

Měrný náboj elektronu

Denisa Kučerová, Jakub Kolář, Michal Šesták

TV@J 2014

20. května 2014

Historie

Měření v podélném MP

Odvození vztahů

Záznam měření

Výsledek

Měření v kolmém MP

Odvození vztahů

Záznam měření

Výsledek

Ukázky různých trajektorií

Závěr

Něco z historie

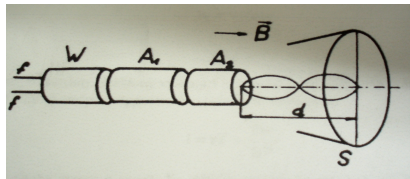


1897 Joseph John
Thomson
- objevení elektronu

Obrázek: Pan Thomson

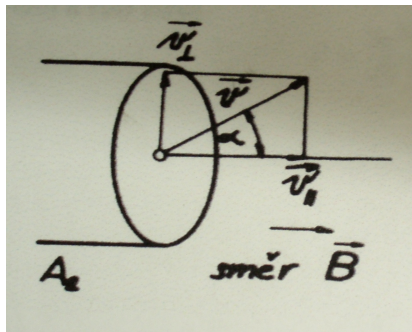
Měření v podélném MP

$$\blacktriangleright \vec{F} = e (\vec{v} \times \vec{B})$$



Měření v podélném MP

- ▶ $\vec{F} = e(\vec{v} \times \vec{B})$
- ▶ Rozklad rychlosti elektronu na dvě složky: v_{\perp} a v_{\parallel}



Rychlost elektronu kolmá k indukčním čarám (v_{\perp})

Lorentzova síla = dostředivá síla

$$ev_{\perp}B = \frac{mv_{\perp}^2}{r}$$

T = čas, za který elektron oběhne kružnici

$$T = \frac{2\pi r}{v_{\perp}} = \frac{2\pi}{\frac{e}{m}B}$$

Rychlost elektronu rovnoběžná s indukčními čárami (v_{\parallel})

kinetická energie = elektrická energie

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$
$$v \approx v_{\parallel}$$

Celková rychlost

→ vzniká šroubový pohyb

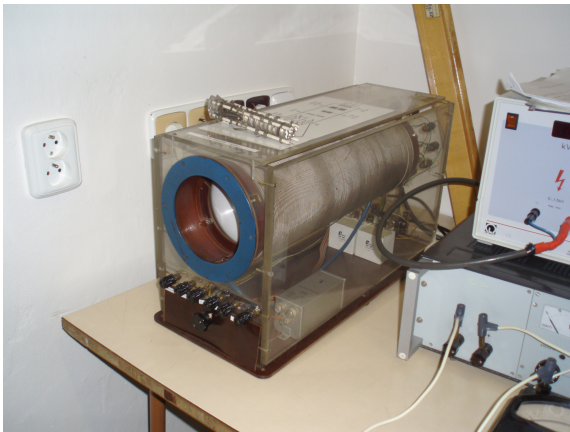
$$l = vT$$

l = vzdálenost, kterou elektron urazí za T výsledný vztah

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{l'} I$$

Katodová trubice



Měření

U [kV]	I [A]	B [T]	e/m [C·kg ⁻¹]
0,95	4,500	0,00258	$1,81393 \cdot 10^{11}$
1,00	4,550	0,00261	$1,867671 \cdot 10^{11}$
1,05	4,675	0,00268	$1,85759 \cdot 10^{11}$
1,10	4,675	0,00268	$1,94604 \cdot 10^{11}$
1,15	4,725	0,00271	$1,99167 \cdot 10^{11}$
1,20	4,775	0,00274	$2,03497 \cdot 10^{11}$
1,25	4,825	0,00277	$2,07605 \cdot 10^{11}$

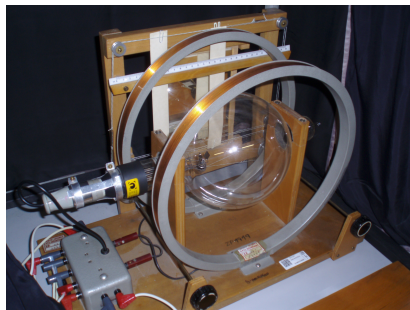
Výsledek

Naměřený měrný náboj elektronu: $(194,1 \pm 3,721) \cdot 10^9 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Námi naměřená hodnota se neshoduje s udávanou hodnotou $1,75882 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

