

# Meetrapport: Bepaling van de specifieke lading van een elektron

Koen Kruijt, Hanne Klapwijk

October 15, 2024

Klas: NH2.c  
Docent: Triemstra, T.

## Contents

1 Doel	3
2 Verwachtingen	3
3 Schematische weergave van de opstelling	4
4 Resultaten	5
5 Uitwerking & discussie	5
6 Conclusie	6
7 Bijlagen	6

## 1 Doel

Het doel van de proef is om de specifieke lading van een elektron te bepalen. Dit wordt gedaan door een elektronenbundel in een magnetischveld af te schieten, de elektronen buigen dan af omdat ze geladen zijn. Door de diameter van de bundel en de sterkte van het magnetischveld te meten kan de specifieke lading worden bepaald. Hier uit volgt ook de onderzoeksvraag: Wat is de specifieke lading van een elektron als deze bepaald wordt door de straal van de elektronenbaan constant te houden en zowel de spanning op het elektronenkanon, als de stroom op de spoelen te variëren?

## 2 Verwachtingen

De verwachting is dat de waarde van de specifieke lading die gemeten wordt in de buurt komt van de theoretische waarde ( $1.76 \times 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$  [4]). De gebruikte apparatuur is een "PHYWE: Narrow-beam tube, Pair of Helmholtz coils".

Voor het uitrekenen van de waardes worden de volgende formules gebruikt:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2} \quad (1)$$

$$B = 0,715\mu_0 \frac{n \cdot I}{R} \quad (2)$$

Waar  $\frac{e}{m}$  de specifieke lading is,  $U[\text{V}]$  de spanning op het elektronenkanon,  $B[\text{T}]$  de magnetische veldsterkte,  $r[\text{m}]$  de straal van de elektronenbundel,  $\mu_0[\text{N} \cdot \text{A}^{-2}]$  de magnetische permeabiliteit,  $n[1]$  het aantal windingen van de spoel,  $I[\text{A}]$  de stroomsterkte door de spoel en  $R[\text{m}]$  de straal van de spoelen.

Uit 1 volgt de volgende linearisatie:

$$U = \frac{e}{m} \cdot B^2 \cdot r^2 \cdot \frac{1}{2} \quad (3)$$

Die gebruikt kan worden om de specifieke lading te bepalen door middel het aflezen van de richtingscoëfficiënt.

En de verwachting is dus een mooie rechte lijn te zien in de grafiek van  $U$  tegen  $\frac{1}{2}B^2 \cdot r^2$  zoals in 3 beschreven is.

### 3 Schematische weergave van de opstelling

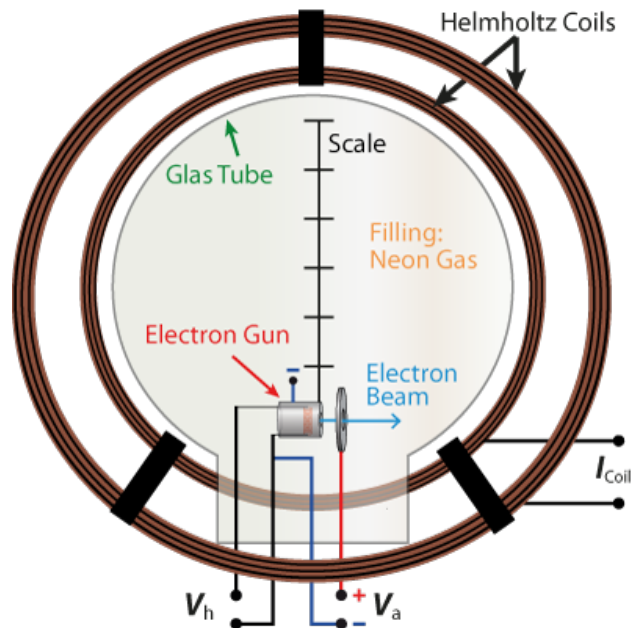


Figure 1: De opstelling van de proef; Naar [2]

De elektronenbundel gaat met de richting van het pijltje in 1 mee en wordt circulair afgebogen door het magnetisch veld van de spoelen. De bundel gaat door een ladder met sporten op bekende afstand van elkaar, zo kan de diameter van de bundel worden bepaald. De spanning en de stroomsterkte worden gemeten met een multimeter. Het maat plan volgt:

