

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" BUCUREȘTI  
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE FIZICĂ ATOMICĂ ȘI NUCLEARĂ  
BN - 031 B**

**DETERMINAREA SARCINII SPECIFICE A  
ELECTRONULUI PRIN  
METODA MAGNETRONULUI**

# DETERMINAREA SARCINII SPECIFICE A ELECTRONULUI PRIN METODA MAGNETRONULUI

## 1. Scopul lucrării

Scopul lucrării îl constituie determinarea raportului  $\left(\frac{e}{m}\right)$  dintre sarcina electronului și masa sa, folosind un dispozitiv numit magnetron, în care traiectoriile electronilor emiși de un filament încălzit sunt modificate de un câmp magnetic exterior.

## 2. Teoria lucrării

Metodele de determinare a sarcinii specifice a electronului  $\left(\frac{e}{m}\right)$  au la bază studiul mișcării electronului în câmpuri electrice și magnetice. Forța cu care acestea acționează asupra unei particule de sarcină  $(-e)$ , numită forță Lorentz, este dată de formula:

$$\vec{F} = -e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

unde  $\vec{v}$  este viteza electronului,  $\vec{E}$  este intensitatea câmpului electric, iar  $\vec{B}$  este inducția magnetică.

Conform legii a doua a lui Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (2)$$

ecuația de mișcare a electronului are forma:

$$m\vec{a} = -e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (3)$$

În experiența de față folosim pentru determinarea sarcinii specifice a electronului metoda magnetronului. Magnetronul este un tub electronic cu doi electrozi, având o construcție specială, a cărei secțiune este prezentată în fig.1.

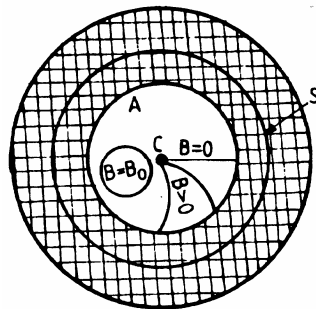


Fig. 1

Catodul C, sub formă de filament, este coaxial cu anodul cilindric A. Tubul este plasat în interiorul unui solenoid S în așa fel încât direcția vectorului inducție magnetică  $\vec{B}$  coincide cu axa de simetrie a magnetronului. În cazul când  $\vec{B} = 0$ , electronii, proveniți de la catod prin emisia termoelectrică, se vor deplasa radaial spre anod sub acțiunea câmpului electric  $\vec{E}$  determinat de tensiunea electrică  $U$  aplicată tubului. Când  $\vec{B} \neq 0$  electronii suferă din partea câmpului magnetic o deviație perpendiculară pe  $\vec{v}$  și traiectoriile lor, care încep de la catod și se termină la anod, se curbează. Dacă  $\vec{B}$  devine suficient de mare, atunci se poate ajunge la situația în care electronii plecați de la catod nu mai ating anodul. Aceasta se va întâmpla

atunci când traiectoria electronilor devine un cerc cu raza  $r = \frac{R}{2}$ . În această situație electronii vor forma o sarcină spațială în jurul catodului, ecranându-l, iar curentul anodic scade practic la zero.

Vom căuta să găsim o relație care să ne dea expresia sarcinii specifice a electronului,  $\frac{e}{m}$ , pornind tocmai de această situație experimentală. Astfel, condiția de stabilitate a electronului în mișcare pe traiectoria circulară de rază  $r = \frac{R}{2}$  ne va da valoarea necesară pentru câmpul magnetic,  $B_0$ :

$$\frac{mv^2}{\left(\frac{R}{2}\right)} = evB_0. \quad (4)$$

În plus, știm că viteza electronilor,  $v$ , este obținută prin accelerare la diferența de potențial  $U$  aplicată tubului:

$$\frac{mv^2}{2} = eU. \quad (5)$$

Eliminând  $v$  între (4) și (5) vom obține:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{R^2 B_0^2}. \quad (6)$$

ceea ce constituie relația de interes pentru noi.

