

DATA-Verwerking: Eindtoets

woensdag 1 februari 2017: 12.45 - 15.15 uur (tijdsduur 2.5 uur)

Algemene informatie

Bij het maken van deze toets is het toegestaan om het DATA-V dictaat, het aangeboden cursusmateriaal op DATA Blackboard, en de hulpfuncties van *Mathematica* te gebruiken. Het raadplegen van ingeleverd en becommentarieerd werk en/of elkaar (in welke vorm dan ook) is niet toegestaan!

Elk antwoord moet voorzien zijn van een volledige toelichting die ook voor de corrector te begrijpen is!

Zorg dat het ingezonden notebook evalueerbaar is! De corrector moet immers de berekening kunnen reproduceren.

Werk- en inleverinstructie

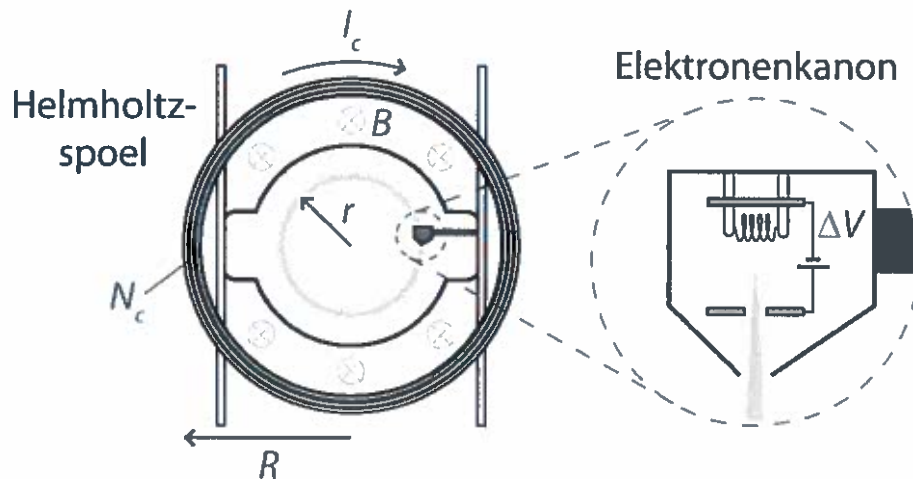
Omdat er tijdens de toets altijd wel iets mis gaat bij enkele studenten volgen hier, in een poging om de kans op fouten te minimaliseren, de regels voor het inleveren van je toets:

- 1. Zorg dat je je bestand na het invullen van je naam direct lokaal opslaat op je laptop alvorens met de uitwerking van de toets te beginnen.**
- 2. Tijdens de toets sla je je werkdocument regelmatig met een iets andere naam op. Regelmatig backups maken onder een andere naam voorkomt veel frustratie en tijdverlies!**
- 3. Na afloop van de toets sla je de definitieve versie op met een bestandsnaam in de vorm "Achternaam_Voorletters_DATAV.nb"**
- 4. Controleer of het notebook foutloos is opgeslagen en zonder problemen evalueert, en lever het daarna in als Assignment.**
- 5. Bewaar lokale (tussentijdse) kopieën i.g.v. problemen met het in Blackboard geplaatste bestand**

Overleg met de surveillant voor hulp of advies als er iets vastloopt!

Opgave DATA-V: Lading-massa-verhouding van het elektron

In een werkcollegeopgave is al eerder de bepaling van e/m , de lading-massa-verhouding van het elektron, aan de orde geweest. In een vacuüm gezogen experimentele opstelling worden de elektronen eerst versneld tussen een kathode (gloeidraad) en plaatvormige anode met een spanningsverschil ΔV . Vervolgens reizen de elektronen door een magnetisch veld loodrecht op de voortplantingsrichting. De Lorentzkracht levert een centripetale versnelling die resulteert in een cirkelbeweging van de elektronenbundel.



Het magnetisch veld wordt gecreëerd door twee Helmholtz-spoelen met straal $R = 15.05 \pm 0.05$ cm en $N_c = 130$ windingen (exact), waardoor de elektronen een cirkelbeweging volgen met straal r . De waarde voor e/m wordt dan gegeven door de volgende uitdrukking:

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{125 R^2 \Delta V}{32 \mu_0^2 N_c^2 I_c^2 r^2} \quad (1)$$

Hier is $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A de permeabiliteit van vacuüm. De geaccepteerde waarde van $\frac{e}{m}$ is $1.758820024(11) \cdot 10^{11}$ C/kg.

Een student heeft voor vijf verschillende versnellspanningen ΔV (met verwaarloosbare onzekerheid) drie maal een bepaling van de straal r uitgevoerd, in totaal dus 15 metingen. Deze experimenten zijn gedaan bij een stroom door de spoelen van $I_c = 1.131 \pm 0.004$ A. De student schat af dat de aflezing van de straal (op het oog) gebeurt met een nauwkeurigheid van 0.5 mm.

De dataset $(\Delta V, r)$ met bijbehorende σ_r is elektronisch beschikbaar in het modelnotebook. De waarden van ΔV zijn gegeven in volt, de waarden van r en σ_r in m

a) Maak een goed opgemaakte figuur van de dataset $(\Delta V, r)$, met goed gekozen plotgebied. Maak indien gewenst gebruik van een onderschrift of legenda.

[20 punten]

b) Voer een aanpassing uit aan de dataset $(\Delta V, r)$, gebruikmakend van Vgl. (1). Hint: gebruik één enkele

aanpassingsparameter $a = \sqrt{\frac{125 R^2}{32 \mu_0^2 N_c^2 I_c^2} \left(\frac{e}{m}\right)}$. Plot vervolgens het model met de dataset. Rapporteer

de waarde voor a met onzekerheid. Bepaal kwantitatief of de dataset consistent is met het model op significantieniveau 5%.

[35 punten]

c) Gebruik de uitkomsten van b) om de waarde van $\left(\frac{e}{m}\right)$ inclusief onzekerheid te rapporteren. Heeft het voor de nauwkeurigheid van de bepaalde waarde zin om meer metingen te doen? Verklaar je antwoord.

NB Mocht je bij onderdeel b) geen bruikbaar antwoord hebben gevonden, gebruik dan $a = 0.0038530565 \pm 0.0000152902$ - onafgerond en gegeven in de basis SI-eenheden.
[30 punten]

In een vervollexperiment heeft de student bij elke instelling van ΔV met elke meting van r ook een gelijktijdige bepaling van I_c gedaan (de waarde van I_c is in het experiment zo goed als mogelijk constant gehouden, maar de waarde kan onderhevig zijn aan allerlei toevallige fluctuaties. Die fluctuaties kunnen een daadwerkelijke verandering in stroomsterkte betekenen, maar ze kunnen ook verband houden met de eindige nauwkeurigheid van de ampèremeter, dat is op voorhand niet bekend).

Met deze meetgegevens is het mogelijk om opnieuw een waarde voor e/m te bepalen.

Ook de nieuwe dataset is elektronisch beschikbaar in het modelnotebook.

- d) Bepaal of het gelijktijdig meten van de waarden van I_c heeft geleid tot een significant nauwkeuriger resultaat, en bepaal op de best mogelijke wijze de waarde van e/m uit deze nieuwe dataset. De verwerking kan op veel verschillende manieren, die echter wel in kwaliteit verschillen. Een mindere methode met antwoord is echter altijd beter dan geen antwoord. Geef in ieder geval je overwegingen bij de gekozen aanpak. Het is niet nodig om een plot te maken of consistentietoets etc. uit te voeren zoals bij onderdeel b).
[15 punten]