1. Aansluiten aan de voedingen en meters
2. Kies een sport op de ladder uit
3. Zorg dat de elektronenbundel op de sport valt
4. Verander de stroomsterkte (dus bundel valt niet op de gekozen sport)
5. Verander spanning tot de bundel weer op de sport valt
6. Noteer en herhaal voor meet reeks, en verander de sport

## 4 Resultaten

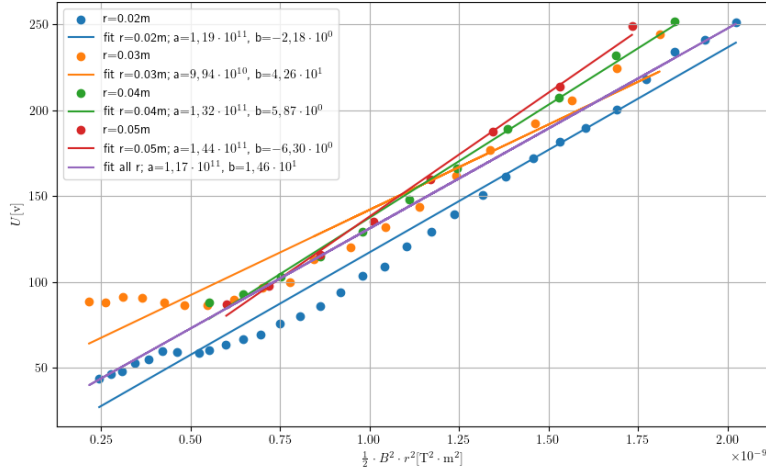


Figure 2: De gemeten waarden van de spanning en de magnetische veldsterkte

In 2 heeft de fit de volgende coëfficiënten  $a = 1,165 \cdot 10^{11} \pm 4,262 \cdot 10^9$ ,  $b = 1,461 \cdot 10^1 \pm 4,773 \cdot 10^0$ , hieruit volgt dat de gemeten specifieke lading van een elektron  $1,165 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$  is, dit is natuurlijk erg afwijkend.

## 5 Uitwerking & discussie

De gemeten waarde van de specifieke lading van een elektron is  $1,165 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$ , dit is erg afwijkend van de theoretische waarde van  $1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$ . Dit komt hoogst waarschijnlijk door een afwijkende veld sterkte van de berekende waarde en een kleine afwijking in de afstand tussen de sporten in.

De onzekerheid van het magnetisch veld is de error propegatie van 2 en resulteerd in het volgende:

$$d_B = 0.715 \sqrt{\frac{\mu_0^2 n^2 (I^2 d_R^2 + R^2 d_I^2)}{R^4}} \rightarrow d_B = 6.9184153415377 \cdot 10^{-6} \sqrt{0.0625 I^2 + 1} \quad (4)$$

De onzekerheid van de specifieke lading is de error propegatie van 1 en resulteerd in het volgende:

$$d_{em} = 30198133940.4878 \sqrt{\frac{1.91457883352097 \cdot 10^{-12} I^2 U^2 + 1.91457883352097 \cdot 10^{-14} I^2 r^2 + 7.6583153340838}{I^6 r^6}} \quad (5)$$

(fix this)

## 6 Conclusie

De conclusie van deze proef is dat de onderzoeksvraag niet beantwoord is, dit komt omdat de meting erg sensitief is voor afwijkingen in het B veld en dit niet direct te meten was met de gebruikte apparatuur, en dus niet mogelijk om hier voor te compenseren.

## Referenties

- [1] Douglas C. Giancoli. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Pearson, 2014.
- [2] Ludwig Maximilian University of Munich. *Electron motion in the magnetic field of Helmholtz coils*. [https://www.physik.uni-muenchen.de/lehre/vorlesungen/wise\\_20\\_21/ExpPhys1/ExpPhys1\\_WS2021\\_2022.pdf](https://www.physik.uni-muenchen.de/lehre/vorlesungen/wise_20_21/ExpPhys1/ExpPhys1_WS2021_2022.pdf). 2024.
- [3] PHYWE. *Narrow-beam tube Pair of Helmholtz coils*.
- [4] Wikipedia. *Mass-to-charge ratio* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mass-to-charge%20ratio&oldid=1250289175>. 2024.