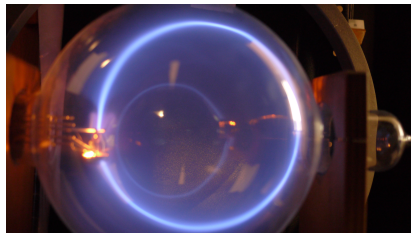
Měření v kolmém MP

- ▶ Emitace elektronů z katody
- ▶ Urychlení anodou
- ▶ Působení MP
Helmholtzových cívek
- ▶ Prostředí zředěného vodíku



Měření v kolmém MP

- ▶ Emitace elektronů z katody
- ▶ Urychlení anodou
- ▶ Působení MP
Helmholtzových cívek
- ▶ Prostředí zředěného vodíku
 - ▶ Pohyb po kružnici



1. část odvození

srovnání elektrické a kinetické energie

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

vyjádření rychlosti

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

2. část odvození

srovnání dostředivé síly a Lorentzovy síly

$$\frac{mv^2}{r} = evB$$

3. část odvození

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

→ výsledný vztah

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{k^2 I^2 r^2}$$

($B = k \cdot I$, k je parametr geometrie Helmholtzových cívek)

Naměřené hodnoty

$U[\text{V}]$	$I[\text{A}]$	$r[\text{m}]$	$e/m[\text{C} \cdot \text{kg}^{-1}]$
120	1,5	0,0325	1,65562
140	1,5	0,0350	1,66547
160	2,0	0,0310	1,36479
180	2,0	0,0325	1,39693
200	2,0	0,0320	1,60102

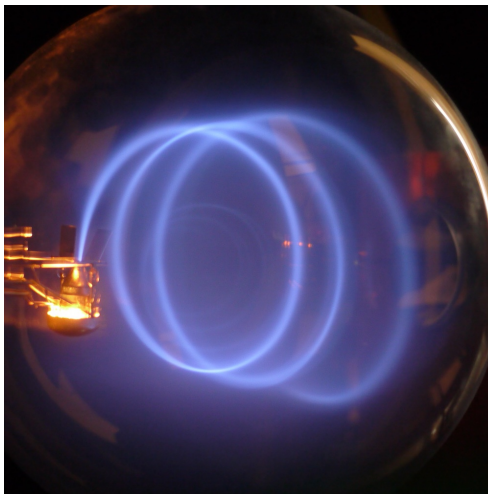
Výsledek

Naměřený měrný náboj elektronu: $(194,1 \pm 3,721) \cdot 10^9 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Námi naměřená hodnota se neshoduje s udávanou hodnotou $1,75882 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Ukázky různých trajektorií

Ukázky



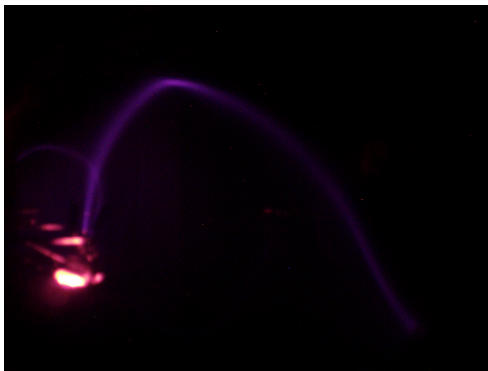
Ukázky různých trajektorií

Ukázky



Ukázky různých trajektorií




Ukázky



Shrnutí

- ▶ Neúspěšné měření
- ▶ Ale jinak úspěšný miniprojekt

Zdroje

-  I. Štoll: Elektřina a magnetismus, Skriptum FJFI, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1994, str.171 až 177.
-  REMION: Laboratorní průvodce, 20. května 2014, dostupné z URL: www.labo.cz/mft/zkonst.htm
-  Wikipedia: J. J. Thomson, 20. května 2014, dostupné z URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/J.J.Thomson>