

Øvelsesrække om radioaktivitet og elektromagnetisk stråling

Du skal i denne øvelsesrække lave eksperimentelle undersøgelser af

- 1) Absorbtion af elektromagnetisk stråling i fast stof eller væske
- 2) Afstandskvadratloven
- 3) Spektralanalyse, dvs. bestemmelse af energi eller bølgelængde for elektromagnetisk stråling

Teori

- 1) Absorbtion af elektromagnetisk stråling. Eksponentiel udvikling, $I(x)=I_0e^{-\mu \cdot x}$, hvor $I(x)$ er intensiteten af strålingen efter passage af tykkelsen x af et stof med absorptionskoefficienten μ . Se fx Orbit 2 side ...

Gælder fx absorbtion af af γ -stråling i faste stoffer eller væsker, og for absorbtion af synligt lys i glas.

- 2) 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 diagramets akser er logaritmiske.

Så gælder der

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

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 .

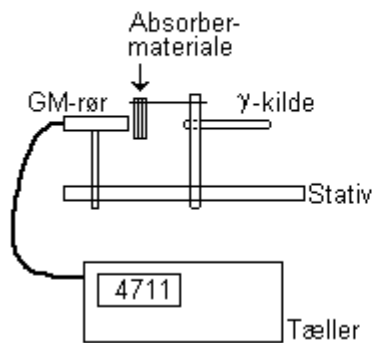
Gælder fx intensiteten af γ -stråling fra en radioaktiv kilde, eller intensiteten af lys.

- 3) Vi har apparatur til spektralanalyse af synligt lys og til analyse af γ -stråling. Ved synligt lys bestemmes bølgelængden for det lys, der udsendes fra den anvendte lyskilde, og ud fra de målte bølgelængder identificerer det/de stoffer, der er i den anvendte lyskilde. Ved analyse af γ -stråling bestemmes energien af γ -strålingen, ud fra de fundne energier identificeres ukendte γ -kilder.

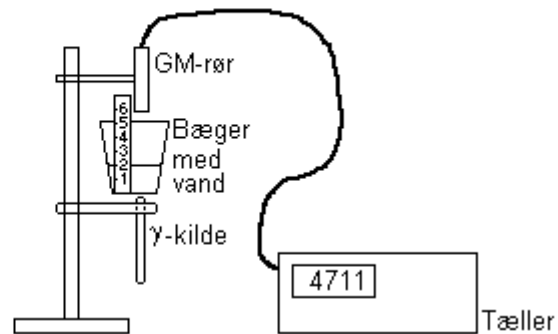
Apparatur og opstilling

- 1) GM-rør, γ -kilde, absorbermateriale og eksperimentel opstilling.

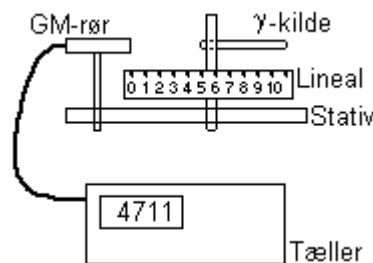
Absorbtion i fast stof



Absorbtion i væske

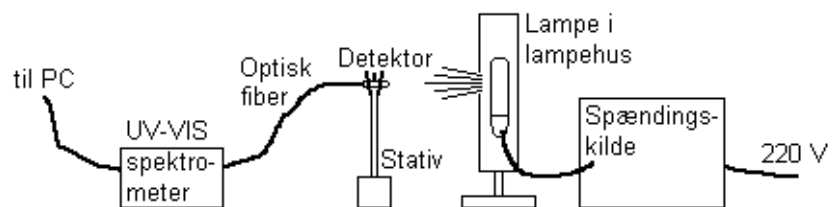


- 2) GM-rør, γ -kilde og eksperimentel opstilling.



