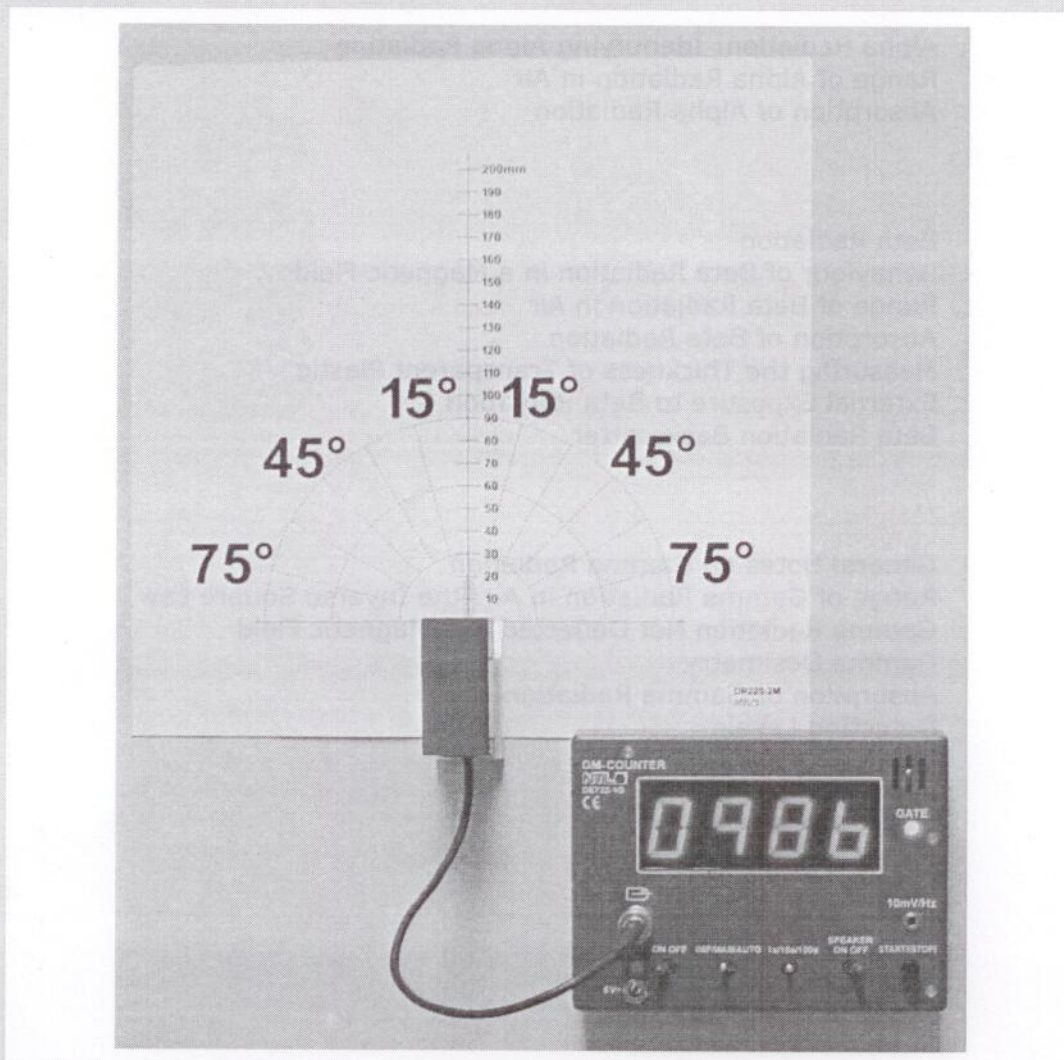


INDEX KERNFYSICA

RAI 1.1	Achtergrondstraling bepalen
RAI 1.2	Herkennen van radioactieve bronnen (natuurlijke bronnen)
RAI 2.1	Alfastraling: herkennen alfastraling
RAI 2.2	Bereik van alfastraling in lucht
RAI 2.3	Absorptie van alfastraling
RAI 3.1	Bètastraling
RAI 3.2	Gedrag van bètastraling in een magnetisch veld
RAI 3.3	Bereik van bètastraling in lucht
RAI 3.4	Absorptie van bètastraling
RAI 3.5	Dikte meten van transparant plastic
RAI 3.6	Externe blootstelling aan bètastraling
RAI 3.7	Terugkaatsen van bètastraling
RAI 4.0	Eigenschappen van gammastraling
RAI 4.1	Bereik van gammastraling in lucht: omgekeerde-kwadratenwet
RAI 4.2	Gammastraling wordt niet afgebogen in een magnetisch veld
RAI 4.3	Gamma-dosimetrie
RAI 4.4	Absorptie van gammastraling
RAI 4.5	Detectieniveau's

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science

**Material:**

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

We bepalen de achtergrondstraling zonder gebruik van een stralingsbron. We meten het in de dagelijkse omgeving aanwezige natuurlijke stralingsniveau door de pulsen te tellen binnen een bepaalde tijdsspanne.

Om een betrouwbare meting te krijgen moeten we hetzij een voldoende aantal pulsen tellen, bijv. door een lange meettijd te kiezen, of door een serie metingen uit te voeren die vervolgens beoordeeld kunnen worden met behulp van de statistische wetten.

Om de onderwijsdoelstellingen te bereiken is het belangrijk om aan te geven dat de tellingen kunnen variëren, zodat het noodzakelijk is om een gemiddelde aan te houden.

Er bestaan twee natuurlijke stralingsbronnen in onze omgeving, kosmische stralen van de bovenste lagen van de atmosfeer en aardse straling veroorzaakt door radioisotopen, merendeels uranium-238 en thorium-232 als ook hun afvalproducten. Blootstelling aan straling afkomstig van de afvalproducten van uranium-238, vooral radon en radium, hangt grotendeels af van de rotsformaties waarin ze voorkomen en veel ervan bereikt een effectieve dosis van wel 3 mSv (milli-Sievert), terwijl de thoriumfamilie verantwoordelijk is voor ongeveer 0.4 mSv per jaar.

Hoeveelheden kosmische straling verschillen dramatisch afhankelijk van de hoogte boven zeeniveau waarin ze voorkomen.

Door deze bron zijn stralingshoeveelheden tussen 0.5 mSv en 4 mSv bijvoorbeeld mogelijk in Oostenrijk. In uitzonderlijke gevallen kunnen primaire geologische formaties in Europa leiden tot stralingsdoses tot een hoeveelheid van 10 mSv.

Als we straling meten met behulp van een Geiger-Mueller buis met de dop erop, worden alleen gammastralen gedetecteerd. Dit verzekert ons ervan dat blootstelling aan externe omgevingsbronnen van straling op een relevante manier kan worden gemeten.

Grote teller: meetduur $t = 10$ s

Bepaal de telling voor $t = 10$ s bij een minimum van 50 afzonderlijke metingen.

