

Nummer	138850	Emne	Kernefysik, relativistisk mekanik		
Version	2017.02.21 / HS	Type	Elevforsøg	Foreslås til	gymA p. 1/4



Formål

Påvisning af gammakvanters energitab ved Comptonspredning.
Eftervisning af det teoretiske udtryk for de spredte gammakvanters energi.

Princip

Udstyret giver mulighed for at undersøge Comptonspredning ved to vinkler: 60° og 90° . For hver vinkel anvendes et sæt aluminiumsskaller, hvis geometri sikrer, at kun gammakvanter, som er spredt i netop den ønskede vinkel, rammer detektoren.

Størsteparten af den direkte stråling absorberes af en blyabsorber, som placeres direkte mellem kilde og detektor.

Energien af gammakvanterne bestemmes med en lille scintillationsdetektor og tilhørende multikanalanalysator.

Apparatur

(Se komplet apparaturliste på sidste side)

519000 Comptonspredning, sæt

Gammakilde (Cs-137)

Stativmateriale (som vist)

Scintillationsdetektor, multikanalanalysator

(Nedenstående beskrivelse af eksperimentets udførelse forudsætter et basalt kendskab til betjeningen af multikanalen og den tilhørende software!)

Husk følgende regel:



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

Tilslut **først** begge kabler til detektoren og sæt **derefter** USB-kablet i.

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

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.

Efter kalibrering kan denne 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 CsI-krystallen i detektoren. Krystallen er i sig selv 15 mm lang, så fra forsiden til krystallens midte er der 8,5 mm.

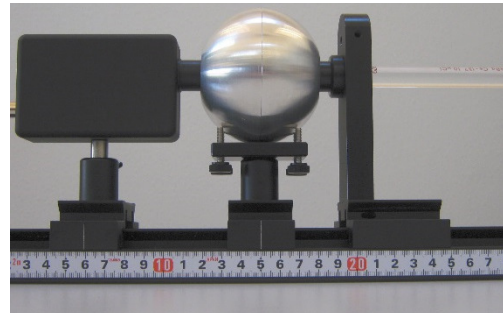
Afstanden fra opstillingens centrum til periferipunkterne (placeringen af hhv. kilde og detektor) er for 90° spredning 36,7 mm og for 60° spredning er den 62,7 mm.

Målebåndet på skinnen kan være en god hjælp! Der er

en centermarkering på rytterne, mens man for kildeholderens vedkommende må gå efter bundpladens forkant – se figureerne.

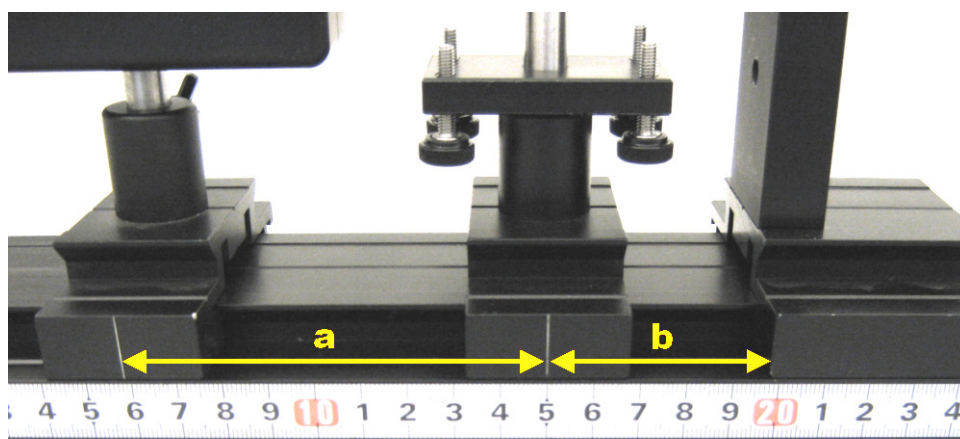
I praksis kan man regne med disse afstande:

Vinkel	(a) Fra rytter, center til rytter, detektor	(b) 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 skallerne står lodrette og passer sammen over for hinanden. Vurder 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.)



3 – Referencespektrum

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

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

Placér 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.)