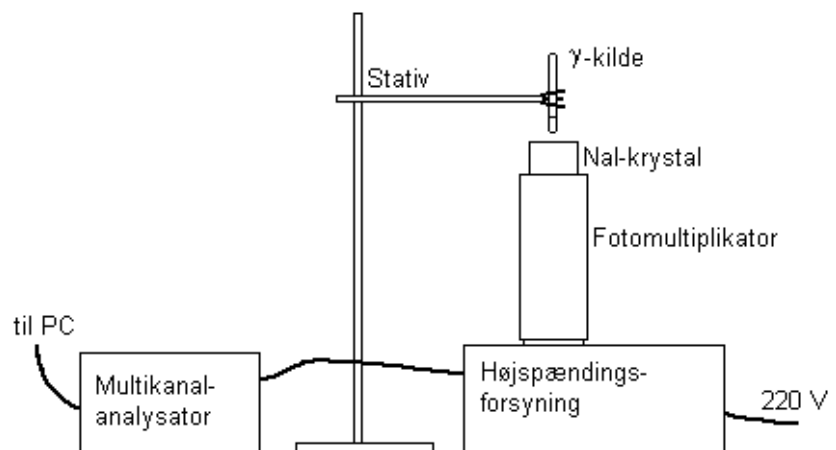
- 3) Spektrometer til UV-lys og synligt lys

Ocean Optics UV-VIS-spektrometer, med fiber-optisk detektor, stativ, lampe i lampehus, spændingskilde til lampe, PC



γ -spektrometer

Fotomultiplikator med højspændingsforsyning, γ -kilde, multikanalanalysator, PC



En fejlkilde i forbindelse med undersøgelse af afstandskvadratloven

Der er i en fejlmulighed i forbindelse med bestemmelsen af afstanden r (afstanden fra fronten af γ -kilden til fronten af GM-røret), idet γ -strålerne bliver udsendt fra et sted lidt inde i kilden, og bliver registreret et stykke inde i GM-røret, således at alle afstandene er målt for små. For at få de rigtige afstande (dem der passer i afstandskvadratloven), skal vi korrigere alle afstande med en værdi svarende 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 bliver en ret linje med hældningskoefficient -2 .

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

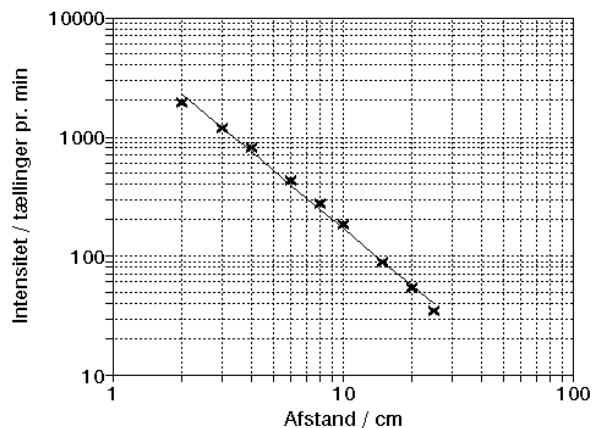
Den nederste graf er lavet ud fra de samme måledata, men alle afstande er korrigeret med afstanden $1,6$ cm.

Punkterne ligger på en ret linje med hældningskoefficient -2 .

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, og afprøv den. Sammenlign igen linjerne, og gæt evt. videre...

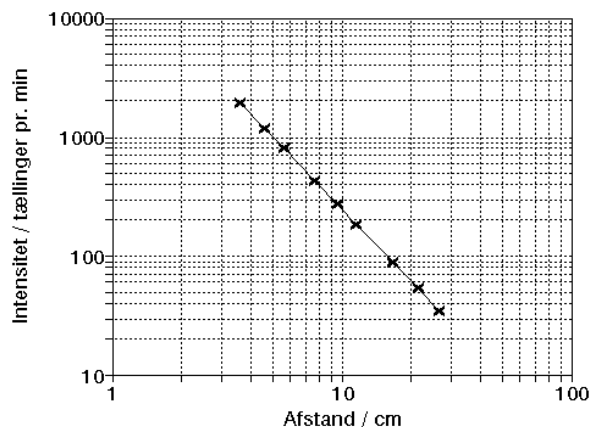
Gammastrålings intensitet.

