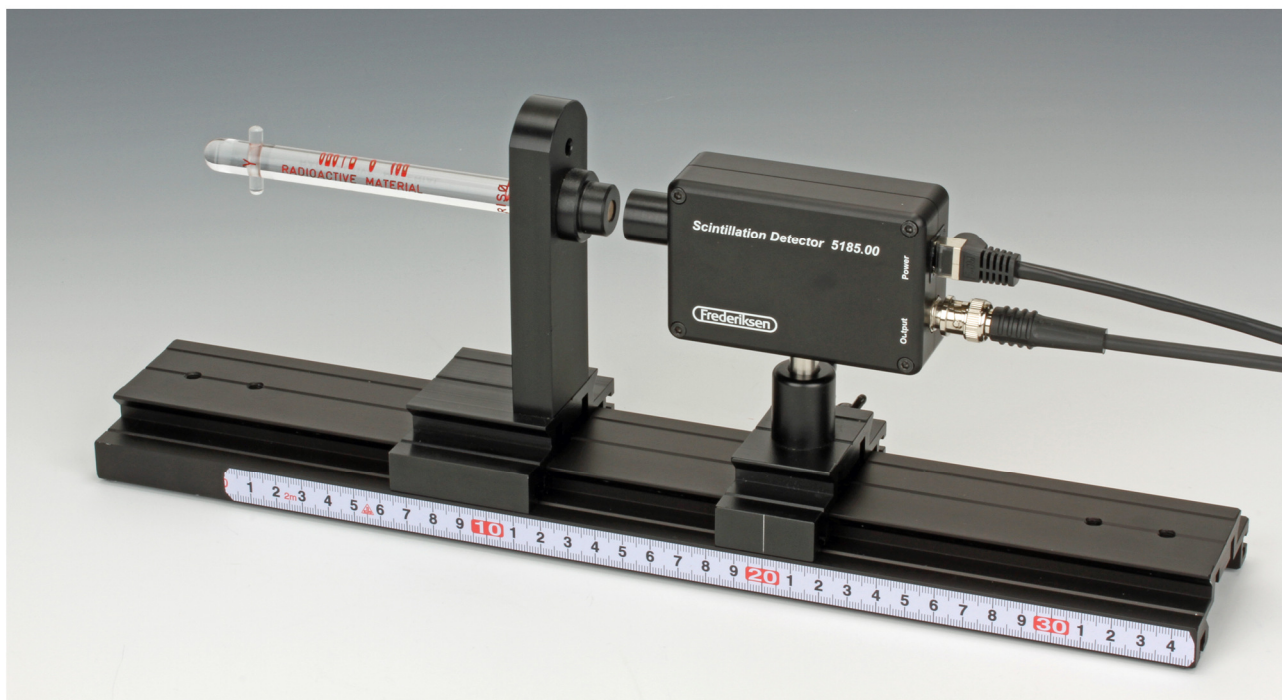


Eksperiment nummer	138810	Emne	Kernefysik		
Version	2017-02-21 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymA
					p. 1/8



## Formål

I denne øvelse undersøges udseendet af gammaspektret fra en Cs-137-kilde. Der er samtidig tale om en introduktion til gammaspektrometret og den tilhørende software

## Princip

Et *gammaspektrometer* er opbygget af dels en *detektor* (som registrerer gammakvanterne og afgiver en elektrisk impuls, der er proportional med deres energi), dels en *multikanalanalysator* (som bestemmer størrelsen af det elektriske signal og tæller antallet af registrerede gammakvanter).

Multikanalanalysatoren består af en meget lang række *kanaler*, dvs. tællere, som svarer til hver sit lille energiinterval. For hver registreret gammakvant finder analysatoren frem til den tæller, som energien af kvantet svarer til – og denne tæller øges med én. Resultatet efter passende lang måletid kan afbildes grafisk som et såkaldt *spektrum*: en graf over de registrerede hyppigheder som funktion af energien.

## Apparatur

(Se komplet apparaturliste på sidste side)

Scintillationsdetektor, multikanalanalysator  
Cs-137-kilde (gammakilde fra Risø)

Stativmateriale

PC med programmet GaSp (og tilhørende USB-driver) installeret på forhånd.

(Det er vigtigt, at installation af software allerede er overstået, inden I går i gang, da det ellers kan stjæle både tid og koncentration.)

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

## Måleprincippet

### Detektoren

Den benyttede detektor er en såkaldt *scintillations-detektor* (udtales sen-ti-la-lsjons-detektor).

Den består af to elementer: En *scintillator* – en krystal af cæsiumiodid, CsI – samt en meget følsom *lyssensor*.

