takiego samego prądu płynącego w obu uzwojeniach. Przez odpowiednie przyłączenie przewodów do gniazd prądowych 7 obu cewek, należy zadbać o to, żeby prąd w obu cewkach płynął w tę samą stronę. Woltomierz powinien mierzyć napięcie między gniazdami zasilacza oznaczonymi »-50V« i »250V«.

**Uwaga! Połączeń przewodów należy dokonywać przy wyłączonych zasilaczach, ze względu na wysokie napięcie.**

4. Przed uruchomieniem lampy należy się upewnić, czy oba potencjometry -50 V i 250 V zasilacza napięciowego ustawione są w lewym skrajnym położeniu (na zero). Dopiero po włączeniu i okresie rozgrzania (ok. jedna minuta) uruchamia się oba potencjometry i obserwuje w zaciemnionym pomieszczeniu wiązkę elektronów. Potencjometr »250V« przekręcić w dowolne położenie, ustalając w ten sposób napięcie anodowe. Za pomocą potencjometru »-50V« ustawić napięcie na siatce i przez to ostrość i jasność promienia. Pełną intensywność osiąga się z reguły dopiero po okresie rozgrzewania od 2 do 3 minut.

Zapisać wtedy napięcie anoda-katoda  $U$  i od tej pory nie zmieniać położenia potencjometrów.

**Uwaga! Przy dłuższych przerwach w pomiarach zaleca się przekręcenie obu potencjometrów ponownie w lewe skrajne położenie.**

- Włączyć zasilanie prądu płynącego przez cewki Helmholtza i zaobserwować zakrzywienie tor elektronów w gazie (Uwaga: maksymalny prąd płynący przez cewkę wynosi 5A). Przez pokręcenie statywem 5 ustawić lampę w takiej pozycji, aby elektrony z działa elektronowego wylatywały w kierunku dokładnie prostopadłym do kierunku pola magnetycznego. Przy właściwym ustawieniu lampy, elektrony zataczają okrąg, a nie spiralę.
- Regulując prąd płynący przez cewki uzyskać taki tor ruchu, aby przecinał on szczeble drabinki pomiarowej, które znajdują się w odległości kolejno 4, 6, 8 i 10 cm od działa elektronowego. Dla każdej z tych odległości zapisać średnicę toru  $d$  i natężenie prądu  $I$ .
- Wyłączyć oba zasilacze bezpośrednio po skończeniu pomiarów.**
- Zanotować maksymalne niepewności  $\Delta U$ ,  $\Delta I$ ,  $\Delta d$  mierzonych wielkości. Maksymalną niepewność promienia cewek przyjąć  $\Delta R = 2\text{mm}$ . Jako maksymalną niepewność średnicy toru wiązki przyjąć szerokość drabinki, czyli  $\Delta d = 1\text{mm}$ .

**Tabela pomiarowa**

$U$	$u(U)$	$d$	$u(d)$	$r$	$u(r)$	$I$	$u(I)$	$N$	$R$	$u(R)$
[ V ]	[ V ]	[ cm ]	[ cm ]	[ cm ]	[ cm ]	[ A ]	[ A ]		[ m ]	[ m ]
								154	0.210	

**Tabela z wynikami obliczeń**

$B$	$u(B)$	$\frac{e}{m}$	$u\left(\frac{e}{m}\right)$	$\frac{e}{m_{\dot{s}r}} \pm u\left(\frac{e}{m}\right)_{\dot{s}r}$
[ T ]	[ T ]	[ ]	[ ]	[ ]

### III. Obliczenia

- Dla każdej średnicy  $d$  toru obliczyć jego promień  $r$ .
- Dla każdego prądu  $I$  obliczyć indukcję  $B$  ze wzoru:

$$B = K \cdot I; \quad K = 0,6578 \cdot 10^{-3} \left[ \frac{T}{A} \right] \quad (1).$$

- Dla każdej pary  $(r, I)$  obliczyć ładunek właściwy elektronu  $\frac{e}{m}$  ze wzoru:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2} \quad (2).$$

- Obliczyć niepewności standardowe  $u(U)$ ,  $u(d)$ ,  $u(r)$ ,  $u(I)$ ,  $u(R)$ , z niepewności maksymalnych metodą typu B.
- Dla każdego pomiaru, z wykorzystaniem niepewności  $u(I)$  obliczyć niepewność standardową  $u(B)$  metodą przenoszenia niepewności, bazując na podanym wzorze (1).

6. Dla każdego pomiaru, z niepewności  $u(U)$ ,  $u(r)$ ,  $u(B)$  obliczyć niepewność  $u\left(\frac{e}{m}\right)$  metodą przenoszenia niepewności, bazując na wzorze (2).
7. Ponieważ obliczone wartości  $\left(\frac{e}{m}\right)_i$  charakteryzują się różnymi niepewnościami  $u\left(\frac{e}{m}\right)_i$ , ostateczny wynik obliczyć metodą średniej ważonej, jako wagi przyjmując odwrotności niepewności cząstkowych:

$$\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{e}{m}\right)_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{gdzie} \quad w_i = \frac{1}{\left(u\left(\frac{e}{m}\right)_i\right)^2}.$$

Niepewność tak wyznaczonej średniej można obliczyć dzięki zastosowaniu prawa przenoszenia niepewności do powyższego wzoru, co daje:

$$u\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{sr}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n w_i}}.$$