

Laborator 7

DETERMINAREA SARCINII  
SPECIFICE A ELECTRONULUI

Alexandru Licuriceanu  
alicuriceanu@stud.acs.upb.ro

Data: 28 Noiembrie 2022  
Grupa: 325CD

## 1. Scopul lucrării

Scopul lucrării este studiul mișcării electronilor într-un câmp magnetic uniform și determinarea valorii sarcinii specifice a electronului.

## 2. Teoria lucrării

Dacă un electron de masă  $m$  și sarcină  $-e$  se află în repaus și este accelerat de o diferență de potențial  $U$ , acesta va căpăta energia cinetică  $E_c$ :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = eU, \text{ v este viteza electronului.}$$

Dacă electronul de viteză  $v$  se mișcă într-o regiune de câmp magnetic de inducție  $B$ , asupra acestuia acționează forța Lorentz:

$$\vec{F} = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

Când câmpul magnetic este uniform, traiectoria electronilor este elicoidală în lungul liniilor de câmp magnetic, iar când viteza electronilor este perpendiculară pe direcția câmpului magnetic, traiectoria devine circulară, de unde rezultă:

$$\frac{mv^2}{r} = evB \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$$

Electronii sunt emiși de un filament metalic încălzit, sunt accelerați de un câmp electric și pătrund într-o regiune unde este un câmp magnetic uniform. Datorită forței Lorentz, traiectoria electronilor este elicoidală, când unghiul dintre viteza electronilor și direcția câmpului magnetic este mai mic de  $90^\circ$ , respectiv circulară, când unghiul este de  $90^\circ$ . Valoarea sarcinii specifice se obține din valorile tensiunii de accelerare, inducției magnetice și razei orbitei circulare a electronului.

Într-o configurație de tip Helmholtz, câmpul magnetic este aproape uniform, iar inducția câmpului magnetic produs de 2 bobine Helmholtz în centrul sistemului este:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 n \frac{I}{R}$$

Unde  $\mu_0$  este constanta magnetică a vidului,  $n$  este numărul de spire din fiecare bobină iar  $R$  este raza bobinelor. În cadrul experimentului, aceste valori sunt  $n = 154$ ,  $R = 0.2 \text{ m}$ .

### 3. Montajul experimental

Electronii emiși de tunul electronic sunt accelerați într-un câmp electric și pătrund după o direcție perpendiculară, în spațiul în care există un câmp magnetic produs de bobinele Helmholtz.

Dispozitivul folosit pentru a determina sarcina specifică a electronului este ilustrat în figura 1 și cuprinde următoarele elemente componente:

- Tub din sticlă, cu neon la presiune joasă, în care se găsește tunul electronic (T)
- Bobinele Helmholtz (H)
- Sursa de alimentare a bobinelor Helmholtz (AH)
- Sursa de alimentare a filamentului tunului de electroni (AT)
- Ampermetru pentru a măsura curentul prin bobine (A)
- Voltmetru pentru a măsura tensiunea de grilă și de accelerare (V)
- Cablurile care leagă componentele

