

## Vejledning til Comptonspredning, sæt

11.08.14

5190.00 AA



### Comptoneffekten

Med dette udstyr undersøges energiforholdene ved Comptonspredning af gammastråling. Gammakvanter (fotoner) kan miste energi ved sammenstød med løst bundne elektroner. De spredte kvanters resterende energi afhænger bl.a. af hvor stor en retningsændring, de udsættes for.

Formlen, som beskriver sammenhængen, gengives til sidst i vejledningen.

### Beskrivelse

Sættet består af en central holder med en bly-absorber, som forhindrer direkte stråling fra kilden i at nå detektoren. Holderen har en platform med stilleskruer, som bærer to aluminiumsskaller. Disse skaller er udformet således, at gammakvanter, som spredes i retning af detektoren, alle har næsten samme spredningsvinkel. Der er ikke tale om nogen fokusering, men om at kvanter, som er spredt i andre vinkler, rammer ved siden af detektoren. De to sæt skaller giver en spredningsvinkel  $\theta$  på ca.  $60^\circ$  hhv.  $90^\circ$ .

Udstyret udnytter en velkendt geometrisk læresætning om cirkelns center- og periferivinkler.

Anvendt på dette udstyr siger sætningen, at hvis kilde og detektor placeres som to punkter K og D på en cirkel, så vil alle punkter på cirkelbuen imellem dem "se" den samme vinkel fra K til D. Roteret cirkelbuen omkring en akse gennem K og D, dannes en uendeligt tynd version af skallerne i sættet.

For ikke at få uendeligt små tælleletal gøres skallerne lidt tykkere – prisen for dette bliver en dårligere bestemmelse af vinklen.

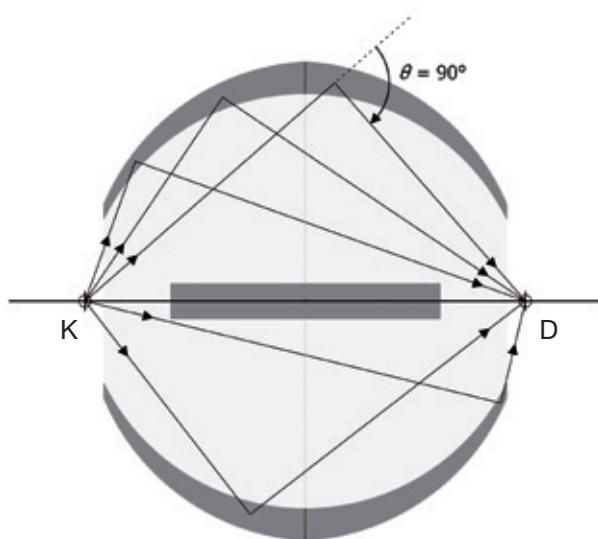
Ud over dette sæt (5190.00) kræves følgende apparatur:

- 5180.00 Multikanalanalysator
- 5185.00 Scintillationsdetektor
- 5141.80 Kildeholder til opstillingsbænk, simpel
- 5141.02 Skinne til opstillingsbænk, 40 cm
- 2946.10 Rytter (2 stk.)
- 5100.30 Gammakilde (Cs-137)

Forbindelsen til detektoren må ikke ændres, når multikanalanalysatoren er tændt:

Tilslut **først** detektoren og sæt **derefter** USB-kablet i PC'en.

Når du er færdig, skal du **først** afbryde USB-forbindelsen, **derefter** afmonteres kablerne til detektoren.



## Forudsætninger

Denne vejledning til udstyret til Comptonspredning vil af hensyn til overskueligheden ikke beskrive anvendelsen af programmet GaSp på "klik-for-klik-niveau".

Vejledningen til multikanalanalysatoren bør være til rådighed under arbejdet!

En top fittes i GaSp ved at oprette en ROI (Region Of Interest). Kalibrering foregår i panelet af samme navn. Begge dele er udførligt beskrevet i vejledningen.

## UDFØRELSE

### 1 – Kalibrering

For at energikalibrere udstyret, er det en fordel at have kilder med gammaenergier i det område, som skal undersøges. Med en Cs-137 kilde får man yderpunkterne dækket ind: 662 keV (gamma) og 32 keV (røntgen). Hvis man råder over en radioaktiv mineralprøve, er der en god chance for at kunne bruge tre tydelige toppe fra Pb-214 ved henholdsvis 242, 295 og 352 keV samt en Bi-214 top ved 609 keV.