Ingen korrektion.



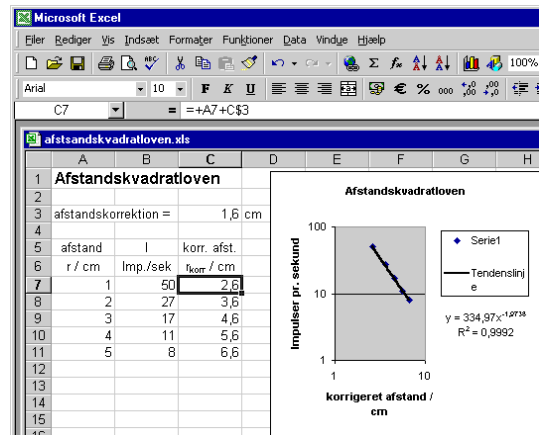
Gammastrålings intensitet.

Afstandskorrektion: $1,6$ cm.



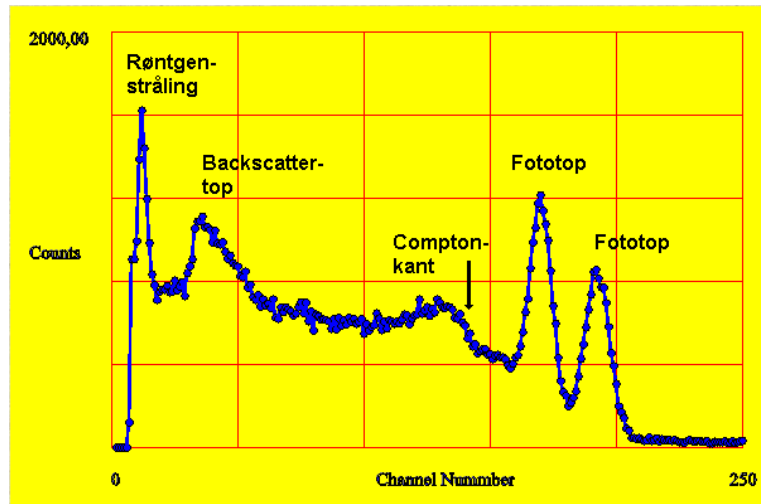
Hvis du laver diagrammet i et regneark, bør du lave 3 kolonner til de målte data: afstand r , Intensiteten I og korrigeret afstand. Den korrigerede afstand finder du så ved at lægge en fast værdi til den målte afstand, jf. indholdet af celle C7 i regnearket her: $C7=B7+C\$3$, hvor celle C3 indeholder afstandskorrekturen.

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



Om af g-spektre

Til højre ses γ -spektret fra ^{60}Co . De toppe og "kanter" der er afmærket, vil typisk forekomme i ses γ -spektre. Der er to fototoppe, fordi fra ^{60}Co udsender γ -stråling med to forskellige energier, 1,17MeV og 1,33MeV. Røntgenstrålingen stammer fra det bly, der omgiver detektoren. Energien af Røntgenstrålingen kendes. Man kan (ud fra de to γ -energier) beregne, hvor Comptonkant og backscattertop skal ligge, men de beregninger springer vi over.



Ud fra kanalnumrene (på x-aksen) og fototoppens energier kan man lave en kalibreringskurve, så man kan omregne fra kanalnummer til energi. Når man optager andre spektre, hvor man ikke kender fototoppens energier, kan man så bruge kalibreringskurven til bestemmelse af fototoppens energier, og på den måde identificere ukendte stoffer.

Det er det, øvelsen går ud på.

Du kan lave forsøgene med OKs γ -spektrometer og de kilder, som vi har til rådighed, men du kan også lave forsøget hjemmefra, fordi University of Tennessee har lavet en måleopstilling, der kan bruges via internettet. Se <http://electron5.phys.utk.edu/gamma/>