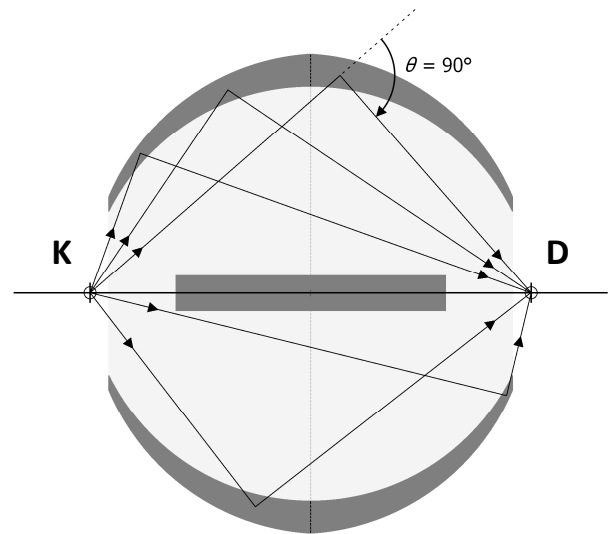
Referencespektret angives som baggrundsspektrum i programmet. Det ønskede differensspektrum kan da iagttages undervejs. Programmet korrigerer automatisk for forskelle i måletiden.

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

Teori

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.

Roterer cirkelbuen omkring en akse gennem K og D, dannes en uendeligt tynd version af skallerne i sættet. For ikke at få uendeligt små tælletal gøres skallerne lidt tykkere – prisen for dette bliver en lidt dårligere bestemmelse af vinklen.



Figuren viser situationen for vinklen 90° . (For denne vinkel ligger K og D på en diameter.)

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, θ er spredningsvinklen, m_0 er elektronens hvilemasse, og c er lysets hastighed.

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

Beregninger

Ud fra en tabelværdi for gammaenergien fra en Cs-137-kilde skal energien af de spredte kvanter beregnes for begge spredningsvinkler.

Diskussion og evaluering

Sammenlign teoretiske og målte værdier for de energier af de spredte gammakvanter.

Vurder, om den måleusikkerhed, som programmet rapporterer ved fitting af toppene, kan forklare eventuelle afvigelser.

Noter til læreren

Benyttede begreber

Comptonspredning
Evt. relativistisk mekanik

Om apparaturet

Manualen til multikanalanalysatoren og den tilhørende software bør være tilgængelig.

Bemærk venligst, at den kildeholder, som medfølger opstillingsbænken 514100 ikke kan anvendes i denne opstilling.

Didaktiske overvejelser

Den grundlæggende betjening af multikanalanalysatoren dækkes ikke af denne vejledning. Hvis eleverne ikke er kendt med apparaturet, er en introduktion nødvendig, inden øvelsen sættes i gang.

Overvej Frederiksens eksperiment
138810 "Gammasppektraskopi, Cs-137-kilden"
som giver en sådan introduktion.

Hvis apparaturet står klart og er kalibreret på forhånd – og eleverne kender softwaren – *kan* øvelsen gennemføres på 45 minutter. Mindst den dobbelte tid er klart anbefalelsesværdigt. Der skal som nævnt i hvert fald bruges 10 minutter pr. spektrum, hvis kilden er en nogenlunde frisk 370 kBq Cs-137-kilde.

Om software

Det er helt afgørende, at softwaren **på forhånd** er på plads på den PC, der skal bruges. Ellers risikerer man at spilde dyrebar undervisningstid på installationen.

Selve programmet giver næppe problemer, men usb-driveren kræver (i nyere Windows-versioner), at man nøje følger den procedure, som beskrives i den medfølgende Quick-start Guide (version 1.25 fra november 2015 – eller nyere).

Denne vejledning er ikke tænkt som en erstatning for programmets manual, som bør være tilgængelig.

NB: Det anbefales kraftigt, at man tilmelder sig vores mailingliste for programopdateringer.
Skriv til: info@frederiksen.eu

Detaljeret apparaturliste

518000 Multikanalanalysator
518500 Scintillationsdetektor til 518000
519000 Comptonspredning, sæt

Stativmateriale mv. : *)

514102 Skinne til opstillingsbænk, 40 cm
514180 Kildeholder til opstillingsbænk, simpel
294610 Rytter med et Ø10mm hul (2 stk.)

510030 Gammakilde **)

PC med programmet GaSp **og tilhørende USB-driver**

*) Skinnen og én af rytterne er indeholdt i 514100 Opstillingsbænk, som også er anvendelig i andre kernefysiske eksperimenter. Det er da nødvendigt at supplere med yderligere én rytter samt den specielle variant af kildeholderen (514180).

**) Gammakilden er indeholdt i 510000 Risø-kilder, komplet sæt.

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 fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt.

Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

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