

γ -strålings udbredelse i luft (afstandskvadratloven)

Formål At undersøge, hvordan intensiteten af γ -stråling afhænger af afstanden fra den radioaktive kilde.

Apparatur Geiger-Müller-rør, tæller, γ -kilde (^{137}Cs , 0,66 MeV), stativ, stopur.

Teori Hvis der ikke sker absorption af strålingen, er intensiteten af γ -stråling omvendt proportional med kvadratet på afstanden fra kilden:

$$I(r) = \frac{I_0}{r^2} = I_0 \cdot r^{-2} \quad (\text{Afstandskvadratloven})$$

I øvelsen vil vi forsøge at påvise denne sammenhæng. Det gør vi ved at afbilde $I(r)$ som funktion af r på dobbeltlog-papir, eller i et diagram i et regneark, hvor begge diagrammets akser er logaritmiske. Så gælder der

$$\begin{aligned} I(r) = \frac{I_0}{r^2} &\Leftrightarrow I(r) = I_0 \cdot r^{-2} \\ &\Leftrightarrow \log(I(r)) = \log(I_0 \cdot r^{-2}) \\ &\Leftrightarrow \log(I(r)) = \log(I_0) + \log(r^{-2}) \\ &\Leftrightarrow \log(I(r)) = \log(I_0) - 2 \cdot \log(r) \end{aligned}$$

Den sidste omskrivning viser, at når man afbilder $\log(I(r))$ som funktion af $\log(r)$, så bliver grafen en ret linje, som skærer y -aksen i $\log(I_0)$, og som har hældning -2 .

Der er imidlertid en fejlmulighed i forbindelse med bestemmelsen af afstanden r (afstanden fra fronten af γ -kilden til fronten af GM-røret): γ -strålerne bliver udsendt fra et sted lidt inde i kilden, og de bliver registreret et stykke inde i GM-røret, men da vi måler afstanden fra kildens "forkant" til GM-rørets "forkant" bliver alle afstandene målt for små. For at få de rigtige afstande (dem der passer i afstandskvadratloven), skal vi korrigere alle afstande med en værdi, der svarer til summen af de to afstande i γ -kilde og GM-rør. Desværre véd vi ikke, hvor stor denne korrektion skal være.

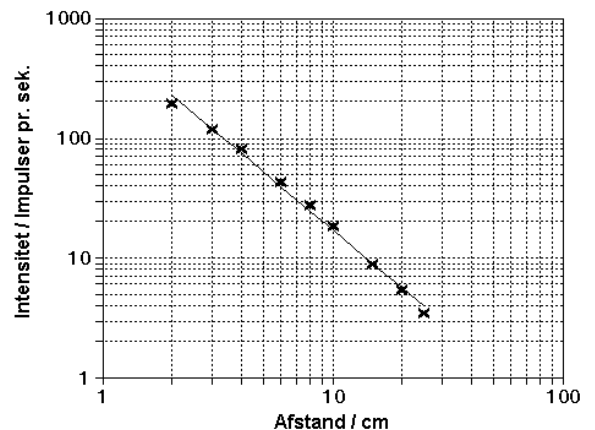
På grund af afstandskvadratloven forventer vi, at grafen (på dobbeltlog-papir) bliver en ret linje med hældningskoefficient -2 .

Punkterne på den øverste graf (uden korrektion) ligger ikke helt på en ret linje, og hældningen af den tegnede linie er $-1,61$, hvilket afviger signifikant fra -2 .

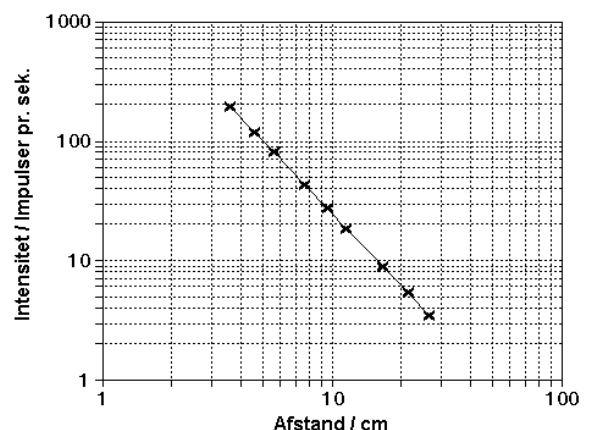
Den nederste graf er lavet ud fra de samme måledata, men alle afstande er korrigeret med afstanden $1,6$ cm.

Punkterne ligger på en ret linje med hældningskoefficient -2 .

Gammastrålings intensitet.
Ingen korrektion.



Gammastrålings intensitet.
Afstandskorrektion: 1,6 cm.