Știim că în cazul unui solenoid, inducția magnetică  $B$  are expresia:

$$B = \mu_0 n I \quad (7)$$

unde  $\mu_0$  este permeabilitatea vidului,  $n$  este numărul de spire pe unitatea de lungime a solenoidului, iar  $I$  este intensitatea curentului prin solenoid, vom obține în final:

$$\frac{e}{m} = \frac{8}{\mu_0^2 n^2 R^2} \frac{U}{I_0^2} = K \frac{U}{I_0^2} \quad (8)$$

Valoarea constantei  $K$  este bine determinată în fiecare caz experimental în parte ( $n$  și  $R$  cunoscute) și trebuie exprimată în unități S.I. astfel ca, înlocuind tensiunea  $U$  în volți și curentul  $I$  în amperi, să rezulte sarcina specifică  $\frac{e}{m}$  în C/Kg. Pentru montajul folosit în lucrarea de față valoarea constantei este  $K = 2,25 \cdot 10^9$  (S.I.).

### 3. Dispozitivul experimental

Schema dispozitivului experimental, prezentată în fig. 2, se compune din două circuite: în stânga este circuitul tubului și în dreapta cel al solenoidului. Acestea cuprind:

- tubul magnetron, T
- solenoidul, S
- voltmetrul V, pentru măsurarea tensiunii aplicate tubului
- miliampermetrul mA, pentru măsurarea curentului anodic pe scara de lucru 0,006A
- miliampermetrul mA, pentru măsurarea curentului din solenoid pe scara de lucru 0,600A
- reostatele  $R_1$  și  $R_2$  montate potențiomtric
- întrerupătoarele  $K_1$  și  $K_2$ .

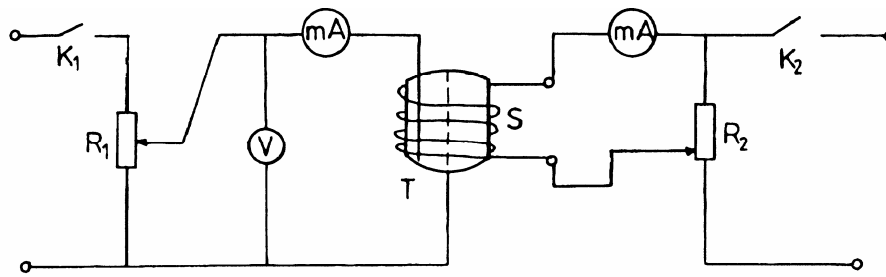


Fig. 2.

#### 4. Modul de lucru

Montajul de mai sus este realizat în întregime la masa de lucru și este alimentat la rețea prin intermediul unui redresor de curent continuu. Prin închiderea întrerupătoarelor  $K_1$  și  $K_2$  ambele circuite vor fi sub tensiune astfel încât cu ajutorul reostatului  $R_1$  se poate varia tensiunea aplicată tubului, iar prin  $R_2$ , se realizează variația curentului  $I$  care străbate solenoidul.

Măsurarea curentului anodic  $i$ , în vederea obținerii valorii  $I_0$  la care aceasta se anulează, se face prin menținerea tensiunii  $U$  constantă. Pasul de variație a curentului  $I$  se alege astfel încât pe scala miliampermetrului citirea valorilor curentului să se poată face cu o precizie cât mai mare (de exemplu din 25 în 25 mA).

Măsurătorile se efectuează pentru 3 valori diferite ale tensiunii anodice,  $U_1 < U_2 < U_3$ , convenabil alese; uzual vor fi folosite valorile  $U = 30, 40, 50$  V. Pentru fiecare tensiune măsurătorile vor fi efectuate de 2 ori. Rezultatele se trec într-un tabel de forma:

$U_1$	$I(A)$
30V	$i(A)$
$U_2$	$I(A)$
40V	$i(A)$
$U_3$	$I(A)$
50V	$i(A)$

#### 5. Prelucrarea datelor experimentale

Se va reprezenta grafic  $i = f(I)$  pentru cele trei tensiuni distincte:  $U_1, U_2, U_3$ . Se vor obține trei curbe a căror alură, în limita erorilor experimentale, arată ca în fig. 3.