Anbring Cs-137 kilden tæt på detektoren og indstil detektorparametrene, så spektret fylder tilstrækkeligt på x-aksen, men så der er god plads til hele spektret.

Lad dataopsamlingen køre, indtil der er tilstrækkelig statistik til en præcis bestemmelse af fototoppens placering. Brug programmets fitte-facilitet og noter kanalnummeret.

Gentag for de øvrige energier, der skal benyttes. De opnåede data bruges i panelet *Kalibrering*.

Kalibreringen kan gemmes i en fil.

NB! Sørg for **ikke** at ændre på hardware-parametrene i resten af eksperimentet!

### 2 – Opstilling

Skruerne til fastspænding af kildeholder og ryttere skal vende til samme side.

Justér bly-absorberens og detektorens højde, så de passer til kildens højde over skinnen. Absorbereren skal være omhyggeligt linet op, så den er parallel med skinnens længderetning.

I længderetningen gælder følgende mål:

Selve det radioaktive stof i gammakilden er placeret, så der er ca. 3,5 mm ud til fronten af kildeholderen, når kilden er skruet helt i.

Der er ca. 1 mm fra forsiden af detektorhuset til overfladen af Csl-krystallen i detektoren. Krystallen er i sig selv 15 mm lang, så fra forsiden til krystallens midte er der 8,5 mm.

Afstanden fra opstillingens centrum til periferipunkterne (placeringen af hhv. kilde og detektor) er for 90° spredning 36,7 mm og for 60° spredning er den 62,7 mm.

Målebåndet på skinnen kan være en god hjælp! Der er en centermarkering på rytterne, mens man for kildeholderens vedkommende må gå efter bundpladens forkant.

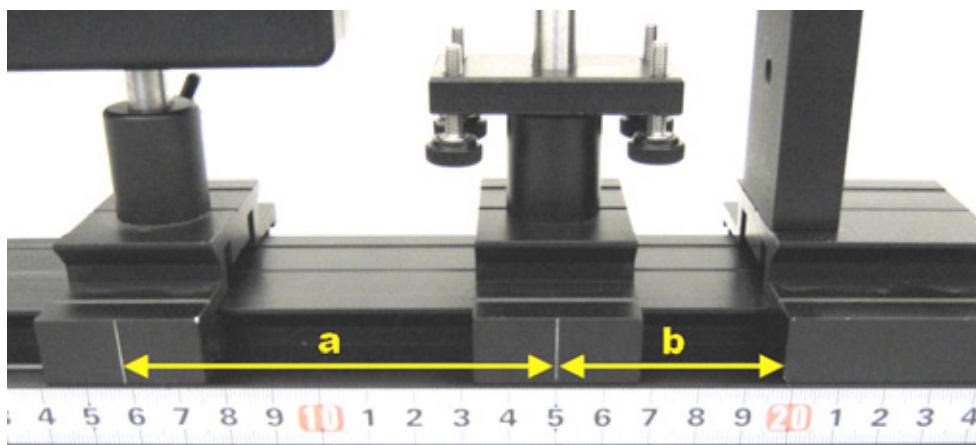
I praksis kan man regne med disse afstande:

	(a)	(b)
Vinkel	Fra rytter, center til rytter, detektor	Fra rytter, center til forkant, kildeholder
90°	91 mm	48,5 mm
60°	117 mm	74,5 mm

I hvert fald for 90° må man flytte kilde og detektor lidt væk, når skallerne skal monteres og fjernes. Hvis alle positioner noteres ned, er det let at vende tilbage til de korrekte betingelser.

Stilleskruerne skal justeres, så skallernes kanter står lodrette og passer sammen over for hinanden. Vurdér ud fra de runde dele af kildeholderen og detektoren, hvornår de runde huller i skallerne er koncentriske med disse. (Indstillingen er forskellig for de to sæt skaller – gør arbejdet færdigt med én spredningsvinkel, før du starter på den anden.)

Se også side 4.



### 3 – Referencespektrum

Når stilleskruerne er justeret, fjernes skallerne, og opstillingen er klar til at optage et referencespektrum. Dette spektrum stammer ikke kun fra baggrundstrålingen, men omfatter også masser af stråling fra kilden som er Comptonspredt fra bordpladen m.v. – samt en anelse, som gennemtrænger bly-absorbereren.