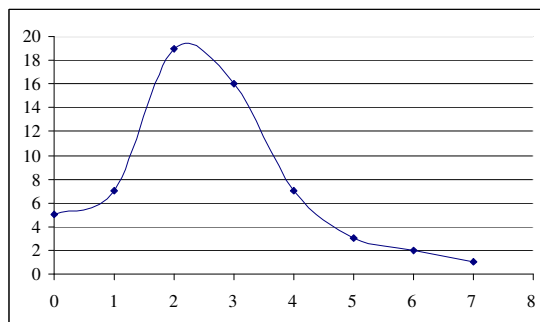
	Gemeten dosis		Gemeten dosis		Gemeten dosis		Gemeten dosis		Gemeten dosis		Gemeten dosis
1	2	11	2	21	1	31	3	41	6	51	0
2	3	12	3	22	2	32	0	42	2	52	2
3	2	13	2	23	3	33	3	43	2	53	3
4	2	14	3	24	1	34	0	44	2	54	5
5	6	15	2	25	3	35	3	45	1	55	3
6	1	16	4	26	2	36	3	46	1	56	4
7	3	17	3	27	4	37	2	47	4	57	5
8	3	18	7	28	2	38	1	48	0	58	4
9	0	19	2	29	4	39	1	49	2	59	4
10	3	20	2	30	2	40	2	50	3	60	5

Het is belangrijk om vast te stellen dat de tellingen sterk kunnen variëren. Het meten van pulsen is daarom vooral een statistische bezigheid. Tellingen laten een bepaalde frequentiedistributie zien. Deze frequentiedistributie kunnen we uitdrukken in de gemiddelde waarde (van een oneindig aantal metingen in het meest ideale geval) en via de breedte van de distributiekromme.

De standaard deviatie drukt de frequentiedistributie met mathematische precisie uit.

De gemiddelde waarde is een aantal van 2.6 pulsen in 10 s, terwijl de standaarddeviatie 1.5 is. Daarom ligt de verwachte waarde tussen 1.1 en 4.1 pulsen elke 10 s.

De enige relevante conclusie is daarom dat de nulwaarde ergens tussen de twee en drie pulsen per 10 seconden ligt.



De grafiek toont een Poisson distributie.

Bij benadering zal de relatieve statistische fout van een afzonderlijke meting die uitmondt in N pulsen $N \pm \sqrt{N}$ zijn. Daarom zal, volgens de statistische theorie, 68.3 % van alle waarden tussen de $N \pm \sqrt{N}$ interval liggen, 95.4 % tussen de $N \pm 2\sqrt{N}$ interval en 99.7 % van alle gemeten waarden ligt tussen de $N \pm 3\sqrt{N}$ interval. "Vertrouwens interval" gebruiken we als we het hebben over de $N \pm 2\sqrt{N}$ interval. Met andere woorden, twee waarden zullen daadwerkelijk verschillen wanneer hun vertrouwensintervallen elkaar niet overlappen.

Naarmate het aantal tellingen groter wordt zal de statistische fout van een afzonderlijke telling kleiner worden. Daarom moet u langere meettijden kiezen, die grotere aantallen tellingen inhouden, als de meetresultaten discutabel lijken te zijn.

Laten we bijvoorbeeld stellen dat $N = 3$ voor een afzonderlijke meting.

In dit geval veronderstellen we de gemeten waarde te zijn: 3 ± 1.732 , omdat de relatieve statistische fout oploopt tot 58 %.

Tellingen van twee of drie verschillen waarschijnlijk niet, omdat de gemeten waarden 2 ± 1.414 en 3 ± 1.732 , elkaar feitelijk overlappen.

Grotere aantallen pulsen zijn nodig om meer betrouwbare resultaten te krijgen. Dit kunnen we bereiken door een langere meetperiode te kiezen.

Daarom kiezen we een meettijd van $t = 100$ s voor de tweede serie metingen.

Als we rekening houden met de praktijksituatie van het leslokaal is deze interval ook ongeveer de langst mogelijke, en daarom zullen we slechts 10 metingen verrichten.

Als we een meetperiode van $t = 10$ s aanhouden, zal het resultaat van de serie een waarde van tussen de twee en drie pulsen per 10 seconden tonen als representatief voor natuurlijke omgevingsstraling.

Als we de meetperiode uitbreiden tot $t = 60$ min dan zien we een redelijk betrouwbare waarde. In dit geval tellen we 939 pulsen. Dit resulteert in 2.6 pulsen wanneer we dit simuleren in

Meting 1	25
Meting 2	24
Meting 3	24
Meting 4	22
Meting 5	25
Meting 6	29
Meting 7	17
Meting 8	34
Meting 9	20
Meting 10	29
Gemiddelde waarde	25
Standaarddeviatie	5

een periode van 10 s. Daarom kunnen we een nulwaarde van twee of drie pulsen per 10 seconden ($t = 10$ s) als betrouwbaar beschouwen.

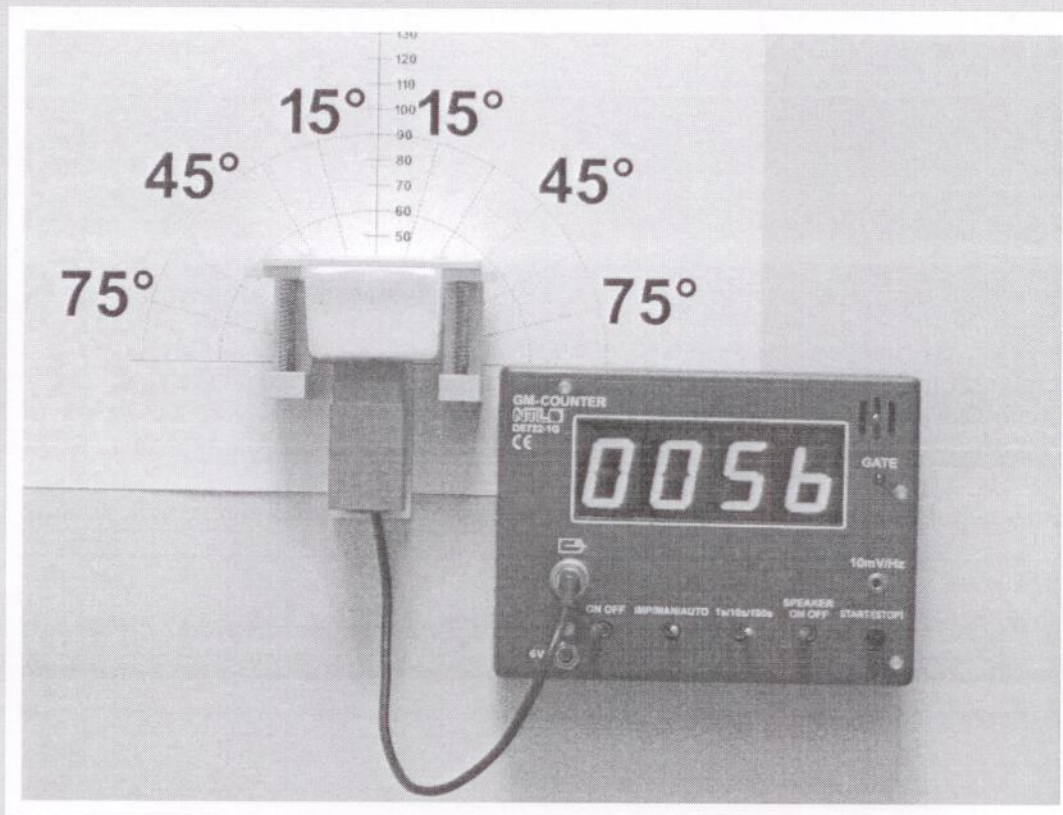
Betrouwbare waarden voor korte meetperioden kunnen we dus afleiden uit hoge pulseaantallen verkregen over een naar verhouding lange meetperiode. Door de relatief grote hoeveelheid variatie die hoort bij korte meetperioden mogen we een afzonderlijk resultaat nooit gebruiken om een pulsaantal af te leiden voor een langere meetperiode.

