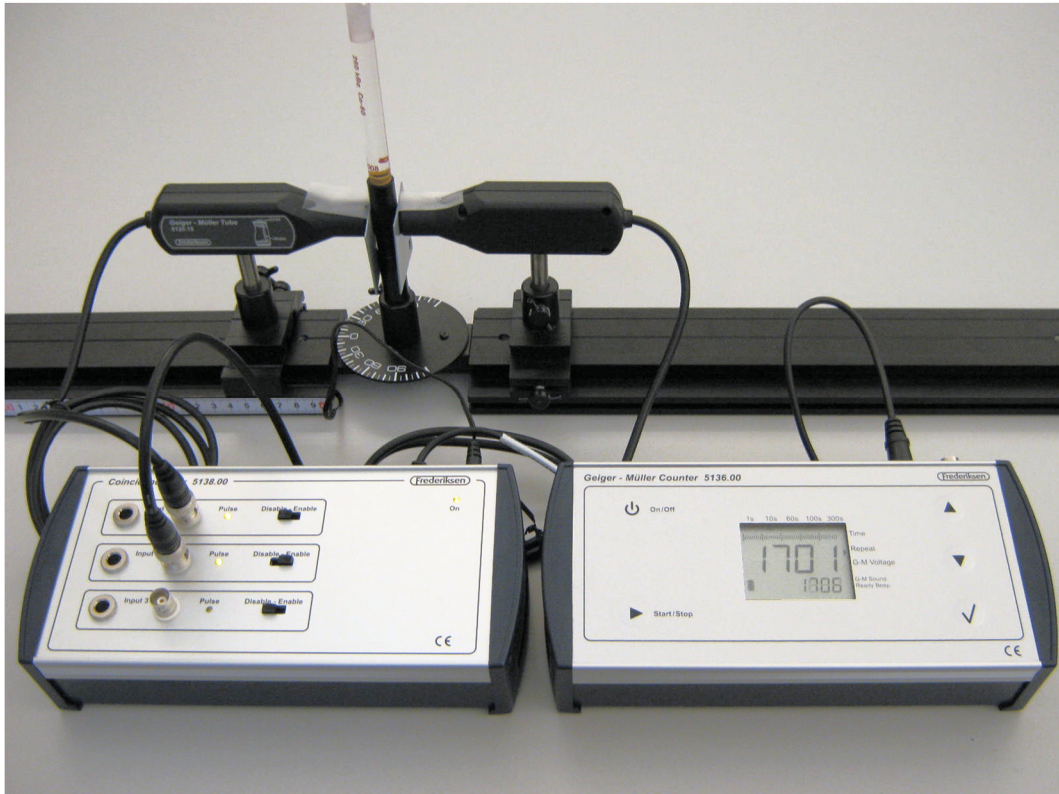


Nummer	138710	Emne	Radioaktivitet		
Version	2017-08-28 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymA p. 1/4



Formål

Det demonstreres, at der udsendes to gammakvanter samtidigt, når Co-60 henfalder.

Princip

Der måles med to GM-rør tilsluttet en koincidensboks. Rørene placeres på hver sin side af kilden. Man vil opdage, at strålingen fra Co-60 rammer begge rør i koincidens – dvs. samtidigt – langt hyppigere, end hvad tilfældigheder kan forklare.

Som kontrol måles på Cs-137, som ikke udsender mere end et gammakvant pr. henfald.

Apparatur

(Se sidste side for en detaljeret liste)

Kilder: Co-60 og Cs-137

To GM-rør

Koincidensboks

Tæller (Evt. dataopsamlingsudstyr)

Stativmateriale

Udførelse

De to detektorer tilsluttes indgang 1 og 2 på koincidensboksen. Lad indgang 1 være *Enabled* og indgang 2 være *Disabled*. Den ubenyttede indgang 3 skal under hele eksperimentet være *Disabled*. Udgangen fra koincidensboksen tilsluttes tælleren, som indstilles til at tælle i 10 sekunders intervaller. Hvis der måles mindre end 1500 tællinger pr. 10 sekunder, kan tælleren evt. sættes til at måle i 60 sekunders intervaller.

