

# e/m měření měrného náboje elektronu

M. Bezvoda [michal.bezvoda@atlas.cz](mailto:michal.bezvoda@atlas.cz)

J. Kužela [stilgar\\_tlusty@centrum.cz](mailto:stilgar_tlusty@centrum.cz)

T. Liepoldová [MecNet@seznam.cz](mailto:MecNet@seznam.cz)

## Abstrakt:

Naším úkolem bylo změřit hodnotu měrného náboje elektronu. K dosažení této hodnoty jsme použili dvě metody měření: v kolmém a podélném homogenním magnetickém poli. Hodnoty jsme naměřili s odchylkou  $0.05 \cdot 10^{-11}$  C/kg.

## 1 Úvod

Měrným nábojem elektronu rozumíme poměr náboje elektronu k jeho hmotnosti ( $e/m$ ). Jeho rozměr v soustavě SI je C/kg. Jeho tabulková hodnota byla určena na  $1.7588047 \cdot 10^{-11}$  C/kg. Naším experimentem jsme se pokusili docílit stejného výsledku. V následujícím textu se budeme zabývat dvěma způsoby měření měrného náboje elektronu.

## 2 Měření a výpočty

### 2.1 Měření $e/m$ v kolmém magnetickém poli

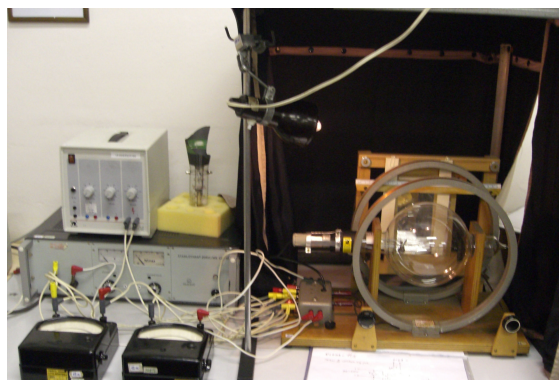
#### 2.1.1 Co jsme potřebovali?

Měřili jsme pomocí Wehneltovy (katodové) trubice a Helmholtzových cívek, které nám utvářely homogenní magnetické pole. Jmenovitý zdroj napětí je 6,3V a anodové napětí volíme mezi 100 – 200V.

#### 2.1.2 Postup měření

Katoda emituje přímočarý proud elektronů, které excitují atomy plynu (vodíku) ve svém okolí do vyššího energetického stavu. Při deexcitaci atomy emitují viditelné záření. Takto je zviditelněna dráha elektronového svazku, která se vlivem homogenního magnetického pole vytvářeného Helmholtzovými cívkami stočí do kružnice.

Změřením poloměru dané kružnice a z hodnot napětí (v rozmezí 100 – 200 V) a proudu (v rozmezí 0.75 – 1.35 A) můžeme vypočítat hodnotu měrného náboje elektronu.



### 2.1.3 Výpočty

Měřením a použitím vzorce:  $\frac{e}{m} = \frac{2U}{k_1^2 I^2 r^2}$  jsme získali hodnoty:

#### Měření číslo 1

	U/V	I/A	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta e/m$
1	100,00	0,75	5,33	2,0557	0,1602
2	141,00	0,80	6,09	1,9477	0,0523
3	150,00	0,90	5,81	1,7988	-0,0967
4	150,00	1,00	5,15	1,8544	-0,0411
5	175,00	1,20	4,61	1,8750	-0,0205
6	175,00	0,90	6,12	1,8945	-0,0010
7	175,00	0,95	5,68	1,9707	0,0752
8	200,00	1,00	5,98	1,8338	-0,0617
9	200,00	1,20	4,94	1,8699	-0,0256
10	200,00	1,35	4,41	1,8544	-0,0411
<b>Průměr:</b>				<b>1,8954</b>	

#### Měření číslo 2

	U/V	I/A	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta e/m$
1	100,00	0,75	5,53	1,9061	-0,0548
2	100,00	1,00	4,20	1,8588	-0,0074
3	150,00	1,25	4,26	1,7345	0,1168
4	150,00	1,00	5,25	1,7844	0,0669
5	200,00	1,00	6,00	1,8216	0,0297
6	200,00	1,25	4,81	1,8140	0,0373
7	120,00	1,00	4,50	1,9431	-0,0917
8	120,00	0,85	5,41	1,8641	-0,0128
9	170,00	1,00	5,51	1,8393	0,0120
10	170,00	1,25	4,28	1,9475	-0,0961
<b>Průměr:</b>				<b>1,8514</b>	

#### Měření číslo 3

	U/V	I/A	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta e/m$
1	100,00	1,00	3,90	2,1558	-0,3501
2	140,00	1,00	4,86	1,9475	-0,1418
3	120,00	0,75	6,28	1,7736	0,0320
4	120,00	1,00	4,68	1,8003	0,0054
5	130,00	0,75	6,56	1,7636	0,0421
6	180,00	1,00	5,93	1,6812	0,1245
7	160,00	1,25	4,64	1,5629	0,2428
8	200,00	1,25	4,84	1,7953	0,0103
9	200,00	1,00	5,98	1,8338	-0,0281
10	150,00	1,25	4,25	1,7427	0,0630
<b>Průměr:</b>				<b>1,8057</b>	