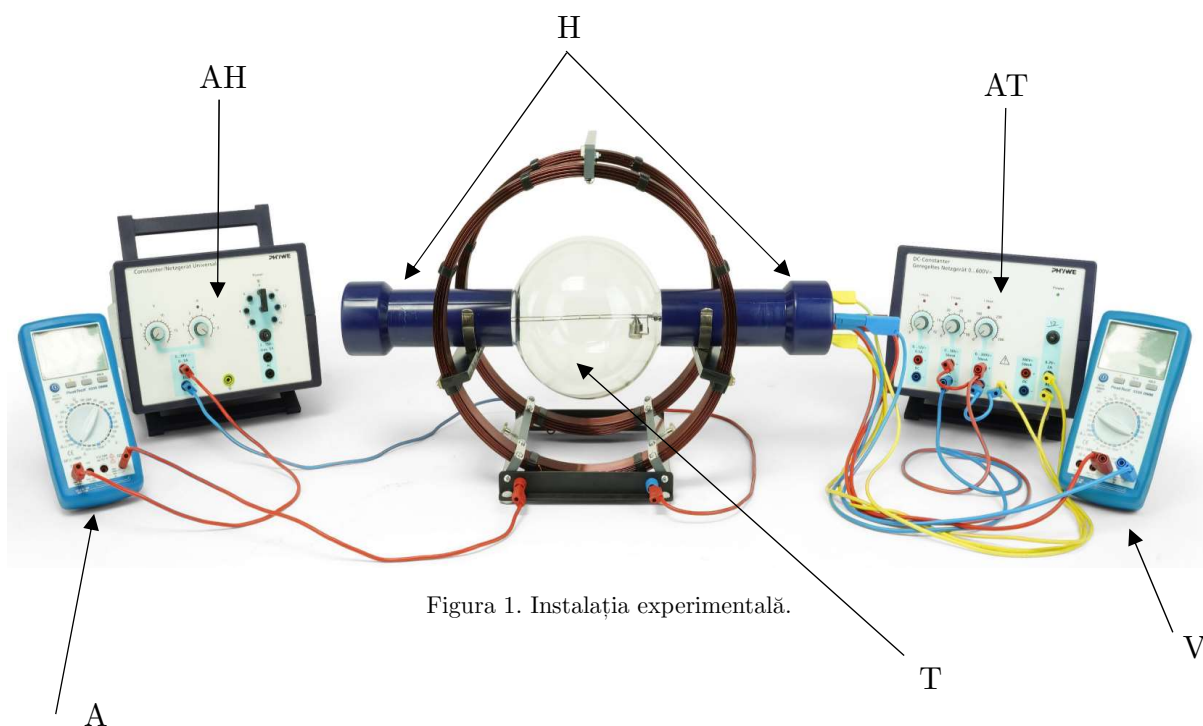


Figura 1. Instalația experimentală.

## 4. Modul de lucru

- 4.1. Am verificat, înainte de a porni alimentarea, că tensiunile de grilă, de accelerare și curentul prin bobinele Helmholtz sunt reglate la 0.
- 4.2. Am pornit cele două surse de alimentare și cele două multimetre.
- 4.3. Folosind potențiometrul sursei de alimentare a tunului electronic, am mărit tensiunea pe grilă la valoarea de 35V, apoi am mărit tensiunea de accelerare până la 155V și am observat traiectoria electronilor materializată de o zonă luminoasă portocalie. Acest fenomen apare când electronii se ciocnesc cu moleculele de neon din tub. Am reglat din potențiometru tensiunea pentru fiecare dintre valorile din tabelul 1.
- 4.4. Am reglat pe sursa de alimentare a bobinelor, curentul maxim admis la 3A.
- 4.5. Am mărit curentul care trece prin bobine, observând modificarea traiectoriei electronilor.
- 4.6. Pentru a obține valorile pentru razele de 5 cm, 4 cm și 3 cm, am utilizat reperele din tubul cu neon, care apar iluminate când electronii se lovesc de acestea.

## 5. Prelucrarea datelor experimentale

- 5.1. Am trecut valorile experimentale în tabelul 1.

	r = 5cm		r = 4cm		r = 3cm	
U (V)	I (A)	$10^{11} \text{ e/m}$ (C/kg)	I (A)	$10^{11} \text{ e/m}$ (C/kg)	I (A)	$10^{11} \text{ e/m}$ (C/kg)
155	1.12	2.0622	1.39	2.0920	2.02	1.7610
175	1.23	1.9305	1.56	1.8752	2.13	1.7882
195	1.33	1.8398	1.67	1.8233	2.28	1.7390
215	1.41	1.8048	1.79	1.7498	2.41	1.7161
235	1.48	1.7905	1.89	1.7155	2.53	1.7020
255	1.55	1.7714	1.95	1.7487	2.65	1.6834
275	1.62	1.7488	2.03	1.7402	2.74	1.6981
295	1.68	1.7444	2.12	1.7116	2.85	1.6837
315	1.74	1.7364	2.17	1.7444	2.93	1.7010
335	1.8	1.7256	2.27	1.6953	3.02	1.7028

Tabelul 1. Valorile curentului prin bobinele Helmholtz pentru o tensiune de grilă de 35V, diverse tensiuni de accelerare și diverse raze ale traiectoriilor electronilor.

Pentru a calcula valorile sarcinilor specifice electronului, am folosit formula:

$$\frac{e}{m} = \frac{125}{32} \frac{R^2}{\mu_0 n^2} \frac{U}{r^2 I^2}$$

Unde R este raza bobinelor,  $R = 0.2 \text{ m}$ ,  $\mu_0$  este constanta magnetică a vidului,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ , iar n este numărul de spire din fiecare bobină,  $n = 154$ . De asemenea, am calculat sarcina specifică pentru fiecare rază, înlocuind în formula de mai sus pe  $\frac{U}{r^2}$  cu panta dreptei de regresie din figura 2, 3 și 4.