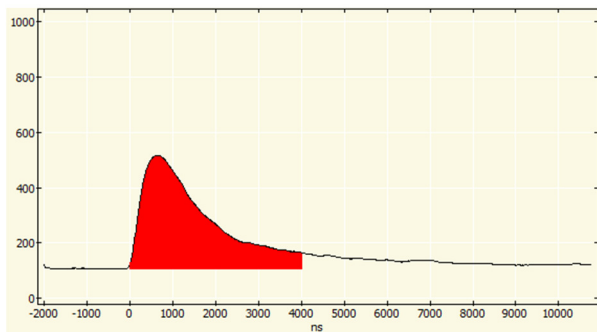
Scintillatoren giver et lysglimt fra sig, når den rammes af et gammakvant. Lyset er ligesom gammastråling sammensat af fotoner, men hver af disse har **meget** mindre energi end gammakvantet. Gammakvantets energi overføres derfor til et stort antal lys-fotoner.

Lyssensoren er opbygget, så den afgiver en bestemt (ganske lille) elektrisk ladning, hver gang den rammes af én lys-foton. Alt i alt bliver den samlede ladningsmængde derved proportional med gammakvantets energi.

### Multikanalanalytoren

Når detektoren har afgivet en elektrisk impuls, er det multikanalanalytorens opgave at bestemme dens *størrelse*.

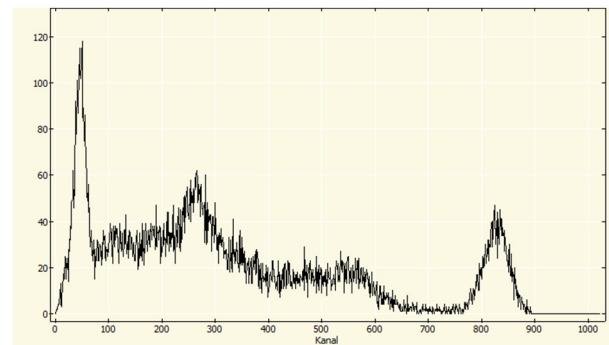
Den sorte kurve på figuren herunder viser, hvordan en impuls kan se ud, når den tegnes i programmet GaSp. Den vandrette akse er tiden målt i nanosekunder, den lodrette er elektrisk spænding, angivet som et tal mellem 0 og 1023 (uden enhed).



Impulsens størrelse defineres som det røde areal mellem kurven og hvileniveauet, målt fra impulsens start frem til en sluttid, som vælges i programmet (her er valgt 4000 ns).

Når arealet er fundet, oversættes det til nummeret på en *kanal*: Intervallet mellem 0 og et bestemt maksimalt areal er delt op i 1024 områder, som hver har en tæller tilknyttet. Tællertallet i en kanal øges med én, hver gang der modtages en impuls med netop den tilsvarende størrelse. Dette kan ske med en fart på tusindvis af impulser pr. sekund.

Efter et stykke tid kan et spektrum – en graf over tællertallene – f.eks. se ud som vist nedenfor.



Man kan se, at i et område nær kanal nummer 50 og igen omkring kanal 830 har grafen en top, hvor tællertallene er markant større end i naboområderne. Disse områder svarer til gammaenergier, som forekommer meget hyppigt i strålingen fra kilden.

Der er flere detaljer i spektret, som bliver forklaret nedenfor.

## Spektrrets detaljer

Gammakvanter kan vekselvirke med stof på flere måder. I det energiområde, som vi ser på her, er to processer relevante:

### Fotoelektrisk effekt

Hvis gammakvantet rammer en elektron, som er *tæt* bundet til et atom i en af de inderste skaller, kan hele kvantets energi overføres til elektronen. Elektronen forlader atomet med stor fart – og gammakvantet eksisterer ikke længere. Da elektronen er elektrisk ladet, vil den vekselvirke kraftigt med andre elektroner i krystallen. Energien fordeles mellem elektronerne og det ender som nævnt ovenfor med, at elektronerne falder på plads i atomerne ved at afgive deres energi som synligt lys.

Det antal elektroner, som er involveret i processen, vil variere lidt fra gang til gang, så en bestemt gammaenergi vil ikke give præcis samme antal lysfotoner hver gang. Det er grunden til, at toppene i spektret ikke kun består af én kanal, men er bredt lidt ud.

Toppen i spektret ved kanal 830 er en sådan *fototop* for gammastråling fra Cs-137-kilden.

