

Modtaget dato:

Godkendt:

Dato:

Underskrift:

(forbeholdt instruktør)

Elektrodynamik, øvelse 2, Einzellinsen

Kristian Jerslev and Steven John Hayden

Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, Danmark, Hold nummer FY2

(Dated: 3. marts 2009)

Vi skal i denne øvelse bruge simuleringssprogrammet Simion 8 til at kigge nærmere på den elektrostatiske opstilling Einzellinsen. Vi vil undersøge fokuseringsevnen som funktion af forskellige parametre. Blandt andet undersøges afhængigheden af pålagt spænding og elektronhastighed.

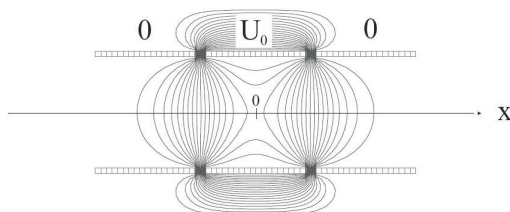
INDLEDNING

Elektrostatiske opstillinger af elektroder til fokusering, spredning og styring af ladede partikler bruges i stor grad i lagerringe og acceleratore. En af disse opstillinger, der kan bruges til fokusering af et beam, er en Einzellinse, som vi i denne øvelse vil undersøge nærmere. Einzellinsen består af tre cylindriske elektroder, hvor de yderste er koblet til et jordpotentiale og den inderste er koblet til et bestemt potentiale, U_0 . Fra [1] fås følgende sammenhæng imellem fokallængden for Einzellinsen og de indgående parametre under antagelse af, at beamet er aksnært:

$$\frac{f}{L} = \sum_{n=0} a_n \left(\frac{T_0}{qU_0} \right)^{2-n}, \quad (1)$$

hvor f er fokallængden (se figur 2), L er længden af den inderste elektrode, T_0 er beamets kinetiske energi, q er beamets ladning og U_0 er potentialet på den mellemste elektrode.

På figur 1 ses et billede af en Einzellinse. Som nævnt ovenfor fremgår det også af figuren, hvordan potentialet er fordelt ud over linsen. Vi vil i denne øvelse sende partikler ind fra venstre side og via simulering med Simion 8 undersøge linsens fokuseringsevner.



Figur 1: Skematisk tegning af Einzellinsen. Fra [1].

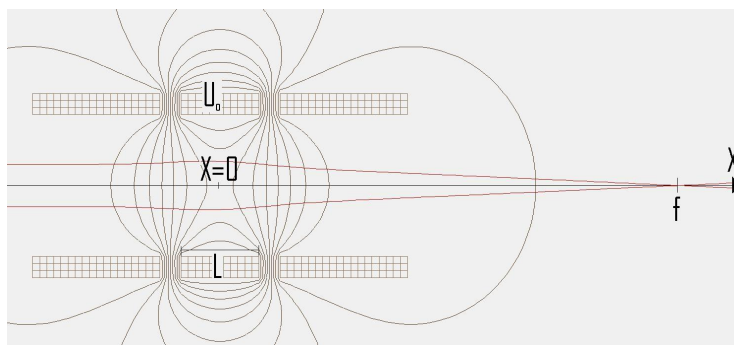
FORSØGSBESKRIVELSE

Brugen af Simion 8

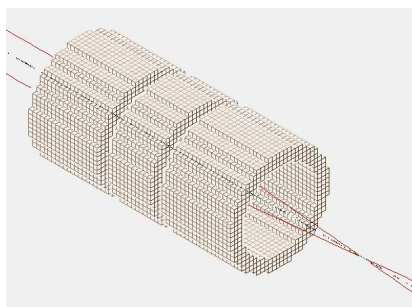
Simion 8 er et simuleringssprogram, der løser Laplaces ligning,