IDENTIFYING A RADIOACTIVE SUBSTANCE

RAI 1.2

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR200-BK Blue fertilizer, 250g
- 1x DR200-KC Potassium chloride, 250g
- 1x DM810-1H1 Container, plastic, with lid
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

HERKENNEN VAN RADIOACTIEVE (NATUURLIJKE) BRONNEN

RAI 1.2

We willen de pulsaantallen van de volgende stoffen vaststellen op basis van hun activiteit:

1. Kaliumchloride KCl: specifieke activiteit is 16.2 Bq/g voor de K-40 isotoop
2. Blauwe kunstmest (commercieel verkrijgbaar): K_2O ; specifieke activiteit is 5.14 Bq/g voor de K-40 isotoop

Blauwe kunstmest is een commercieel verkrijgbaar type kalium kunstmest met ongeveer 20% K_2O . KCl is ook gewoon in de winkel te koop.

Deze in de natuur aanwezige grondstof bevat de oorspronkelijke radio-isotoop K-40, waarvan 0.0117 procent aanwezig is in kalium. De spiermassa van een "standaard" menselijk lichaam ($m = 70$ kg) bevat ongeveer 4500 Bq van deze K-40 isotoop.

Er is hoegenaamd geen risico in het hanteren van kalium, ondanks dat het een radioactieve stof is, omdat het geen toxische invloed heeft op het menselijk lichaam.

Om een minimale activiteit te detecteren moeten de metingen zeer dicht op het radioactieve materiaal plaatsvinden, echter zonder het eindvenster te besmetten.

K-40 betastraling heeft het grootste effect op de teller, omdat gammastraling, hoewel deze diep doordringt, alleen in kleine hoeveelheden door de buis wordt gedetecteerd.

HERKENNEN VAN RADIOACTIEVE (NATUURLIJKE) BRONNEN

RAI 1.2

A) Kaliumchloride is een van nature radioactieve stof.

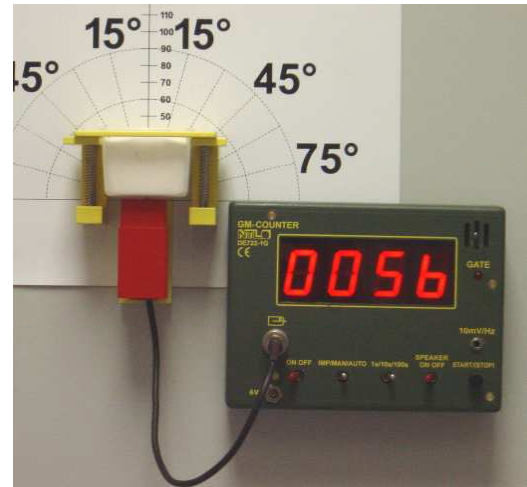
Proef 1:

Om een directe vergelijking te kunnen maken met de blauwe kunstmest vullen we het bekglas met 81.8 g kaliumchloride (KCl).

Meettijd $t = 10$ s

Pulsaantallen bij $t = 10$ s									
8	4	7	3	8	4	8	4	7	5

De gemiddelde waarde 5.8, dat is ongeveer 6 pulsen, en de standaarddeviatie is 1.9.



Terwijl de gemiddelde waarde nog steeds duidelijk hoger is dan de nulwaarde, wijst de relatief grote standaarddeviatie er op dat de verwachte waarde van een meting kan schommelen tussen 4 en 8 tellen.

Dit betekent dat, voor een meettijd van 10-seconden, betrouwbare resultaten slechts verkregen kunnen worden door een serie metingen door te voeren en daarvan het gemiddelde te berekenen. De hoge mate van variatie tussen afzonderlijke pulsaantallen maakt het onmogelijk om een betrouwbaar resultaat te verkrijgen uit slechts één meting.

Proef 2:

Terwijl we een meettijd van $t = 100$ s kiezen, gaan we nu drie series metingen verrichten.

Een meettijd van $t = 100$ s resulteert in tellingen van $N = 54$ pulsen, $N = 56$ pulsen en $N = 53$ pulsen. De gemiddelde waarde is 54.33 pulsen en de standaarddeviatie is 1.25. De verwachte waarde ligt dus tussen de 53 tot 55 pulsen. Omdat de waarde aanmerkelijk hoger ligt dan de nulwaarde, kunnen we vaststellen dat een enkele meting bij een meettijd van $t = 100$ s volstaat.

Opmerking:

Het is aan te bevelen om een langere meettijd, van $t = 100$ s te kiezen als u metingen wil doen met een zwakke radioactieve stof.

Radioactieve stoffen kunnen we ontdekken als hun pulsaantal de nulwaarde overstijgt.



HERKENNEN VAN RADIOACTIEVE (NATUURLIJKE) BRONNEN

RAI 1.2

B) Blauwe kunstmest is van nature radioactief.

De radioactiviteit komt van het element kalium. Kalium is een mengsel van drie van nature voorkomende kaliumisotopen. Een van deze drie, K-40, is een radioisotoop. Echter, omdat het slechts een klein gedeelte van het element vormt en het een lange halfwaardetijd kent, is haar activiteit uiterst beperkt.

Proef 3:

Om metingen te kunnen verrichten die vergelijkbaar zijn met die van KCL, gebruiken we ook in dit geval van de blauwe kunstmest 81.8 g.

Breng de tellerbuis zo dicht mogelijk bij het te meten hoopje materiaal.

Let op dat het materiaal het venster niet raakt!

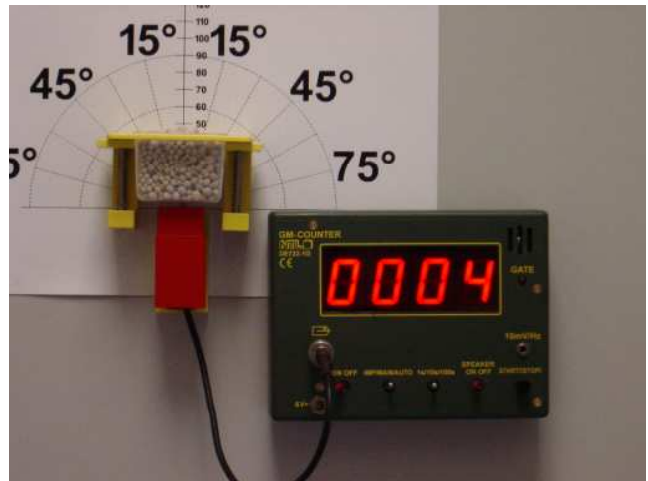
Pulsaantallen bij $t = 10$ s

3	4	5	5	4	5	4	2	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Meettijd

$t = 10$ s

Het gemiddelde pulsaantal is $N = 4.1$ en de standaarddeviatie is 1.0. De verwachte waarde schommelt dus tussen de 3 en 5 pulsen.