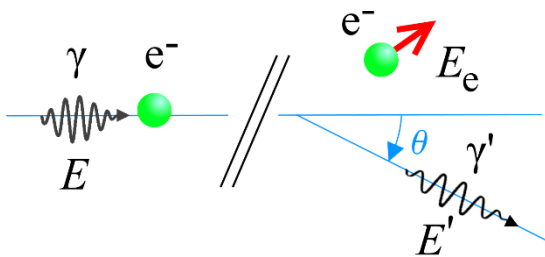
### Comptoneffekt

Rammer gammakvantet i stedet en *løst* bundet elektron i en af atomernes ydre skaller, kan elektronen skydes af sted med en mindre del af gammakvantets energi.

Ved at bruge lidt relativitetsteori kan det præcist beregnes, hvordan energien fordeles – blot man

kender vinklen mellem det indkommende og det spredte gamma-kvant.

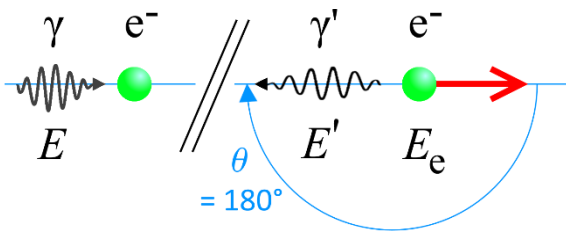
Figuren herunder viser situationen før og efter sådan et sammenstød.



Energibevarelse giver, at  $E_e = E - E'$ .

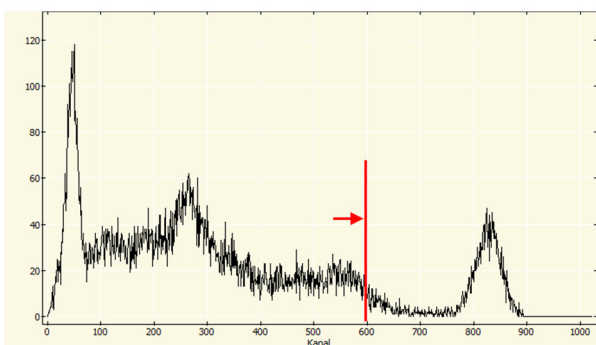
Sker denne proces inde i scintillatorkrystallen, kan man regne med, at elektronens energi bliver registreret i detektoren – mens det spredte gammakvant godt kan fortsætte ud af detektoren igen. Vi vil se lidt nærmere på, hvor meget energi, der kan mistes på denne måde.

Rent intuitivt er det klart, at hvis gammakvantet kun "strejfer" elektronen og knap nok ændrer retning, så kan der ikke overføres ret meget energi til elektronen. Omvendt, hvis kollisionen sker "head-on" med en spredningsvinkel på  $180^\circ$ , så overføres så meget, som det er muligt, nedenfor igen vist før og efter stødet:

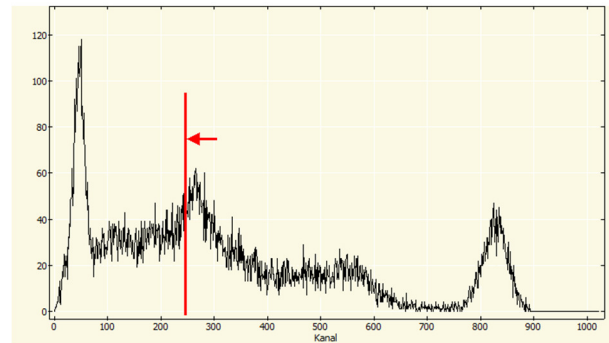


Konklusionen er, at hvis det Comptonspredte gammakvant forsvinder ud af scintillator-krystallen, så vil man kun registrere en del af startenergien, og at denne del har en *maksimal* værdi, givet ved  $E - E'$ , for  $\theta = 180^\circ$ .

Vender vi tilbage til spektret fra før, kan vi se, at man godt kan identificere en sådan maksimal energi i form af den kant, der ligger tæt ved kanal 600:



Plateauet til venstre for denne *Comptonkant* følger en blød bue, som kan beskrives teoretisk – hvilket vi ikke vil komme ind på! Vi vil dog se på den kant, som afslutter buen til den anden side:



Vi skal igen se på Comptonspredning, men denne gang tænker vi os, at gammakvantet først er gået lige gennem krystallen, så sammenstødet sker udenfor denne. Hvis gammakvantet spredes tilbage mod krystallen og *bliver registreret* (vha. fotoelektrisk effekt), så vil de registrerede energier nu have et *minimum* for  $\theta = 180^\circ$ . (Nu er det *elektronens* energi, som ikke registreres.) Det passer fint med, at tælleallene er markant lavere for kanalerne nedenfor denne *backscatter-kant*.