For at undgå at registrere spredt stråling, forsynes GM-rørene begge med en tynd absorberplade af bly. Pladen fastholdes med en strimmel tape. Kilden monteres symmetrisk mellem de to GM-rør i holder 514195. Afstanden mellem kilden og rørene gøres så lille som muligt.

Når målingerne er påbegyndt, må der ikke længere ændres på geometrien. De elektriske forbindelser må heller ikke ændres.

Stikkene skal forblive i apparaterne.

Mål tællertallet på indgang 1 i 5 minutter sammenlagt (notér samtlige tællertal – og notér tid pr. måling). Gentag for indgang 2 – dvs. lad indgang 1 være *Disabled* og indgang 2 være *Enabled*.

For at bestemme tællertallet i koincidens sættes både indgang 1 og 2 til *Enabled*.

Tællehastigheden er *væsentligt* lavere end før (typisk 2-3 tællinger pr. 100 s). Tælleren kan derfor sættes til at måle i længere tidsintervaller – husk at notere den nye tid.

Mål koincidenstællertallene så længe som praktisk muligt – en time vil være passende.

Kontrolmåling

Som en kontrol af teorien bør man foretage et eksperiment, hvor der *ikke* forventes korrelerede gammakvanter. Der kan f.eks. anvendes en Cs-137 kilde, som kun udsender ét gammakvant pr. henfald. Udførelsen sker som for den oprindelige måling.

Gammastrålingen fra denne kilde har lavere energi end fra Co-60 kilden, og GM-rørets effektivitet er mindre. Der må forventes noget lavere tællertal end for Co-60. Det kræver med andre ord længere tid at udføre kontroleksperimentet end målingen på Co-60, hvis den samme præcision ønskes.

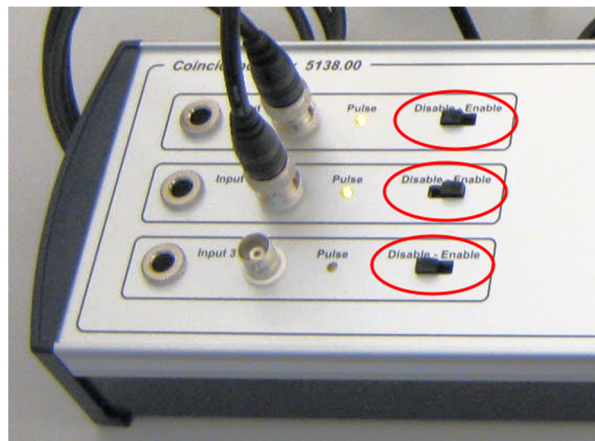
Anvendelse af PC (valgfrit)

Til registrering af tællertallene kan man sammen med geigertælleren 513600 (eller den tidligere model 513535) anvende programmet Datalyse, som gratis kan hentes på <http://datalyse.dk>

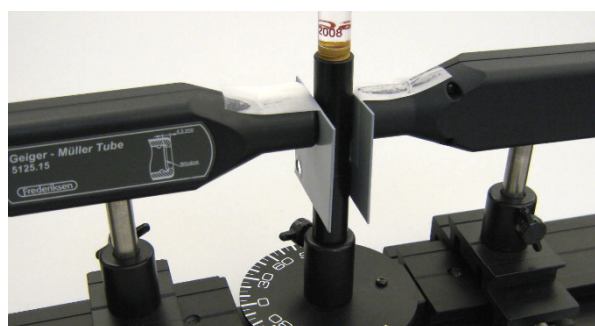
Det kræver et specielt kabel (afh. af modellen), som anskaffes som tilbehør.

I Datalyse vælges den aktuelle tæller og der vælges "Halveringstid" som eksperimenttype.