$$\nabla^2 U = 0, \quad (2)$$

for en given opstilling af elektroder med bestemte potentialer pålagt. Programmet åbnes og der trykkes "OK". Herefter vælges "NEW", og egenskaberne for den nye opstilling vælges. I denne øvelse arbejdes med elektrostatiske opstillinger, så magnetiske egenskaber fravælges. Ved valg af egenskaber for opstillingen vælges "MODIFY", hvorefter et vindue åbnes, hvor den ønskede elektrodekonfiguration nu kan bygges. Elektrodekonfigurationen til Einzellinsen opbygges, hvor der for hver elektrode vælges potentialet 1, 2 og 3 Volt for senere hen at ændre disse. Herefter gemmes opstillingen ved tryk på "OK", og igen ved tryk på "SAVE". Det er her vigtigt, at man vælger at angive et "#" efter filnavnet, for ellers kan Simion ikke løse (2) for opstillingen. Når filen er gemt korrekt trykkes på "REFINE" og igen på "REFINE", hvorefter Simion løser (2) for den givne konfiguration. Efterfølgende vælges "FAST ADJUST", hvor de korrekte elektrodepotentialer kan sættes, som man ønsker. Når Fast Adjust er fuldenet vælges "VIEW/LOAD WORKBENCH", og vinduet til selve simuleringen åbnes nu. Partikler tilføjes under fanebladet "PARTICLES", og disse sendes igennem opstillingen ved tryk på "FLY'M". Et billede af vores linse ses på figur 3.



Figur 2: Struktur af vores Einzellinse, hvor de forskellige parametre også fremgår.



Figur 3: Vores Einzellinse efter endt simulering i Simion 8. Fokuseringen af de to indkomne partikler ses tydeligt.

DATABEHANDLING

Fokallængde for Einzellinse

Vi har til denne øvelse fået udleveret [1], hvori (1) er udledt. Vi vil eftervise proportionaliteterne i denne ligning, og dette gøres ved at ændre parametrene U_0 og T en af gangen, for derefter at gennemføre en simulering i Simion 8. Dermed fås et datasæt med sammenhørende værdier for f , L , U_0 og T . Det bemærkes, at vores datasæt kan gøres mere overskuelig, hvis vi regner f i enheder af L og qU_0 samt T i enheden eV , for på den måde at indføre den enhedsløse variabel $\varsigma = \frac{T}{qU_0}$ samt f/L . Plottes f/L som funktion af ς og fittes en kvadratisk sammenhæng til disse datapunkter, kan der laves en sammenligning med (1), idet det antages, at de dominerende led er det kvadratiske, det lineære og det konstante. Plottet, sammen med fittet, er vist i figur 4. De fundne koefficienter er vist nedenfor.

Det fremgår af koefficienterne, at det overvejende led i (1)

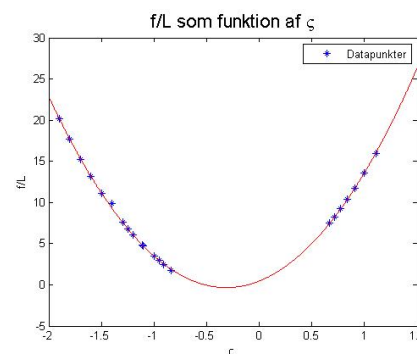
er det kvadratiske efterfulgt af det lineære. Det konstante led bidrager ikke med meget.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$a = 8.128 \pm 0.114$$

$$b = 5.058 \pm 0.097$$

$$c = 0.448 \pm 0.149$$



Figur 4: Fokallængde divideret med indre elektrodælængde som funktion af indkommen kinetisk energi over elektronladning gange pladepotential. Som det fremgår er der god overensstemmelse mellem fittet og datapunkterne.

KONKLUSION

Vi har i denne øvelse kigget på fokuseringsegenskaberne for en Einzellinse ved brug af simuleringsprogrammet Simion 8. Fokallængden er blevet undersøgt som funktion af partikelhastighed og pladepotential, og der opstod en klar sammenhæng som beskrevet i [1], hvis hovedformel også blev bekræftet.

REFERENCER

- [1] Fokallængde for Einzellinse, Erik Horsdal, februar 2008.