Ligesom fototoppen er heller ikke disse kanter placeret skarpt ved et enkelt kanalnummer. Så længe detekteringen sker via lys-fotoner med en vis usikkerhed på antallet, vil placeringen være "smurt ud". Aflæs placeringen halvejs oppe af kanten

## Røntgen

Spektrrets højeste top nede ved kanal 50 er vi endnu ikke kommet ind på. Selv om den stammer fra gammakilden, vil en kernefysiker ikke kalde denne stråling for *gammastråling*, men for *atomar røntgen*.

Det viser sig, at den exciterede datterkerne Ba-137\* har en alternativ måde at henfalde på, ud over gammahenfald, nemlig *intern konversion*. Excitationsenergien bliver her overført til en af elektronerne i K-skallen, som slynges ud af atomet og derved efterlader en tom plads. Når en af de øvrige elektroner udfylder hullet i K-skallen, udsendes røntgenstråling med en energi, som er karakteristisk for det givne grundstof (her barium).

Atomar røntgenstråling kan også udsendes i form af *røntgenfluorescens*, det vil sige stråling, som udsendes efter bestråling udefra med f.eks. gammastråling.

Som tidligere omtalt under fotoelektrisk effekt kan et gammakvant rive en elektron løs fra f.eks. K-skallen. Når hullet i K-skallen fyldes op, udsendes (ligesom før) røntgenstråling.

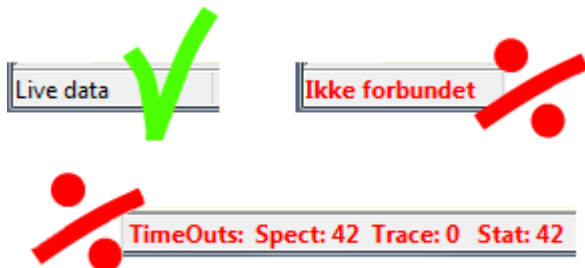
Vi vil sidst i denne øvelse demonstrere røntgenfluorescens i bly.

### Indstilling af programmet

Som anført på side 1, forbindes detektor og multi-kanalanalysator med både det 8-polede kabel og coax-kablet. **Først derefter** forbindes USB-kablet mellem PC og multikanalanalysator. Nu kan programmet startes.

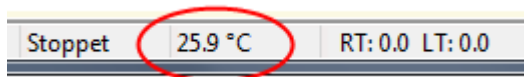
#### Alt i orden ... ?

Statuslinjen skal i venstre side sige "Live Data" som vist på figuren herunder.



Hvis statuslinjen melder "Ikke forbundet" eller evt. "TimeOut", er der et problem med USB-forbindelsen eller med driverne. Afslut programmet og afhjælp problemet, inden programmet startes igen.

Statuslinjen skal også vise også temperaturen i detektoren:



Hvis ikke det er tilfældet, så luk programmet ned, afbryd USB-kablet og kontroller det 8-polede kabel til detektoren.

### Forstærkning

De elektriske impulser skal have en vis højde for at blive analyseret korrekt. På den anden side må de heller ikke være for store, så toppen klippes af.

Forstærkningen justeres ved at vælge *Hardware / Detektor* i menuen. Derved åbnes et vindue som vist nederst på siden.

Hvis ikke Cs-137-kilden allerede er anbragt, skal den nu placeres tæt på detektoren (som på foto side 1.)

Sæt kurven til at vise *Efterglød*, så er det nemmere at vurdere, hvad der er typiske impulser