### 2.1.4 Odchylka měření

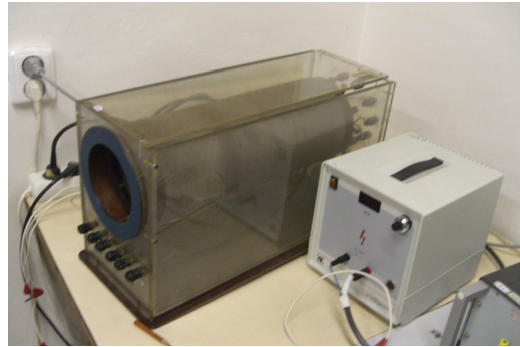
Celkový průměr měření je  $1.8058 \cdot 10^{-11}$  C/kg.

Odchylka měření:  $(1.81 \pm 0.05) \cdot 10^{-11}$  C/kg.

## 2.2 Měření e/m v podélném magnetickém poli

### 2.2.1 Aparatura

Tato metoda měření je založena na účinku podélného magnetického pole na divergující svazek elektronů, které vycházejí po urychlení z malého otvoru v anodě osciloskopické obrazovky.



### 2.2.2 Výpočty

Lorentzova síla  $F$ , která působí na elektrony pohybující se rychlostí  $v$  v magnetickém poli s mg. indukcí  $B$ , je dána vztahem  $\vec{F} = e(\vec{v} \times \vec{B})$

Měřením a použitím vzorce:  $\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{k_2^2 I^2 l^2}$  jsme získali hodnoty:

Měření 1

	voltu	amper	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta$ e/m
1	850,00	4,35	24,90	1,7369	-0,1384
2	900,00	4,40	24,90	1,7975	-0,0778
3	950,00	4,45	24,90	1,8550	-0,0203
4	1000,00	4,50	24,90	1,9095	0,0342
5	1050,00	4,60	24,90	1,9187	0,0434
6	1100,00	4,75	24,90	1,8851	0,0099
7	1150,00	4,85	24,90	1,8904	0,0151
8	1200,00	4,95	24,90	1,8937	0,0184
9	1250,00	5,00	24,90	1,9333	0,0581
10	1300,00	5,10	24,90	1,9326	0,0573
<b>Průměr</b>				<b>1,8753</b>	

Měření 2

	voltu	amper	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta$ e/m
1	820,00	4,30	24,90	1,7148	-0,1450
2	870,00	4,33	24,90	1,7984	-0,0614
3	920,00	4,38	24,90	1,8585	-0,0013
4	970,00	4,48	24,90	1,8729	0,0131
5	1020,00	4,60	24,90	1,8639	0,0041
6	1070,00	4,67	24,90	1,9011	0,0414
7	1120,00	4,80	24,90	1,8796	0,0198
8	1170,00	4,90	24,90	1,8842	0,0244
9	1220,00	4,95	24,90	1,9252	0,0655
10	1270,00	5,09	24,90	1,8991	0,0394
<b>Průměr</b>				<b>1,8598</b>	

### Měření 3

	voltu	amper	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta$ e/m
1	830,00	4,30	24,90	1,7357	-0,1423
2	880,00	4,33	24,90	1,8190	-0,0590
3	930,00	4,41	24,90	1,8532	-0,0248
4	980,00	4,48	24,90	1,8880	0,0100
5	1030,00	4,56	24,90	1,9153	0,0373
6	1080,00	4,70	24,90	1,8904	0,0124
7	1130,00	4,80	24,90	1,8964	0,0184
8	1180,00	4,90	24,90	1,9003	0,0223
9	1230,00	4,95	24,90	1,9410	0,0630
10	1280,00	5,05	24,90	1,9407	0,0627
<b>Průměr</b>				<b>1,8780</b>	

#### 2.2.4 Odchylka měření

Celkový průměr měření je  $1.8710 \cdot 10^{-11}$  C/kg.

Odchylka měření:  $(1.87 \pm 0.02) \cdot 10^{-11}$  C/kg.

## 3 Shrnutí

Měřením v kolmém magnetickém poli jsme získali měrný náboj elektronu o hodnotě  $(1.81 \pm 0.05) \cdot 10^{-11}$  C/kg. V podélném magnetickém poli jsme naměřili hodnotu  $(1.87 \pm 0.02) \cdot 10^{-11}$  C/kg. Porovnáním obou našich hodnot jsme zjistili, že obě metody měření jsou stejně přesné. Udávaná hodnota v tabulkách je  $1.7588047 \cdot 10^{-11}$  C/kg, od které se s uvážením chyb měření prakticky nelišíme.

## Poděkování

Naší supervisorce Maryle za úžasnou péči, kterou nám věnovala ☺

Dále poděkovat FJFI CVUT za zprostředkování Fyzikálního týdne.

Panu ing V. Svobodovi za organizaci Fyzikálního týdne.

Sponzorům fyztydu.

## Reference:

1. I. ŠTOLL: *Elektřina a magnetismus* Skriptum FJFI vydavatelství ČVUT 1994 str. 171-177
2. doc. RNDr. O. Lepil, CSc, PaedDr. P.Šedivý: *Elektřina a magnetismus* Prométeus 2003