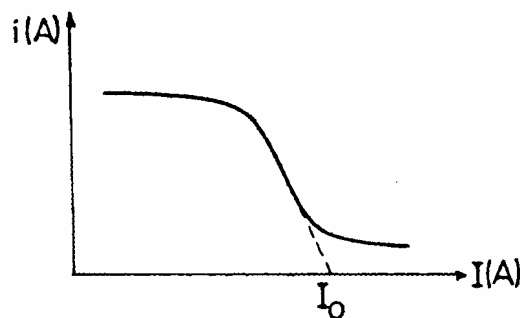


Fig. 3

Se observă că la început  $i$  nu scade odată cu creșterea lui  $I$  deoarece deși traiectoriile electronilor încep să se curbeze, toți electronii ajung încă la anod. Pe măsură ce  $I$  crește, crește și  $\vec{B}$ , curentul  $i$  scade accentuat, remarcându-se existența unui punct de inflexiune, pentru care, după cum se știe,  $\frac{di}{dI}$  este maxim. Se observă, de asemenea, că  $i$  nu ajunge totuși să se anuleze deși  $I$  a crescut până la limita maximă permisă de montajul potențiomtric folosit. Aceasta se explică prin aceea că nu toți electronii emiși de filamentul catodic au aceeași viteză, unii dintre ei având viteze mai mari decât valoarea pentru care  $r = \frac{R}{2}$  la un anumit  $B_0$ . De aceea vom admite că  $I_0$ , valoarea curentului prin solenoid la care  $i$  se anulează, este cea aflată la intersecția tangentei dusă în punctul de inflexiune al curbei  $i = f(I)$  cu axa absciselor, pe care s-a figurat  $I$ .

Se vor obține astfel trei valori distincte  $I_0$ , corespunzând celor trei valori ale tensiunii anodice  $U$ , pentru care se va calcula  $\left(\frac{e}{m}\right)$  conform formulei (8). Media aritmetică a celor trei valori  $\left(\frac{e}{m}\right)$  obținute se consideră a fi rezultatul cel mai apropiat de valoarea adevărată.

### Întrebări

1. Ce este sarcina specifică ?
2. Desenați liniile de câmp magnetic, create de un solenoid, într-un plan care conține axa de simetrie a solenoidului. Cum sînt orientate liniile de câmp magnetic într-un punct aflat în centrul solenoidului ?
3. Cum se deplasează electronii față de direcția câmpului electric extern ( $\vec{E}$ ) aplicat ?
4. Cum se deplasează electronii față de direcția inducției magnetice ( $\vec{B}$ ) ?
5. Care este traiectoria unui electron a cărui viteză este paralelă cu un câmp electric ?
6. Care este traiectoria unui electron care intră într-un câmp electric cu o viteză perpendiculară pe acesta ?
7. Care este traiectoria unui electron a cărui viteză este paralelă cu un câmp magnetic ?
8. Care este traiectoria unui electron a cărui viteză este perpendiculară pe un câmp magnetic ?
9. Care este traiectoria unui electron a cărui viteză formează un anumit unghi cu un câmp magnetic ?
10. Ce reprezintă relațiile:  $\frac{2mv^2}{R} = evB_0$ ,  $\frac{mv^2}{2} = eV$  ?
11. Un electron cu viteza  $v$  intră perpendicular pe un câmp magnetic. Să se calculeze raza traiectoriei circulare și frecvența de rotație.
12. Ce este emisia termoelectronică ?
13. Ce este magnetronul ?
14. Deduceți relația care permite determinarea sarcinii specifice a electronului prin metoda magnetronului (cu specificarea mărimilor care intervin).
15. Ce este curentul anodic ?