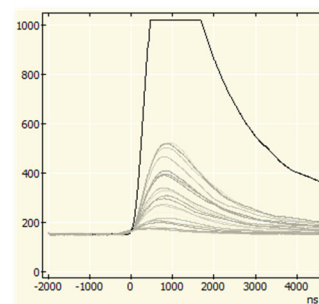
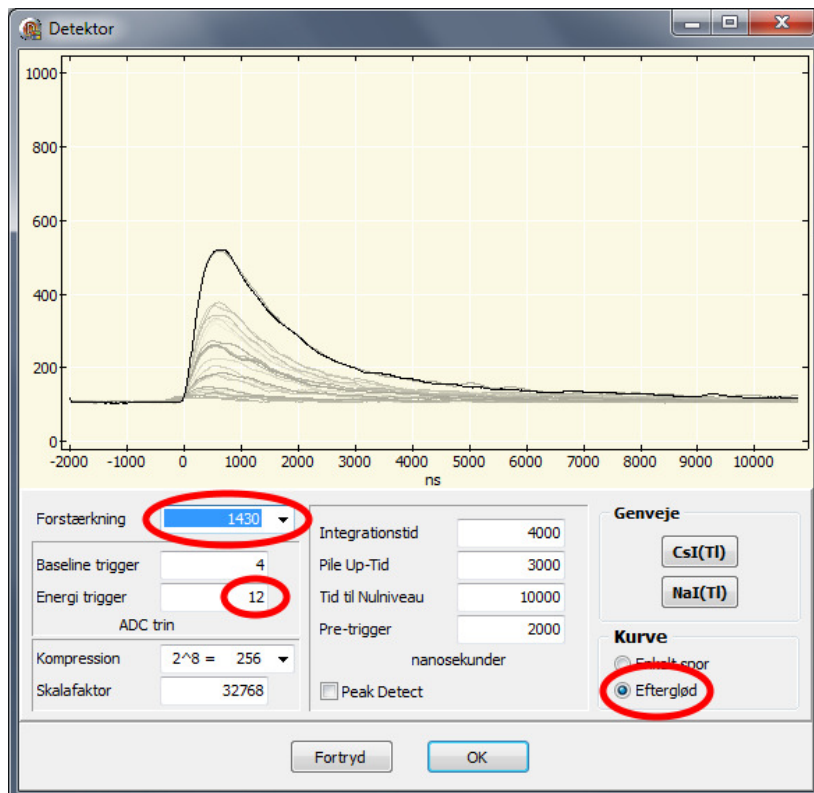
Nu skal forstærkningen vælges – helst sådan at impulserne topper mellem 500 og 900 (målt på den lodrette skala). Forstærkningen har ret grove spring.

De hyppigt forekommende impulser må aldrig klippes i toppen. Men kommer der med mange sekunders mellemrum en enkelt kæmpeimpuls, som "sprænger rammerne", så sker der ikke noget ved det – sådanne signaler stammer typisk fra den kosmiske stråling.

### Triggerniveau

Indstillingen *Energi trigger* styrer, hvornår en impuls er stor nok til at blive registreret. For stor værdi betyder, at gammakvanter med lav energi ikke registreres – for lille værdi betyder, at elektrisk støj kommer med i spektret. – Mere om dette om lidt.

De øvrige indstillinger kan vælges som vist på billedet.



Kosmisk stråling

## Første spektrum

Nu er vi klar til at prøve at få det første test-spektrum opsamlet.

Luk dialogboksen med detektorindstillingerne og klik på knappen *Start* øverst til venstre.

Det tager nogle minutter at opnå et godt spektrum, men allerede efter 5-10 sekunder kan man se, om der er grove fejl i indstillingen.

Hvis det har været nødvendigt at finjustere indstillingerne, kan man trykke på knappen *Nulstil* for at slette spektret og starte forfra.

### – Er der plads til hele spektret?

Spekret fra Cs-137 er forholdsvis enkelt at overskue – vi skal bare sikre os, at fototoppen er med (og at der er lidt "luft" til højre for den).

Hvis hele spektret er klemt sammen på en fjerdedel af bredden, kan man vende tilbage til indstillingerne og prøve at ændre enten *Forstærkning* eller feltet *Kompression*. (Sidstnævnte styrer oversættelsen mellem impulsernes areal og kanalnummeret.)

### – Har vi skåret noget af?

Hvis *Energi trigger* står for højt, vil de svageste impulser blive sorteret fra.

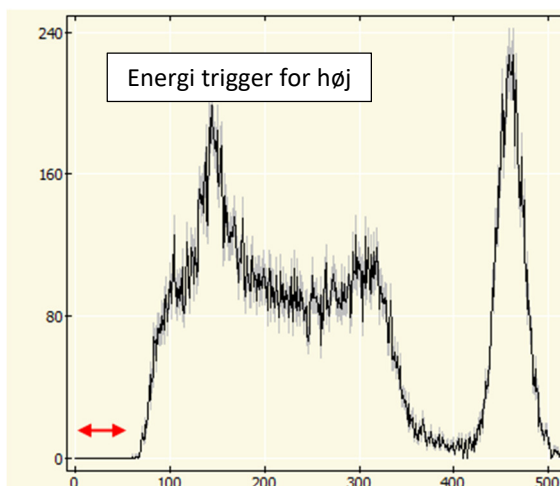
Se spektret nederst på siden til venstre, hvor trigger-niveauet er 5-6 gange højere, end det bør være i disse målinger..

### – Lukker vi støj ind?

Hvis omvendt *Energi trigger* står for lavt, vil elektrisk støj blive analyseret som impulser med lav energi – ofte med en meget høj hyppighed, så disse kanaler får høje tælleantal.

Se spektret nedenfor til højre, hvor trigger-niveauet er ca. det halve af den optimale værdi.

Når I er tilfredse med indstillingerne, klikkes på *Stop* og derefter *Nulstil* for at gøre klar til en egentlig måling.