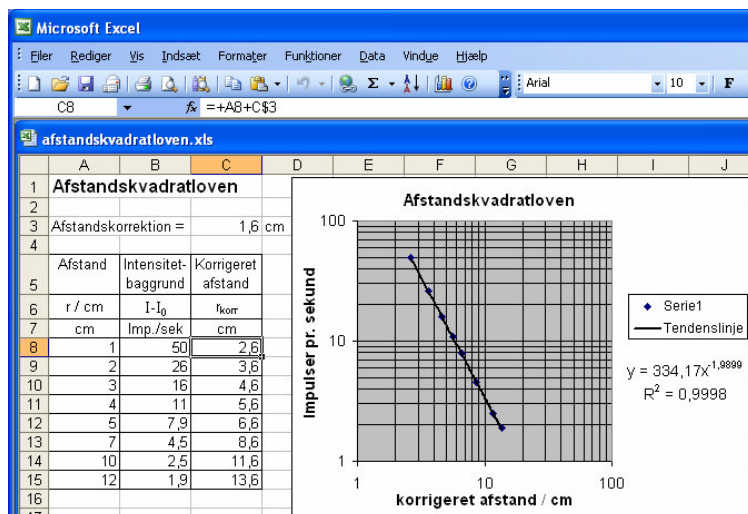


Du kan ikke på forhånd vide, om 1,6 cm er den rigtige korrektion. Du bliver nødt til at prøve med forskellige korrektionsværdier, indtil resultatet er i orden. Prøv systematisk, fx med korrektionsværdierne 1 cm og 2 cm. Hvis korrektionsværdien 1 cm er for lille, vil punkterne ligge på en bue der "krummer nedad", og hvis korrektionsværdien 2 cm er for stor vil punkterne ligge på en bue der "krummer opad". Så må den rigtige korrektionsværdi ligge et sted mellem 1 og 2 cm. Gæt på en værdi mellem 1 og 2 cm, og afprøv den. Sammenlign igen linjerne, og gæt evt. videre...

Hvis du laver diagrammet i et regneark, bør du lave 3 kolonner til de målte data: afstand r , intensitet-baggrund $I-I_0$ og korrigeret afstand r_{kor} .

Den korrigerede afstand finder du ved at lægge en fast værdi til den målte afstand, jf. indholdet af celle C8 i regnearket til højre: $C8=A8+C\$3$, hvor celle C3 indeholder afstandskorrektionen¹.

Ved at rette tallet i celle C3 og sammenligne med grafen (og forskriften for grafen) i diagrammet finder du den bedst mulige værdi for afstandskorrektionen, og du kan samtidig aflæse den tilsvarende funktionsforskrift, og dermed undersøge, om afstandskvadratloven er opfyldt.



Fremgangsmåde

- 1) Baggrundstrålingen bestemmes, mål fx 10 gange i 60 sekunder, og skriv tallene ind i et skema.
- 2) Monter γ -kilde og Geiger-Müller-rør, så der er 1 cm mellem kilde og GM-rør. Sørg for at måle så lang tid, at der registreres ca. 1000 impulser. 60 sekunder er formentlig nok ved de små afstande, men ved de større afstande må du måle i flere 60-sekunders-perioder og lægge tal og tider sammen. Skriv afstanden x (mellem fronten af γ -kilden og fronten af GM-røret), impulstal og tælle tid ind i skemaet. Lav tilsvarende målinger med større afstande mellem γ -kilden og GM-røret, fx 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20 og 25 cm. Skriv igen afstand, impulstal og tælle tid ind i skemaet.

Databehandling

- 1) Ud fra målingerne af baggrundsstråling bestemmes gennemsnitsværdien, og ud fra denne bestemmes baggrundsintensiteten I_0 som antal impulser pr. sekund.
- 2) For hver afstand har du målt impulstallet og tiden. Beregn I , intensiteten af γ -strålingen (der måles i impulser pr. sekund), og træk baggrundsstrålingen fra. Intensitet minus baggrundsstråling, $I-I_0$, indtegnes som funktion af afstanden på dobbeltlog-papir eller som diagram i regneark. Husk usikkerhedsfaner. Beregn usikkerheden som $\frac{\sqrt{N}}{t}$, kvadratroden af impulstallet, divideret med tælle tiden. Hvis punkterne ikke ligger på en ret linje, må du korrigere afstandene, sådan som det er beskrevet i teori-afsnittet, og tegne nye grafer ud fra de korrigerede afstande, indtil du kan tegne en ret linje gennem punkterne. Hvis du tegner på dobbeltlog-papir skal du bruge forskellige farver for hver korrektionsafstand. Skriv på grafen, hvilken korrektion hver enkelt farve svarer til.

Vurdering Forklar hvad forsøget har vist om γ -strålings udbredelse i luft. Kommenter også nødvendigheden af at korrigere afstandsmålingerne, og sammenlign den fundne afstandskorrektion med kildens og GM-rørets fysiske udstrækning.

Fejlkilder Der skal nok være nogle forskellige...

¹ \$-tegnet i formlen betyder, at det er værdien i celle C3, der skal trækkes fra i formlerne i alle C-cellerne fra C8 til C15

Data

Baggrundsstråling.

Impulser pr. minut

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Gennemsnitsværdi _____ impulser pr minut

$I_0 =$ _____ impulser pr sekund

Måleresultater

x / cm	1	2	3	4	5	7	10	15					
Impulstal N													
Tælle tid t / s													
I / Impulser/s													
I-I ₀ / Impulser/s													
$\frac{\sqrt{N}}{t}$ / Impulser/s													