Als we meten bij $t = 100$ s, dan zijn de verkregen pulsaantallen $N = 25$, $N = 34$ en $N = 27$; deze waarden verschillen nauwelijks van de gemeten nulwaarden. De gemiddelde waarde is 29 pulsen met een standaarddeviatie van 4. We mogen dus tussen de 25 en 33 pulsen verwachten.

Het gemeten aantal pulsen van blauwe kunstmest ligt heel dicht op de nulwaarde, hetgeen we ook al verwachtten, gezien de lage hoeveelheid kalium.

De werkelijke waarde kan slechts op betrouwbare wijze worden gedetecteerd door een serie metingen uit te voeren.

Blauwe kunstmest bevat een kleine hoeveelheid kalium in de vorm van kaliumchloride, hetgeen resulteert in lagere pulsaantallen, ook veroorzaakt door de lagere hoeveelheid activiteit.

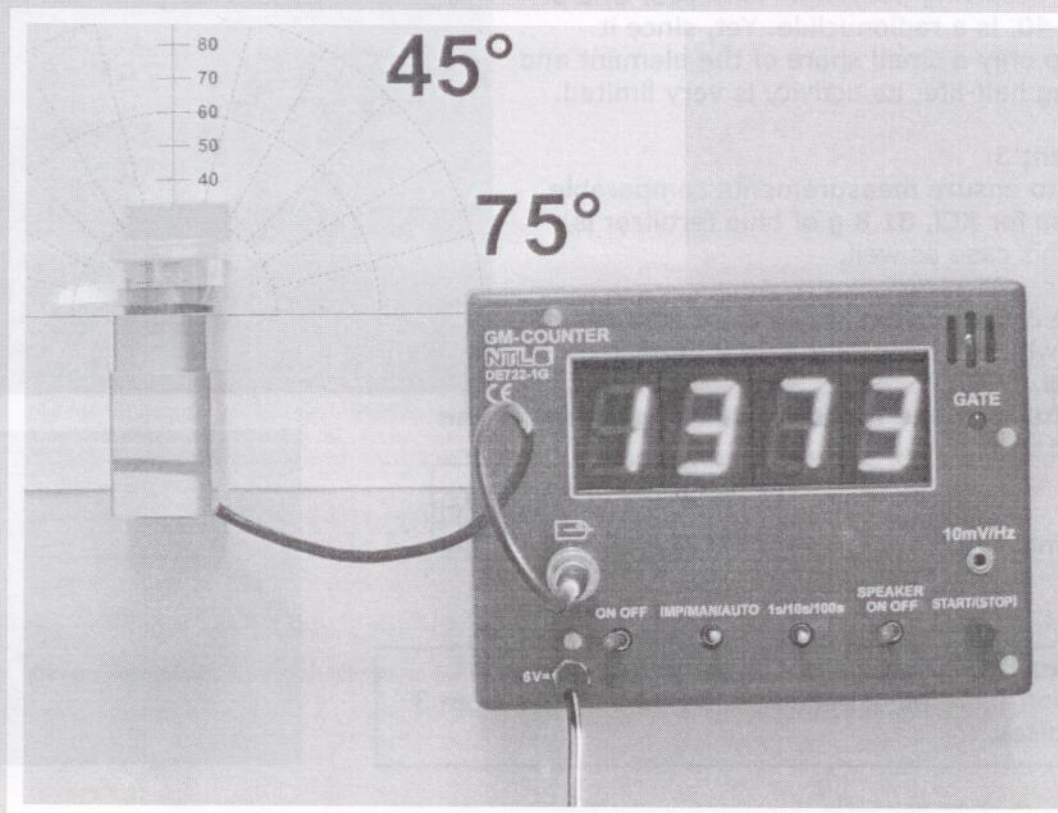
Kalium kunt u vaststellen als radioactief element door verschillende chemische stoffen die kalium bevatten (KCl , K_2CO_3) te analyseren. Omdat blauwe kunstmest K_2O bevat, is het over het algemeen een van nature radioactieve meststof.

Vaak kunnen we heel kleine delen van radioactieve stoffen vaststellen door extreem lange metingen te gebruiken. Wanneer we een meettijd van een uur gebruiken, zal bijvoorbeeld de geringe hogere concentratie van radium in granieten vloertegels kunnen worden

ALPHA RADIATION: IDENTIFYING ALPHA RADIATION

RAI 2.1

Required Kit:
P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

ALFASTRALING: HERKENNEN VAN ALFASTRALING

RAI 2.1

Plaats de tellerbuis zo dicht mogelijk bij de bron van de Po-210 straling.

Grote teller; meettijd: $t = 10 \text{ s}$

	Pulsen/10 s
Meting 1	1408
Meting 2	1403
Meting 3	1421
Meting 4	1380
Meting 5	1401
Meting 6	1403
Meting 7	1399
Meting 8	1376
Meting 9	1447
Meting 10	1373
Gemiddelde	1401
Standaard deviatie	21

De verwachte waarde door een afzonderlijke metingen N verkregen berekenen we met de formule $N \pm \sqrt{N}$. Dit geeft een waarde van 1401 ± 37 (meting 5). De werkelijk gemeten waarde licht in dit geval dus ergens tussen 1364 en 1438.