## Opsætning af eksperiment

I programmet bruges betegnelsen *frit eksperiment* om den måde, vi hidtil har arbejdet: Alle justeringer har været tilgængelige, og resultaterne har med det samme slået igennem i spektret.

Nu vil vi sætte et *spektrum-eksperiment* op – det går ud på at sætte programmet til at måle i en fast tid, hvor alle indstillinger er låste og hvor resultatet automatisk gemmes bagefter.

Det gøres i menuen ved at vælge *Filer / Sæt Eksperiment Op*. Klik ud for eksperimenttypen *Spektrum*.

Vælg f.eks. at måle i en samlet tid på 5 minutter.

I skal også vælge intervallet for sikkerhedskopiering af spektret.

Tider			
Interval	<input type="text" value="1,0"/>	Minutter	▼
Total tid	<input type="text" value="5,0"/>	Minutter	▼ <input checked="" type="checkbox"/> Rund op

(Sikkerhedskopiering er reelt temmelig overflødig med så kort en måletid – men måler man på en svagt radioaktiv prøve i 12 timer, er det rart, at data er gemt, selv om computeren skulle gå ned efter 11 timer.)

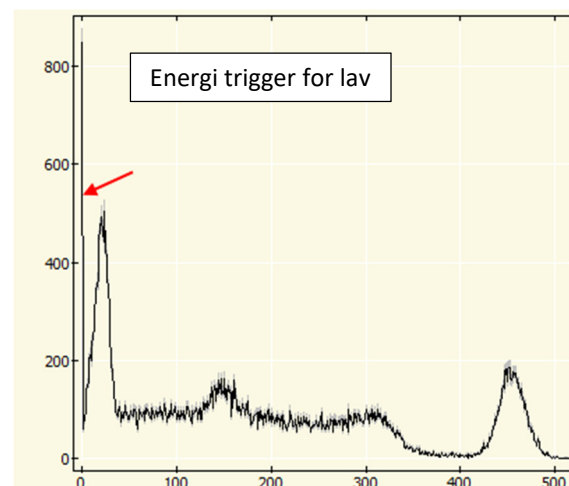
Vælg derefter, hvor resultatet skal gemmes (samt filens navn) ved at klikke på ... knappen.

Luk med et klik på *OK* for at vende tilbage til hovedskærbilledet. Men husk placering og filnavn til senere!

Start eksperimentet ved at klikke på *Start*.

Den forløbne tid kan følges i statuslinjen; *RT* står for "real time". Der opgives også *LT* for "live time", som er real time, fratrukket den dødtid (dead time), hvor multikanalanalysatoren har været optaget af at analysere en impuls. I forbindelse med skole-kilder er forskellen mellem *RT* og *LT* kun nogle få %.

(Når dataopsamlingen er afsluttet, skal man klikke på *Nyt eksperiment*, når man vil nulstille spektret og frigøre indstillingerne.)



## Baggrundsspektret

[Spørg evt. jeres lærer, om I skal gennemføre dette afsnit – det kan overspringes, hvis I mangler tid.]

Der vil altid være en vis baggrundsstråling, som kan registreres med denne detektor, selv når kilden er fjernet fra opstillingen. For at få opnå det mest korrekte spektrum, skal spektret af denne baggrundsstråling trækkes fra tælletalene, kanal for kanal.

Fjern kilden mindst et par meter fra opstillingen, når baggrundsstrålingen skal måles.

Når man skal lave et baggrundsspektrum, skal der måles i mindst lige så lang tid, som man bruger på det "rigtige" spektrum. Desuden er det vigtigt, at de to spektre er opsamlet med samme hardware-parametre (forstærkning osv.).

Sæt et spektrum-eksperiment op, som beskrevet i foregående afsnit.

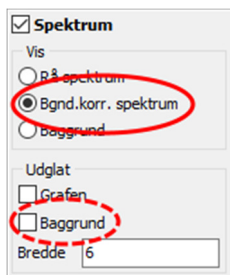
Når målingen er forbi, gemmes spektret en ekstra gang som et løst spektrum: Menuen *Filer / Spektrum / Gem som spektrum*. Sørg for, at filens navn kommer til at indeholde ordet "baggrund", så I let kan genfinde den.

## Fratrækning af baggrund

Når I har et baggrundsspektrum, kan det trækkes fra det aktuelle spektrum, hvad enten dette er "live" eller stammer fra en fil.

I har allerede et Cs-137-spektrum i en fil – hent det ind igen: *Filer / Eksperiment / Læs Eksperiment fil*.

Vælg dernæst i menuen: *Filer / Baggrundsspektrum* og klik på ... knappen for at bladre frem til baggrundsfileren.