Referencespektret skal indlæses i programmet som baggrundsspektrum, så vi får mulighed for at trække det fra det spektrum, vi senere opsamler med skallerne monteret. Usikkerhederne på tællertallene i referencespektret slår direkte igennem i resultatet, så der skal måles over lige så lang tid, som man vil bruge på det "egentlige" spektrum. Med en rimeligt frisk Cs-137 kilde vil 10 minutter typisk være nok til at programmet kan fitte fototoppen præcist.

Referencespektret afhænger af opstillingens geometri. Når du senere ændrer på opstillingen for at måle på den anden spredningsvinkel, skal der laves et nyt referencespektrum.

Navngiv filerne med referencespektre, så du kan kende forskel!

### 4 – Spektret for den Comptonspredte stråling

Placer nu skallerne på centerholderen igen. Det kan være nødvendigt at flytte kilde og detektor lidt imens; sørg for, at de kommer tilbage på præcis samme position.

Optag spektret over ca. lige så lang tid, som blev brugt på referencespektret. Det bruttospektrum, som nu opsamles, viser den Comptonspredte stråling samt nogenlunde de samme bidrag fra baggrund og spredte kvanter fra bordpladen, som findes i referencespektret. (Dog vil den stråling, som reflekteres i skallerne, ikke længere ramme bordet.)

Referencespektret angives som baggrundsspektrum i programmet. Det ønskede differensspektrum kan da iagttages undervejs. Programmet korrigerer for forskelle i måletiden.

Gem spektret som et *spektrum-eksperiment*. Derved opnås, at filen rummer både bruttospektret og referencespektret (som baggrundsspektrum).

### Teori

Compton opdagede oprindeligt, at bølgelængden af røntgenstråling, som spredes på løstsiddende elektroner, ændres med en størrelse, som kun afhænger af spredningsvinklen. I forbindelse med gammastråling er det mere naturligt at arbejde med energi end med bølgelængde. Resultatet kan formuleres således:

$$E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{m_0 \cdot c^2} \cdot (1 - \cos \theta)}$$

Her er  $E'$  energien af det spredte gammakvant,  $E$  er energien af det oprindelige gammakvant,  $\theta$  er spredningsvinklen,  $m_0$  er elektronens hvilemasse, og  $c$  er lysets hastighed.

Ovenstående formel udledes ud fra energi- og impulsbevarelse i relativistisk formulering.

### Reklamationsret

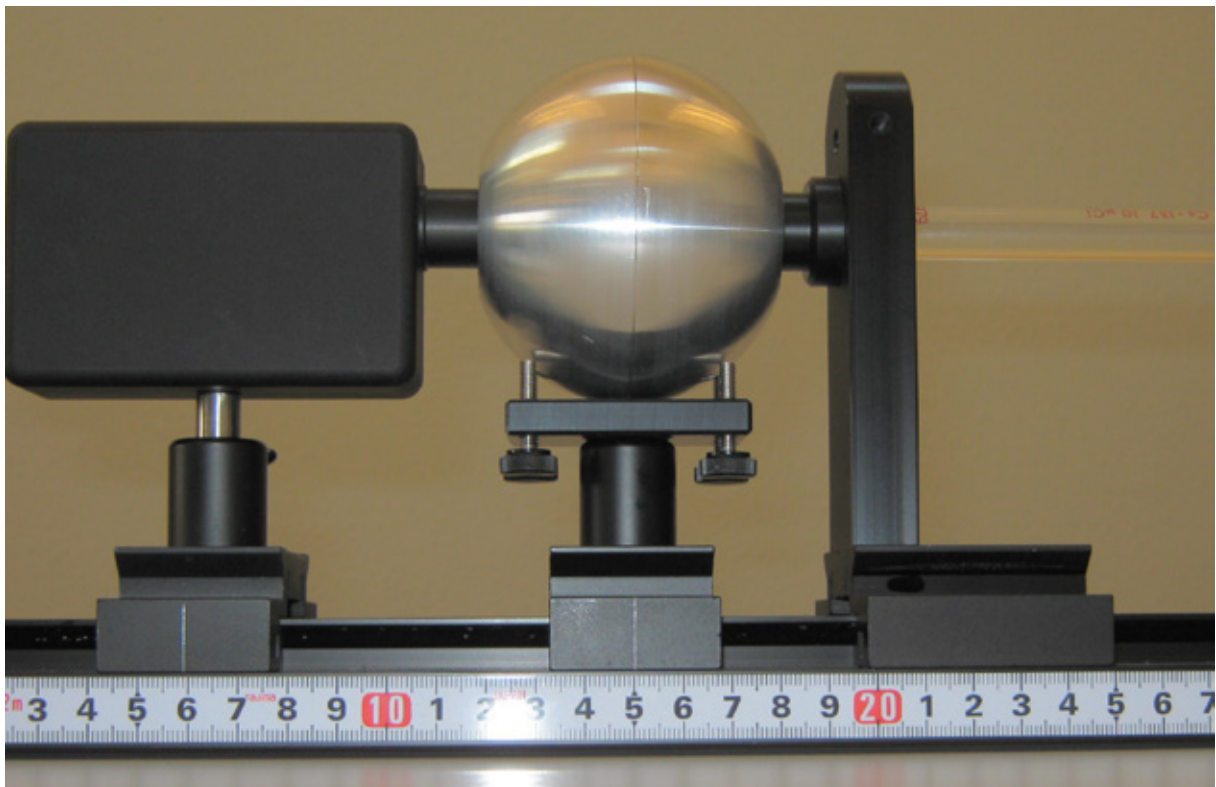
*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

*Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.*

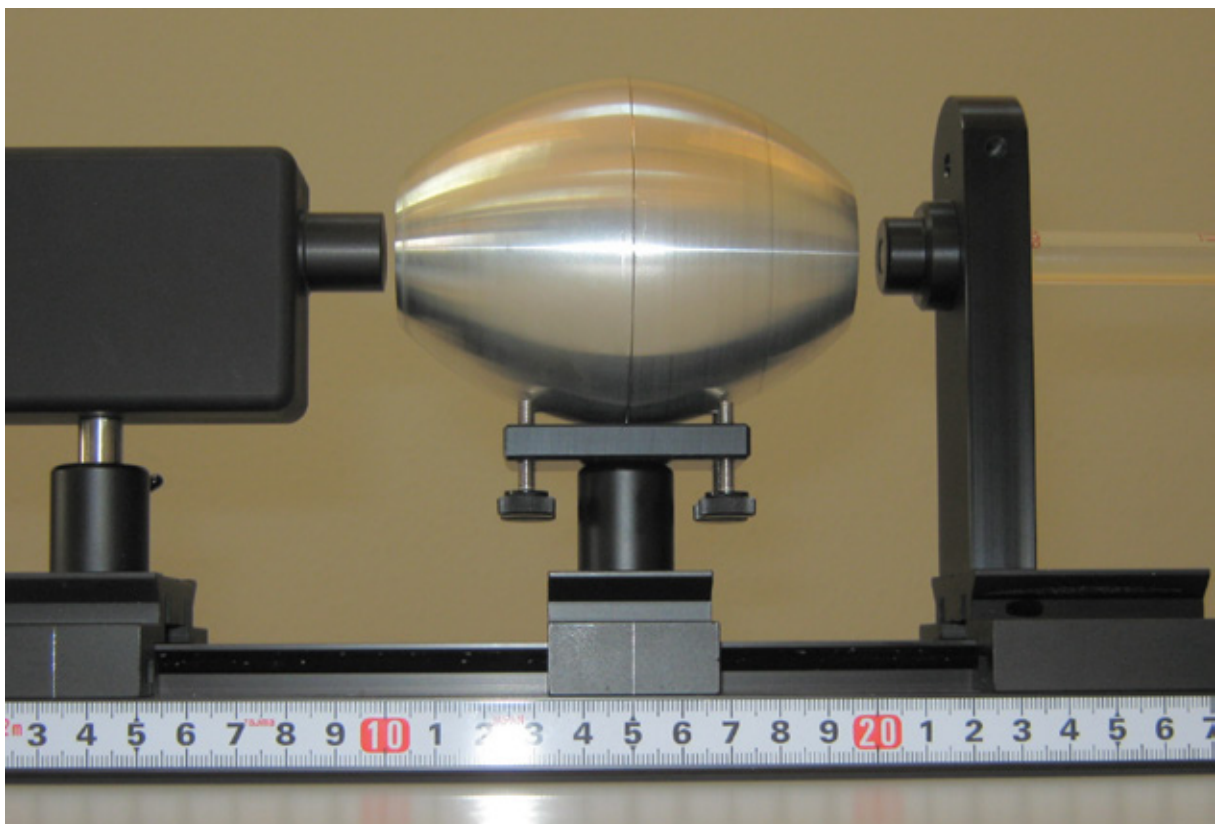
*Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.*

© A/S Søren Frederiksen, Ølgod

*Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.*



Færdig opstilling for 90°



Færdig opstilling for 60°