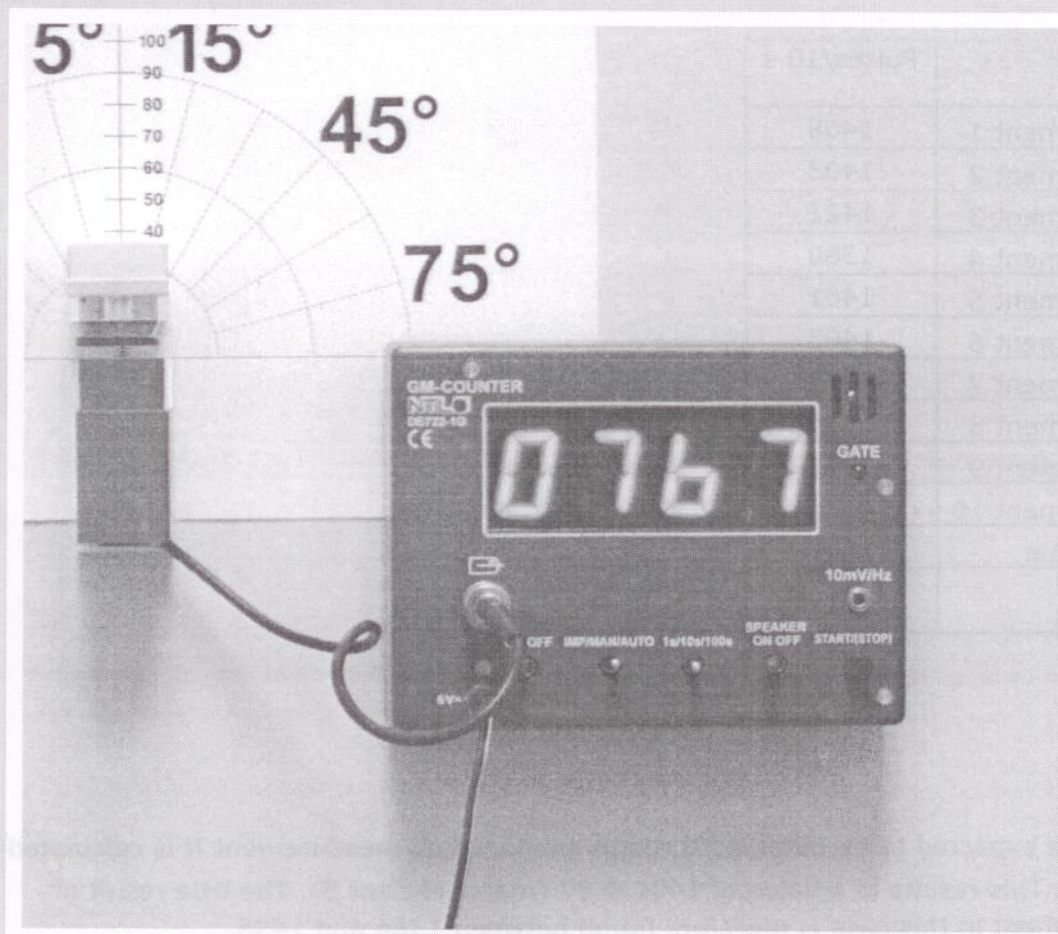
**De Geiger-Mueller heeft een efficiëntiepercentage van 80 % voor alfastraling, en leidt al tot een hoog geteld aantal bij weinig alfa activiteit.
Met dit hoge aantal is identificatie van Po-210 alfastraling mogelijk.**

RANGE OF ALPHA RADIATION IN AIR

RAI 2.2

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity



www.cma-science.nl

NTL

BEREIK VAN ALFASTRALING IN LUCHT

RAI 2.2

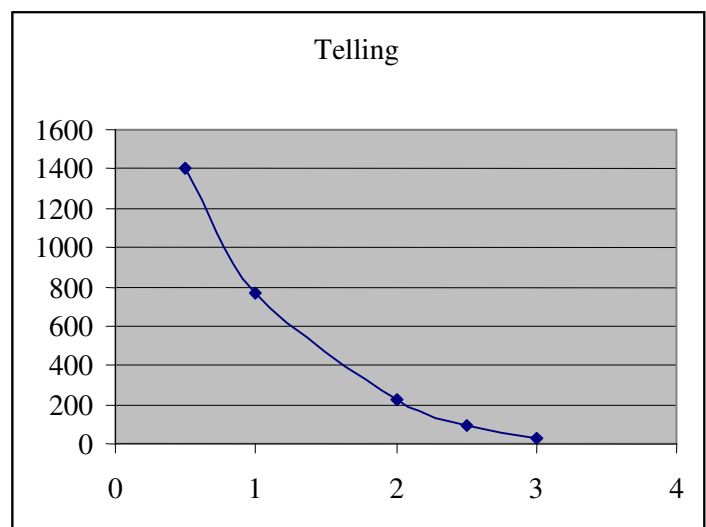
Het bereik van alfastraling in lucht is doorgaans 5 cm; een goede schatting verkrijgt u door 1 cm lucht te nemen voor elke MeV van alfa-energie.

De afstand onder het oppervlak waarop de stralingsbron ligt moet worden opgeteld bij de intervallen die we van de schaal aflezen; in dit geval houdt dit in dat we 5 mm aan de uitlezing toevoegen.

Verplaats de Po-210 bron steeds verder weg van de tellerbuis, met 0.5 cm per keer, en neem telkens een nieuwe meting van de bijbehorende telling.

Grote teller;
Meettijd: $t = 10$ s

Afstand in cm	Geteld aantal
0.5	1401
1	767
2	229
2.5	93
3	25



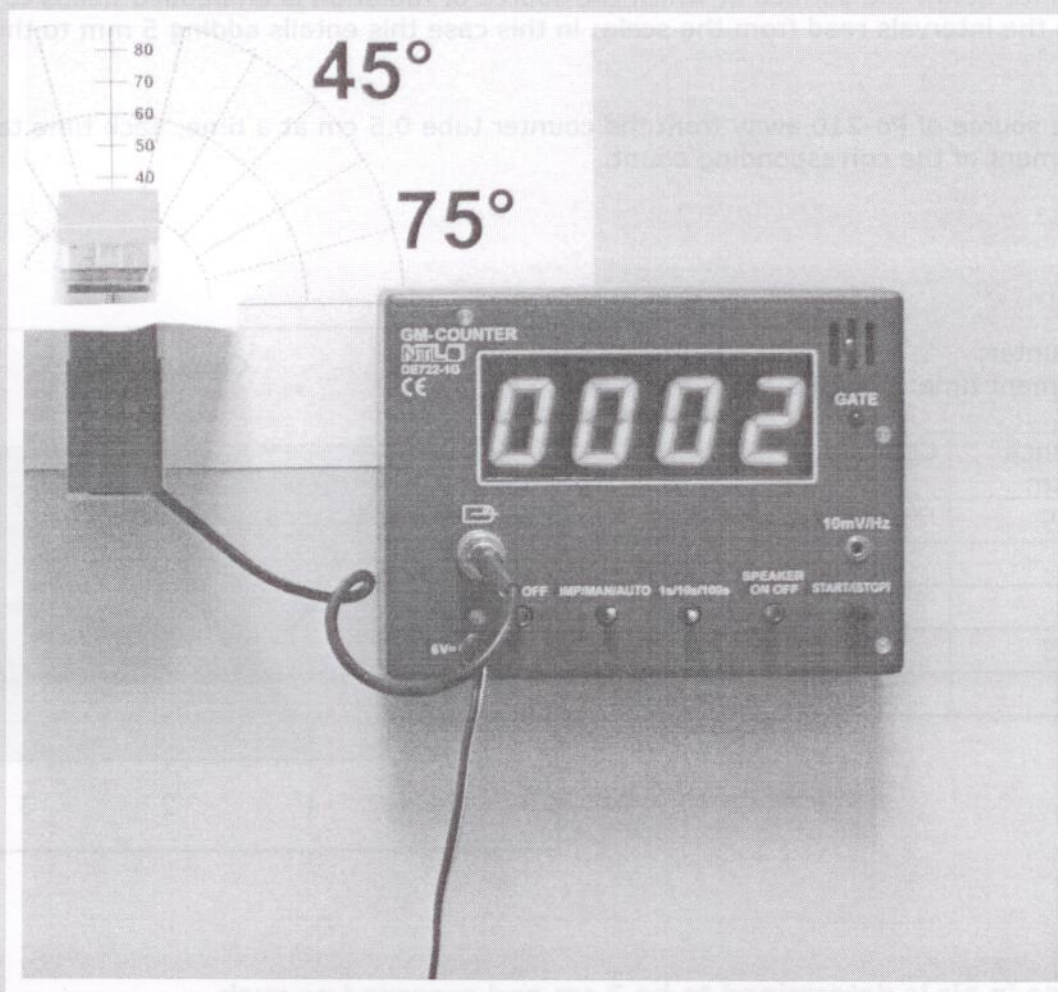
We stellen de luchtafstand vast op 3 cm en leggen dit vast.