Luk op for panelet *Spektrum* og vælg at vise det baggrunds-korrigerede spektrum.

Med mindre I aktivt vælger noget andet, anvendes det samme baggrundsspektrum så længe, programmet er åbent.

Man kan evt. vælge at udglatte baggrundsspektret let (men lad det egentlige spektrum stå).

Baggrundsspektret tages med, når der gemmes i en eksperimentfil.

## Energikalibrering

Hidtil har vi talt om kanalnumre og ikke direkte om gamma-energi. Men kender man energien for én eller flere fototoppe, kan spektret kalibreres, så den vandrette akse f.eks. får enheden keV.

For Cs-kilden kan man bruge følgende

### Tabelværdier for Cs-137-kilden

Gamma	662 keV
K <sub>α</sub> (Ba-137)	32 keV

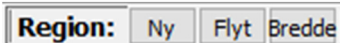
Vi vil lave en kalibrering ud fra disse to punkter.

(Vi vil gå ud fra, at sammenhængen mellem energi og kanalnumre er lineær – hvilket passer rimeligt godt, men ikke eksakt. Hvis man havde flere kilder med kendte data, kan man lave en bedre – svagt ulineær – kalibrering.)

For at bestemme toppens præcise placering, vil vi tilpasse en såkaldt Gausskurve til data.

## Angiv region og tilpas top til Gausskurve

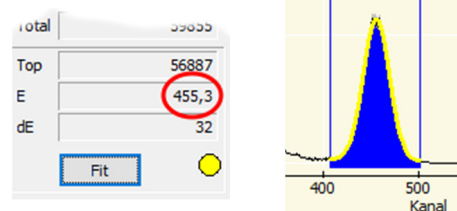
Først skal vi angive den region af spektret, toppen ligger i. Klik på *Region: Ny*, og **træk** derefter vandret med musen hen over toppen. Placeringen kan finjusteres bagefter ved at klikke på *Region: Bredde*, og hive med musen i de to "håndtag" på stregerne.



Der er nu dukket et ekstra panel op til venstre for spektret, hvorfra tilpasningen kan styres. Med en markant fototop går det som regel automatisk:

Klik på knappen *Fit*. I den næste dialogboks klikkes bare *OK*. Så skulle fototoppen være tilpasset med en Gausskurve (gul på figuren).

Nu kan toppens placering aflæses i panelet til venstre, i feltet *E*:



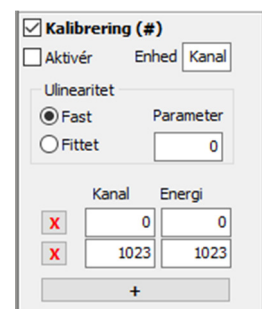
Gentag denne procedure for røntgentoppen.

## Indtastning af kalibreringsdata

Sæt flueben i feltet ud for navnet *Kalibrering* – så lukker dette panel sig op:

Skift *Enhed* til "keV" i stedet for "kanal". Indtast kanalnumre og energier for de to toppe i felterne nederst.

(Undlad at pille ved felterne for *Ulinearit.*)



Til slut sætter man et flueben i feltet *Aktivér*, og programmet bestemmer nu omsætningen mellem kanalnumre og energi. (Hvis en fejl forhindrer dette, vil fluebenet ikke blive sat. F.eks. hvis de to kanalværdier er ens.)

Grafens vandrette akse vil afspejle kalibreringen, så man direkte kan aflæse energien. Hvis man peger med musen på en detalje i spektret, kan markørens koordinater aflæses i statuslinjen.

Når man laver et Gauss-fit på nye toppe, vil deres placering også være givet som en energi.

## Røntgenfluorescens fra bly

[Spørg evt. jeres lærer, om I skal gennemføre dette afsnit – det kan overspringes, hvis I mangler tid.]

Placér en eller to bly-plader (f.eks. samlet med tape til et "tag"), så de hviler på kildeholderen og detektoren, men endeligt uden at de blokerer for strålingen. Se foto. Anbragt på denne måde, bliver pladerne bestrålet af kilden, og den røntgenstråling, de derved udsender, kan registreres af detektoren.



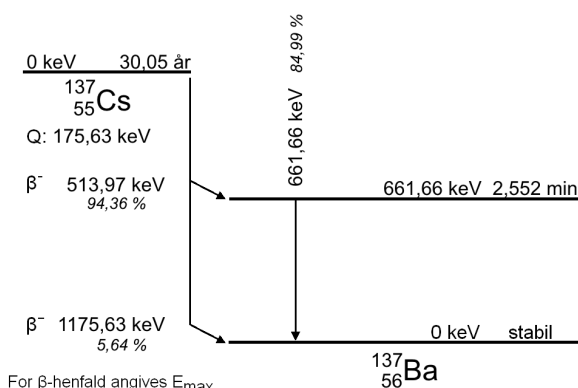
Sæt igen et spektrum-eksperiment op til at køre i 5 minutter og start det.