Impulserne fra koincidensboksens udgang kan også tælles op ved hjælp af universelt dataopsamlingsudstyr; jackstikket passer direkte i Pascos digital-interface PS-2159.



(Se tekst)



Absorbere foran GM-rørene.

Teori

Som det fremgår af henfaldsskemaet, efterfølges hvert betahenfald af Co-60 indenfor ca. 1 picosekund af en kaskade af to gammakvanter med energierne 1,17 MeV og 1,33 MeV. Dette er mange gange hurtigere, end vores udstyr kan skelne, og vi kan derfor betragte gammakvanterne som udsendt eksakt samtidigt.

Ved benyttelse af almindelige GM-rør kan vi ikke skelne mellem kvanterne ud fra deres energi, så for at påvise eksistensen af kaskaden, må vi gå efter samtidigheden.

Eksperimentelt bestemmes denne med to GM-rør samt en koincidensboks med et tids-vindue τ . Hvis afstanden mellem to begivenheder er mindre end τ , registreres de som samtidige. For Frederiksens koincidensboks (513800) er $\tau = 1,00 \mu\text{s}$.

At vi registrerer to begivenheder som samtidige, garanterer dog ikke, at de faktisk har noget med hinanden at gøre – det kunne jo være gammakvanter fra to forskellige henfald, som tilfældigt ramte hver sin detektor indenfor tidsrummet τ . Heldigvis er det simpelt at beregne hyppigheden af sådanne *tilfældige koincidenser*:

Kald tællehastigheden for de to detektorer for hhv. r_1 og r_2 . Tællehastigheden for tilfældige koincidenser r_{RND} er da givet ved udtrykket

$$r_{RND} = 2 \cdot \tau \cdot r_1 \cdot r_2$$

NB: Det er vigtigt at regne med *tællehastigheder* (dvs. tællinger pr. sekund) og ikke med tælleletal.

Databehandling

Følgende skal udføres for hver af de to måleserier (Co-60 og Cs-137):

Ud fra de tre måleserier bestemmes de gennemsnitlige tællehastighederne r_1 , r_2 og r_{12} for hhv. de to detektorer hver for sig og i koincidens.

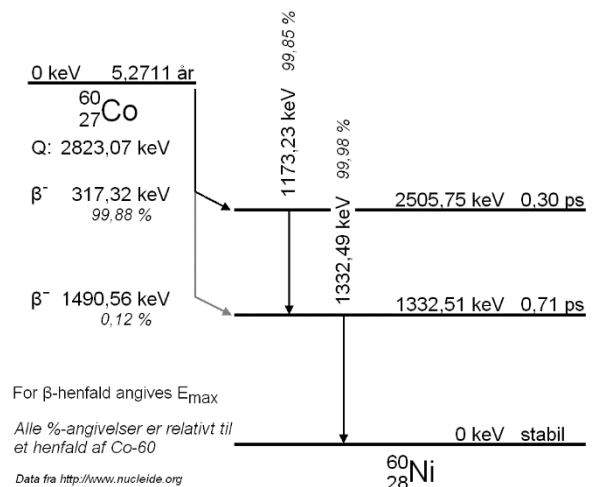
Beregn tællehastigheden for tilfældige koincidenser og derudfra tællehastigheden af reelle koincidenser.

Diskussion og evaluering

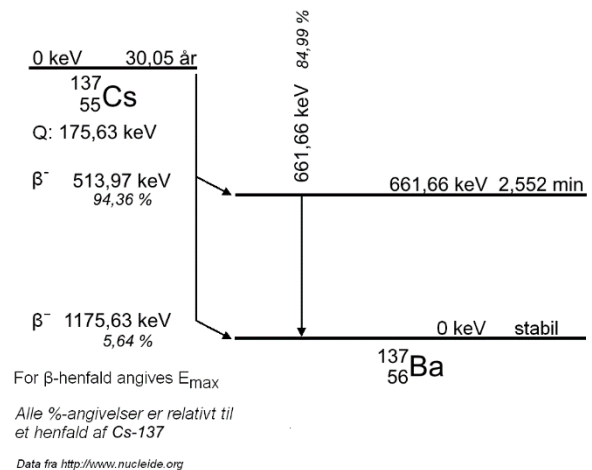
Præsenter de opnåede resultater og gør rede for, om målingerne for de to kilder repræsenterer markant forskellige opførsler.