ABSORPTION OF ALPHA RADIATION

RAI 2.3

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparation, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity



www.cma-science.nl

NTLO

In theorie zal elk materiaal met een oppervlakedichtheid van 1 mg/cm^2 een betrouwbare afscherming vormen tegen ongeveer 5 MeV alfastralingsenergie. Alfadeeltjes zijn feitelijk niets meer dan zich snel verplaatsende heliumisotopen. Ze belanden net als projectielen in de schokdemper en dan, wanneer hun energie eenmaal verloren is gegaan, pakken ze een of twee elektronen van hun omgeving, veranderen in het element helium en verdwijnen als gas. De schokdemper zelf kan niet radioactief worden door het bombardement van alfadeeltjes.

We nemen een vel papier als schokdemper. We vinden het basisgewicht ervan, normaal 70 g/m^2 of 80 g/m^2 , op de verpakking. Dit kunnen we omrekenen naar een oppervlakedichtheid van $0.7 - 0.8 \text{ mg/cm}^2$. Dit is vergelijkbaar met de oppervlakedichtheid van menselijke huid (beter gezegd: van de derma).

Het begrip dichtheid, zoals uitgedrukt in kg/m^3 of g/cm^3 , heeft betrekking op het gewicht van een materiaal in relatie tot het volume ervan. Specifieke oppervlakedichtheid aan de andere kant, wordt uitgedrukt in kg/m^2 of mg/cm^2 en heeft betrekking op het gewicht van een gebied dat een oppervlakte bedekt van respectievelijk 1 m^2 of 1 cm^2 . Wanneer de (volume-afhankelijke) dichtheid van een stof bekend is, dan kan de dikte ervan berekend worden door de specifieke oppervlakedichtheid te delen door de volume-afhankelijke dichtheid.

Afstand tussen de stralingsbron en de oppervlakte van de tellerbuis:
 $d = 0.5 \text{ cm}$ (eigenlijk 1 cm)

Grote teller; meettijd: $t = 10 \text{ s}$

Geteld aantal zonder schokdemper: 767 pulsen

Geteld aantal met een vel papier als schokdemper: 2 pulsen (gelijk aan nulwaarde)

Om het effect op menselijke huid te demonstreren kunnen we een stuk vel van een worst gebuiken in plaats van het papier. Ook een stukje stof kunnen we als schokdemper gebruiken om de effectiviteit ervan in het absorberen van alfastraling te testen. De uitkomst van de proef zal in ieder geval gelijk zijn aan de nulwaarde van de omgevingsstraling.

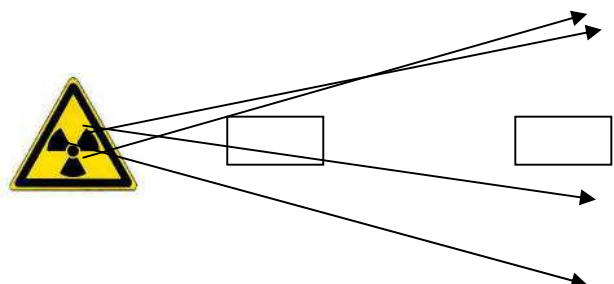
Een vel papier schermt alfastraling volledig af. Zo hebben we aangetoond dat materiaal met een specifieke oppervlakedichtheid van 1 mg/cm^2 alfastraling volledig afschermt.

Vanwege het korte bereik van alfastralen in lucht en de bescherming door de huid, vormt blootstelling aan externe alfastraling geen bedreiging voor mensen.

Radioactieve stoffen die alfastralen uitzenden kunnen echter in ons lichaam terechtkomen omdat ze een bereik hebben van ongeveer $80 \mu\text{m}$ in weefsel en daar lokaal hun hoge hoeveelheid energie kunnen afzetten, en daarmee een hoge lokale dosis straling produceren. Elke huidbesmetting zou in de huid kunnen binnendringen en daarmee het lichaam, en moet daarom op een effectieve wijze verwijderd worden.

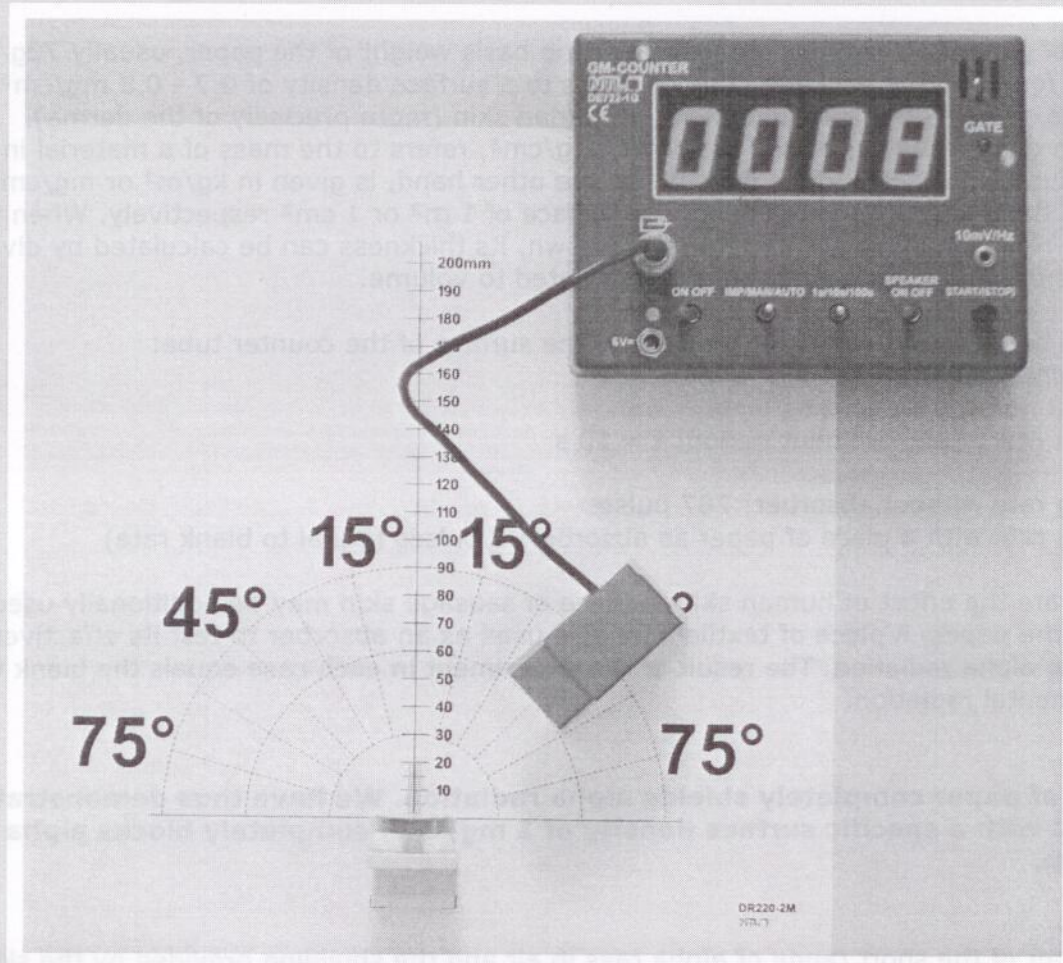
Alfadeeltjes die met een hoge hoeveelheid 'inslaan' kunnen ervoor zorgen dat er elektronen uit het weefsel loslaten. Deze elektronen vormen een ring van praktisch dood weefsel van ongeveer $50 \mu\text{m}$ doorsnede rond de plaats van 'inslag'. Deze secundaire straling noemen we deltastraling.