Resultatet skulle gerne blive en ekstra røntgen-top med lidt højere energi end den, som stammer fra Cæsium-kilden.

## Teori

### Henfaldsskema

### Cs-137



For  $\beta$ -henfald angives  $E_{\max}$

Alle %-angivelser er relativt til et henfald af Cs-137

Data fra <http://www.nucleide.org>

Skemaet viser de vigtigste henfaldskanaler for Cs-137 og Ba-137\*. (Intern konversion vises ikke).

## Comptonspredning

Vi vil ikke gennemgå teorien i detaljer, men blot bringe formlen for energien af gammakvanter, som spredes i vinklen  $180^\circ$ :

$$E'(180^\circ) = \frac{1}{\frac{1}{E} + \frac{2}{m_0 \cdot c^2}}$$

hvor  $E$  og  $E'$  er gammakvantets energi før og efter kollisionen med elektronen,  $m_0$  er elektronens hvilemasse og  $c$  er lysets hastighed.

Pas på, at I regner med konsistente enheder!

Ud fra  $E$  og  $E'$  kan den forventede placering af både Compton-kant og backscatter-kant findes.

## Røntgenenergi – Moseley's lov

Henry Moseley opdagede i 1913 på rent empirisk basis, at energien af  $K_\alpha$ -røntgen fra et grundstof følger denne lovmæssighed:

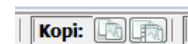
$$E = k_1(Z - 1)^2$$

hvor  $Z$  er grundstoffets atomnummer og  $k_1$  er en proportionalitetskonstant. Sidenhen blev denne sammenhæng i store træk underbygget af kvantefysikken.

Ud fra tabelværdien for  $K_\alpha$ -røntgen fra barium kan I prøve at beregne den forventede energi for strålingen fra bly.

## Efterbehandling

I kan let kopiere spektret over i en rapport ved hjælp af en af knapperne øverst i programmet:



Det er ofte en fordel at justere vinduets størrelse først, så det ikke er alt for stort.

Billedet indsættes i f.eks. Word eller et tegneprogram ved at trykke på Ctrl+V – eller på de 2-3 andre måder, man kan indsætte noget fra klippebordet.

Selve programfilen (GaSp.exe) kan i øvrigt nemt kopieres til brug på en anden PC. Så kan man analysere filerne i fred og ro. (Man vil blot ikke kunne tilslutte multikanalanalysatoren til denne PC.)

Rapporten skal indeholde jeres beregninger, aflæste placeringer af Compton- og backscatter-kant samt de fittede placeringer af spektrets toppe.

## Diskussion og evaluering

Sammenlign de målte værdier med de forventede.

For de to kanters vedkommende: Vurdér, hvor stor usikkerhed, der er på jeres bestemmelse af kantens placering.

[Hvis I har målt baggrundsspektret:]

Er baggrundsstrålingen lige kraftig for alle energier, eller er dens energier ulige fordelt?

## Noter til læreren

### Benyttede begreber

Henfald  
Gammakvanter  
Fotoelektrisk effekt  
Comptonspredning  
Atomar røntgen

### Matematiske forudsætninger

Indsættelse i formler  
Simpel ligningsløsning

### Om apparaturet

Scintillationsdetektoren benytter en 6 x 6 x 15 mm stor krystal af Csl. Strålingen skal passere ca. 0,5 mm aluminium i hættens udenom krystallen.

Krystallens størrelse bevirker, at detektorens følsomhed aftager med energien.

### 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](mailto:info@frederiksen.eu)

## Detaljeret apparaturliste

518000 Multikanalanalysator  
518500 Scintillationsdetektor til 518000

Stativmateriale mv. \*)

514102 Skinne til opstillingsbænk, 40 cm  
514180 Kildeholder til opstillingsbænk, simpel  
294610 Rytter med et Ø10mm hul  
514010 Blændplade, bly 1,2mm (2 stk.)

510030 Gammakilde (\*\*)

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

\*) Andet stativudstyr kan uden problemer anvendes; placeringen af kilde og detektor er ikke kritisk i dette eksperiment.

514100 Opstillingsbænk (inkl. absorberplader), som også er anvendelig i andre kernefysiske eksperimenter, er et glimrende alternativ til ovenstående.

\*\*) 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 fragtbøbet 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.*