Dersom koincidenstællehastigheden for Cs-137 afviger signifikant fra 0: Prøv at finde en fysik årsag til dette.

Co-60



Cs-137



Noter til læreren

Tællehastigheder

Tællehastigheden af koincidenser kan virke overraskende lav.

Årsagen er bl.a. den lave følsomhed af GM-rør overfor gammastråling. Antag for eksemplets skyld en effektivitet på 2 %. Da bliver effektiviteten for tællinger med to rør i koincidens $0,02^2 = 0,0004$ eller 0,04 %. Detektorernes rumvinkel indgår også i anden potens, idet de to gammakvanter kun er svagt rumligt korrelerede (i modsætning til f.eks. kvanterne fra positronannihilation).

Anvendelse af absorbere

De to GM-rør forsynes som nævnt med 1 mm Pb-absorberplader. De mindsker koincidenser med røntgen, comptonspredt stråling mv. Uden Pb-absorbere kan antallet af sådanne (ægte) koincidenser fra Cs-137 være op til en fjerdedel af de registrerede koincidenser.

Usikkerhedsvurdering

Især i kontroleksperimentet med Cs-137 bør man have en ide om måleusikkerheden. Et eksperiment, hvor det forventede resultatet er nul, vil ellers være vanskeligt at vurdere.

Koincidensvinduet

Koincidensboksen er fabriksjusteret, så $\tau = 1 \mu\text{s} \pm 3 \%$. Hvis denne nøjagtighed ikke er tilstrækkelig, må man selv bestemme værdien ved at anvende formelen for tilfældige koincidenser. For at sikre, at der virkelig måles på tilfældige koincidenser, anvender man to kilder – og stor afstand mellem de to GM-rør.

Baggrundsstråling

De tilfældige koincidenser forekommer helt uafhængigt af strålingens oprindelse – baggrundsstrålingen bidrager på lige fod med strålingen fra kilderne. Der skal derfor ikke korrigeres for denne i formelen for r_{RND} .

(Med kilderne så tæt på som i disse eksperimenter, kan korrektionen til tællertallene i øvrigt negligeres.)

I koincidens vil der optræde ganske få tilfælde, hvor en partikel fra baggrundsstrålingen eller en partikelbyge fra den kosmiske stråling rammer begge rør. Vi har eksempelvis målt 3 koincidenser på en time uden kilder.

Hvis man ønsker at korrigere for denne effekt – og hvis det skal være statistisk set meningsfyldt – skal der måles i ganske lang tid. I praksis kan man lade en PC samle koincidensdata for et døgn.

Hvis større rør anvendes, vil følsomheden for baggrunds-koincidenser vokse.

Regneark

Der ligger et regneark til databehandling og usikkerhedsvurdering på www.frederiksen.eu. Søg på varenummer 513800.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

510035	Co-60 kilde
510030	Cs-137 kilde
512515 (2)	GM-rør på stang, BNC-stik (andre OK, men to ens rør skal anvendes)
513800	Koincidensboks
513610	Geigertæller (el. 513600, alle tællere, som accepterer 6 mm Jack-stik, kan anvendes.)
512565	USB kommunikationsadapter for 513600 (hvis PC skal bruges)
514010 (2)	Pb-absorbere, ca. 1mm (f.eks. fra 514006, 514100 eller 514005)

Stativmateriale mv. – f.eks. følgende, som anvendes i flere andre eksperimenter med koincidensboksen:

294650	Drejeled for optisk bænk
514195	Kildeholder for drejeled
514102 (2)	Skinne til opstillingsbænk, 40 cm

Diverse forbrugstoffer

Tape til fiksering af absorberplader

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.

© 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