De verminderde aantallen pulsen bij een vergrote afstand wordt veroorzaakt door de alfadeeltjes die zich verstrooien op een bijna waaivormige manier: als de afstand groter wordt, steeds minder deeltjes inslaan op



Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR200-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR201-1R Radioactive preparations, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

We bepalen de aanwezigheid van een stralingsbundel.

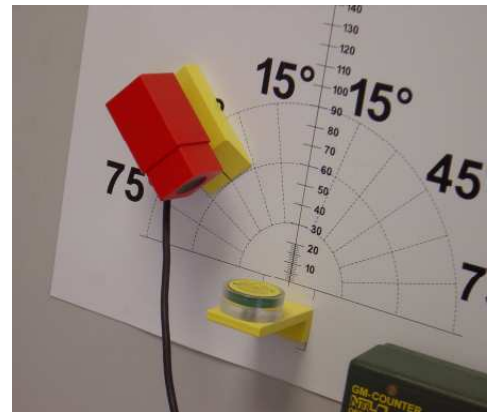
Elke puntvormige stralingsbron zendt ioniserende stralen uit in elke richting met een waaivormig patroon. Als de emissiehoek beperkt wordt, verlopen de stralen waaivormig als een bundel binnen het beperkte deel. De stralingsintensiteit neemt af vanaf het centrum naar buiten toe.

Het is van belang dat we hebben vastgesteld dat de tellerbuis geplaatst wordt in lijn met de kromme, waaivormig.

We selecteren de kromme met een boog r van $r = 6$ zodat we de gekozen hoek ook goed kunnen zien, zodat langs deze lijn de pulsaantallen hoog genoeg zijn om betrouwbare resultaten te verkrijgen.

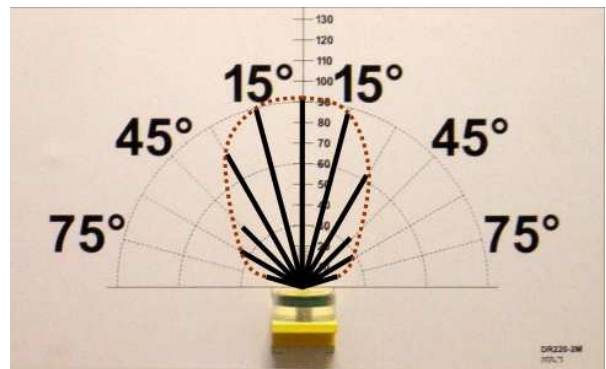
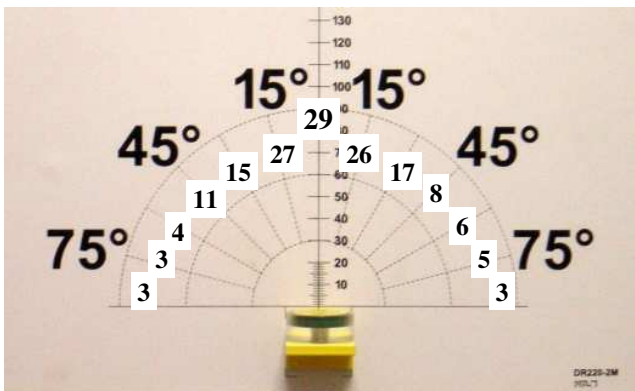
We veranderen de hoek telkens met stappen van 15° .

Strontium-90, dat bètastralen met hoge energie uitzendt, gebruiken we als de bron van bètastraling.



Grote teller; meettijd: $t = 10$ s

Zet de pulsaantallen erbij in de schaal.



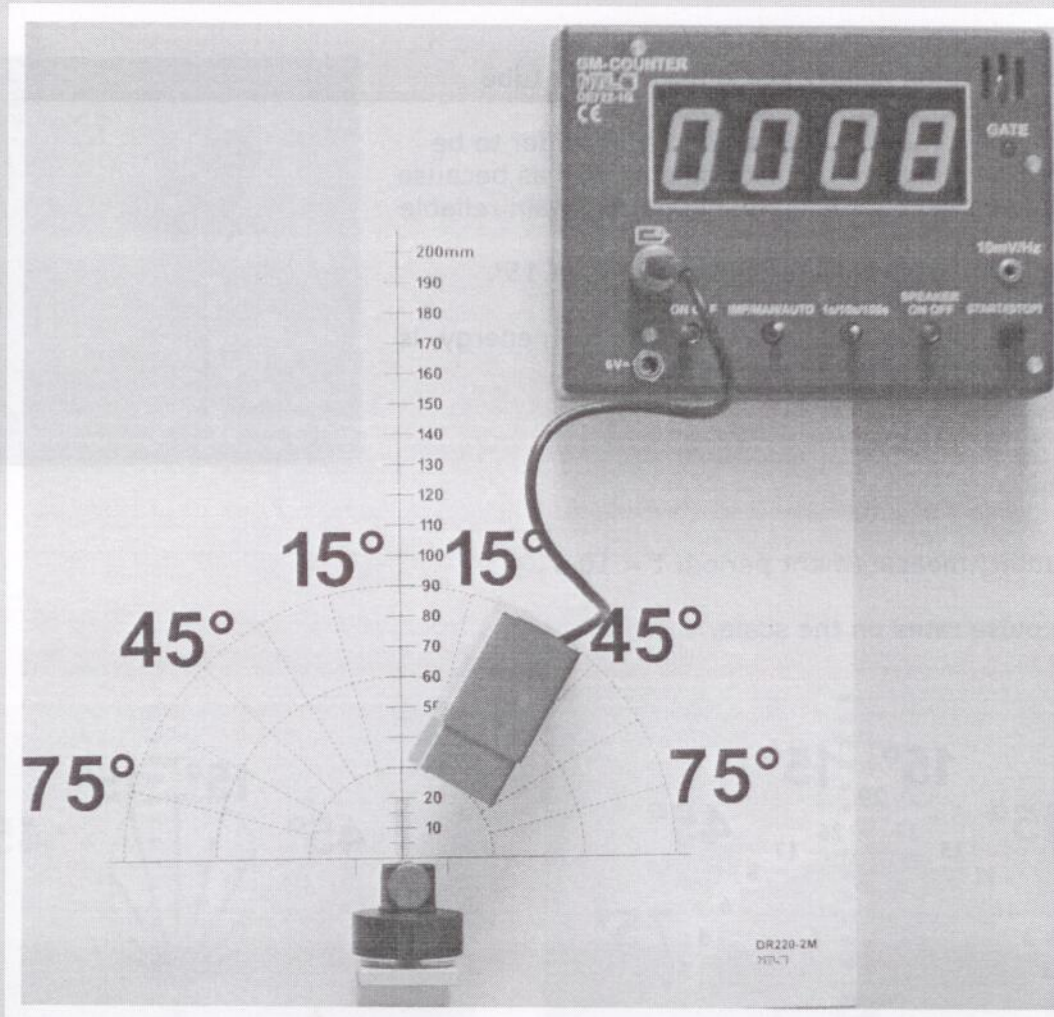
De grafische weergave van de resultaten geeft de kwabvormige bundel goed weer, met de maximale intensiteit in het midden, loodrecht op de stralingsbron.