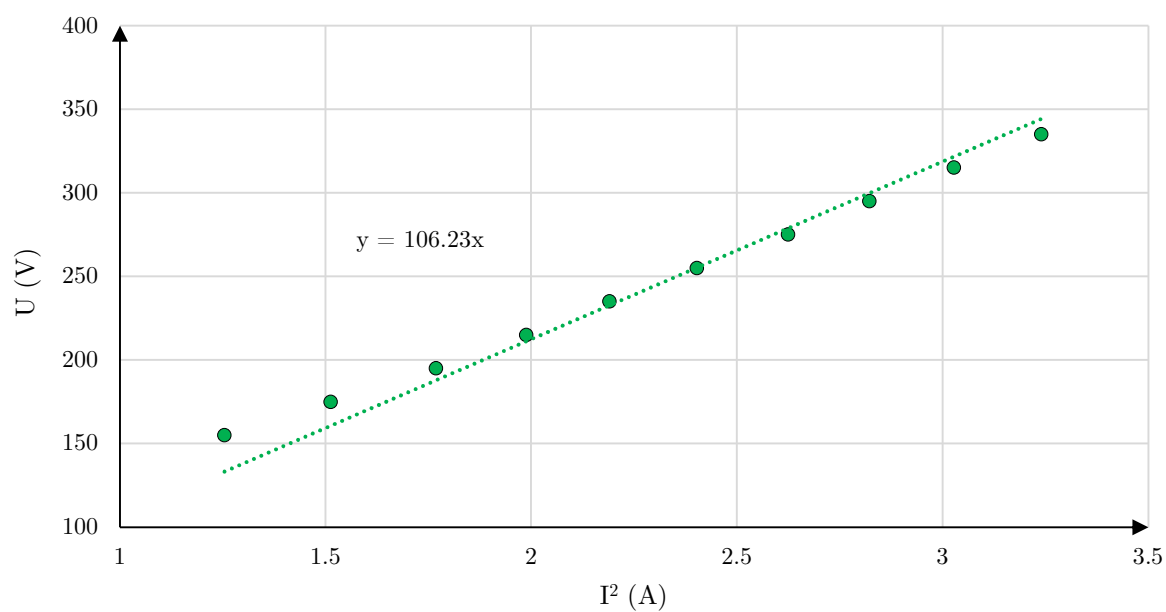


Figura 2.  $U$  în funcție de  $I^2$  pentru raza  $r = 5$  cm și dreapta de regresie liniară care intersectează originea și are panta 106.23.

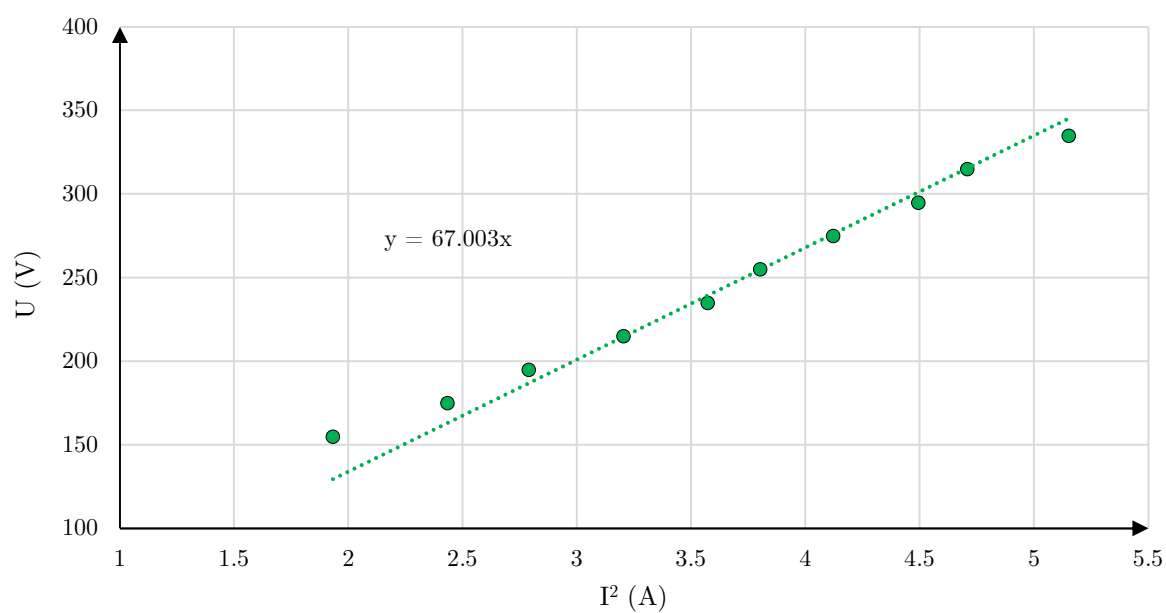


Figura 3.  $U$  în funcție de  $I^2$  pentru raza  $r = 4$  cm și dreapta de regresie liniară care intersectează originea și are panta 67.003.