## 7 Bijlagen

I	U	B	Br
2 cm			
1.601	43.6863	0.001107077	2.45124E-10
1.702	46.271	0.001176917	2.77027E-10
1.797	48.0852	0.001242609	3.08815E-10
1.9	52.553	0.001313833	3.45231E-10
2.001	54.868	0.001383673	3.8291E-10
2.102	59.742	0.001453514	4.2254E-10
2.202	59.268	0.001522663	4.637E-10
2.34	58.835	0.001618088	5.23642E-10
2.401	60.162	0.001660269	5.51299E-10
2.502	63.728	0.00173011	5.98656E-10
2.601	66.423	0.001798568	6.46969E-10
2.699	69.501	0.001866334	6.9664E-10
2.802	75.884	0.001937557	7.50826E-10
2.903	80.004	0.002007398	8.05929E-10
3.004	86.056	0.002077238	8.62984E-10
3.101	94.025	0.002144313	9.19616E-10
3.202	103.702	0.002214154	9.80495E-10
3.301	108.666	0.002282611	1.04206E-09
3.397	120.547	0.002348994	1.10355E-09

3.501	129.481	0.002420909	1.17216E-09
3.598	139.277	0.002487984	1.23801E-09
3.709	150.86	0.002564739	1.31558E-09
3.801	161.538	0.002628357	1.38165E-09
3.905	171.92	0.002700272	1.45829E-09
4.002	181.54	0.002767346	1.53164E-09
4.096	189.783	0.002832346	1.60444E-09
4.206	200.583	0.00290841	1.69177E-09
4.305	218.255	0.002976868	1.77235E-09
4.402	234.067	0.003043943	1.85312E-09
4.5	241.285	0.003111709	1.93655E-09
4.6	251.491	0.003180858	2.02357E-09
3 cm			
1.982	112.987	0.001370535	8.45264E-10
2.492	176.82	0.001723195	1.33623E-09
2.099	120.431	0.001451439	9.48004E-10
2.203	131.847	0.001523354	1.04427E-09
2.301	143.758	0.00159112	1.13925E-09
2.402	161.627	0.001660961	1.24146E-09
2.607	192.618	0.001802717	1.4624E-09
2.697	205.872	0.001864951	1.56512E-09
2.803	224.296	0.001938249	1.69056E-09
2.901	244.334	0.002006015	1.81084E-09
1.901	99.709	0.001314524	7.77588E-10
1.805	96.665	0.001248141	7.01035E-10
1.701	89.728	0.001176226	6.22578E-10
1.594	86.484	0.001102236	5.46716E-10
1.497	86.565	0.001035162	4.82202E-10
1.406	87.910	0.000972236	4.25359E-10
1.301	90.881	0.00089963	3.642E-10
1.203	91.164	0.000831863	3.11399E-10
1.103	88.021	0.000762714	2.6178E-10
1.004	88.627	0.000694257	2.16897E-10
4 cm			
1.201	88.156	0.00083048	5.51758E-10
1.301	92.971	0.00089963	6.47467E-10
1.402	103.177	0.00096947	7.51898E-10
1.502	114.612	0.001038619	8.62984E-10
1.601	129.5	0.001107077	9.80495E-10
1.705	148.227	0.001178992	1.11202E-09
1.803	166.013	0.001246758	1.24352E-09
1.904	189.26	0.001316598	1.38675E-09
2	207.319	0.001382982	1.53011E-09

2.1	231.959	0.001452131	1.68695E-09
2.201	251.762	0.001521971	1.85312E-09
5 cm			
1.002	86.819	0.000692874	6.00093E-10
1.0977	97.642	0.000759049	7.20195E-10
1.202	115.966	0.000831172	8.63558E-10
1.301	135.37	0.00089963	1.01167E-09
1.4	159.887	0.000968087	1.17149E-09
1.5	187.415	0.001037236	1.34482E-09
1.601	213.647	0.001107077	1.53202E-09
1.703	248.875	0.001177609	1.73345E-09