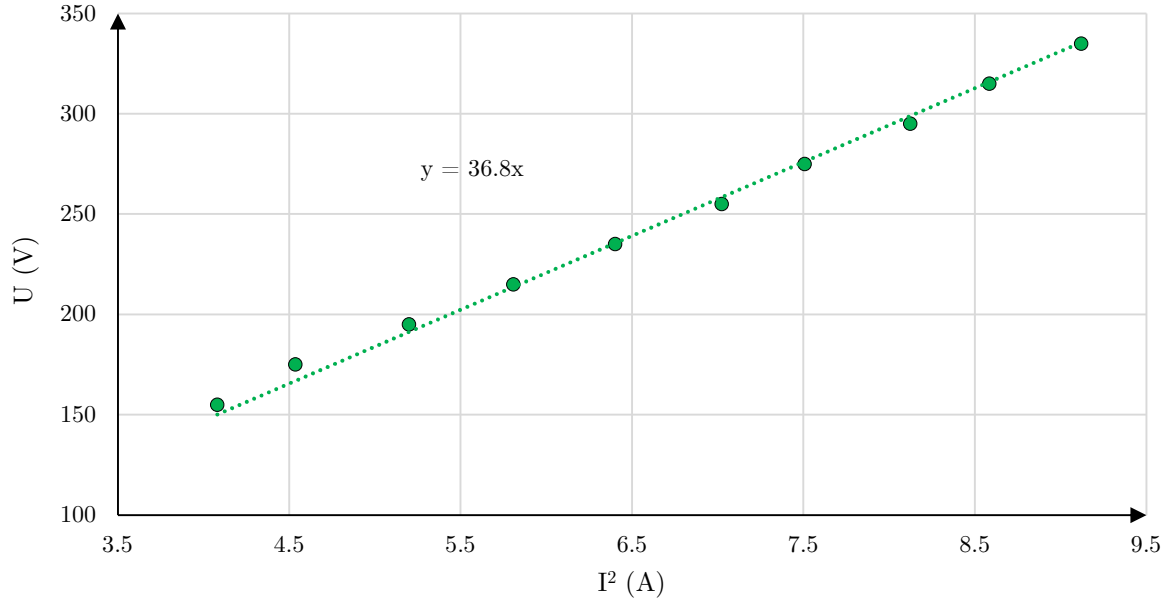


Figura 4.  $U$  în funcție de  $I^2$  pentru raza  $r = 3$  cm și dreapta de regresie liniară care intersectează originea și are panta 36.8.

Valorile obținute pentru sarcina specifică folosind pantele dreptelor de regresie liniară din figurile 2, 3 și 4:

$$\begin{aligned} \text{Pentru } r = 5 \text{ cm: } & 1.7729 \cdot 10^{11} \text{ C/kg.} \\ \text{Pentru } r = 4 \text{ cm: } & 1.7472 \cdot 10^{11} \text{ C/kg.} \\ \text{Pentru } r = 3 \text{ cm: } & 1.7604 \cdot 10^{11} \text{ C/kg.} \end{aligned}$$

În tabelul 2 am calculat valoarea medie și abaterea standard a sarcinii specifice pentru fiecare rază folosind formulele:

$$\langle e/m \rangle = \frac{\sum_{k=1}^K (e/m)_k}{K}; \quad \sigma_{\langle e/m \rangle} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K ((e/m)_k - \langle e/m \rangle)^2}{K(K-1)}}$$

	$r = 5 \text{ cm}$	$r = 4 \text{ cm}$	$r = 3 \text{ cm}$
$\langle e/m \rangle$	$1.8154 \cdot 10^{11}$ C/kg	$1.7896 \cdot 10^{11}$ C/kg	$1.7175 \cdot 10^{11}$ C/kg
$\sigma_{\langle e/m \rangle}$	0.0335	0.0377	0.0109

Tabelul 2. Valorile medii și abaterile standard.

Se poate observa că rezultatele obținute din reprezentările grafice sunt mai precise decât cele obținute prin calcul și se apropie mai mult de valoarea stabilită de specialiști la  $1.7588 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$ .