BEHAVIOUR OF BETA RADIATION IN A MAGNETIC FIELD

RAI 3.2

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR213-1A Adapter for deflection in radioactive substances
- 1x DE407-1A Button magnets, pair
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity



www.cma-science.nl

NTL

GEDRAG VAN BETASTRALING IN EEN MAGNETISCH VELD

RAI 3.2

Bètadeeltjes zijn elektronen die gevormd zijn tijdens het radioactieve overgangsproces en ze kunnen zich verplaatsen met bijna de lichtsnelheid, afhankelijk van hun energie. Als bètadeeltjes zich bewegen loodrecht op een magnetisch veld, zijn ze onderhevig aan de Lorentzkracht omdat ze, net als een elektronenstroom, een soort stroom vormen. Bij een constante snelheid in een magnetisch veld van constant sterkte, bewegen zich langs een omloopbaan. De straal van deze baan hangt af van de deeltjessnelheid en de sterkte van het magnetisch veld.

Bètastraling heeft een continu energiespectrum, zodat bètadeeltjes die uitzenden vanuit een enkele bron enkele graden kunnen afwijken. Door dit effect in een tekening vast te leggen kunnen de verschillende hoeveelheden deeltjesenergie zelfs bij wijze van proef worden vastgesteld. Hiervoor moeten we de telling voor bepaalde banen afzetten tegen de dichtheid van de magnetische flux.

Doel van deze proef is om de magnetische afwijkingen van bètastraling zichtbaar te maken en het daarmee te kunnen identificeren als straling die negatief geladen deeltjes omvat.



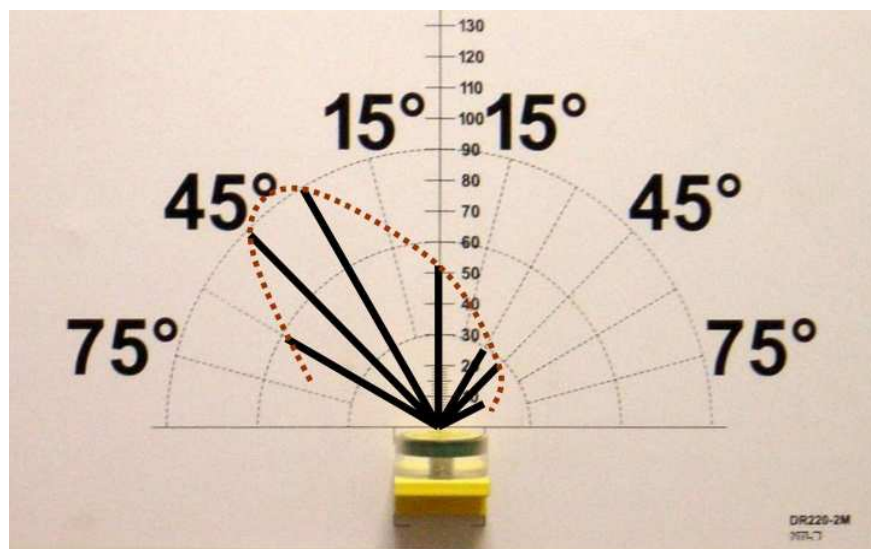
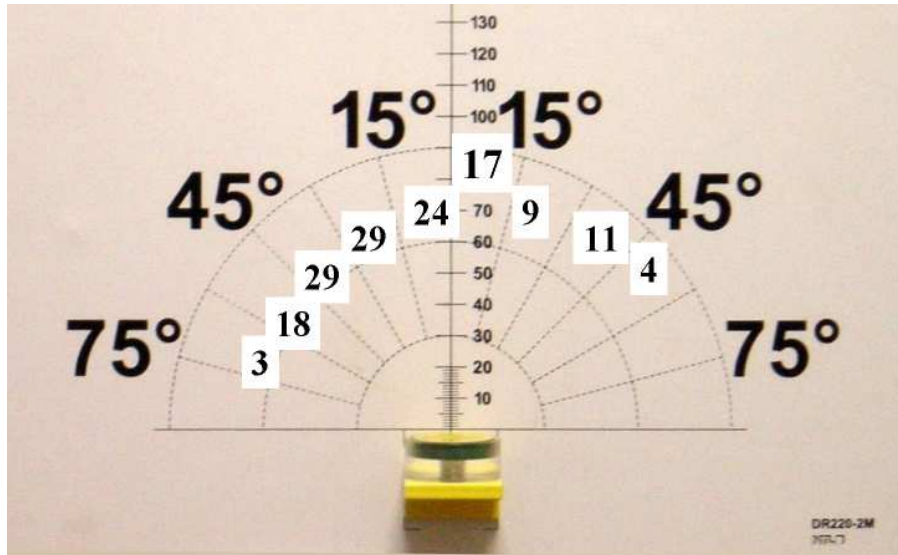
Met twee ronde magneten die met wat tussenruimte gemonteerd zijn maken we het magnetisch veld. De wederzijdse aantrekkingskracht houdt ze op de plaats. De houder met tussenruimte zetten we vlakbij de houder van de stralingsbron. Als we de bètastraling, en daarmee de elektronen, parallel aan de schaal willen laten lopen, moet het magnetisch veld loodrecht op de schaal worden opgesteld.

GEDRAG VAN BETASTRALING IN EEN MAGNETISCH VELD

RAI 3.2

Grote teller; meettijd: $t = 10$ s

Beweeg de teller rond de stralingsbron met stappen van 15° , en meet het aantal pulsen bij elke stap.



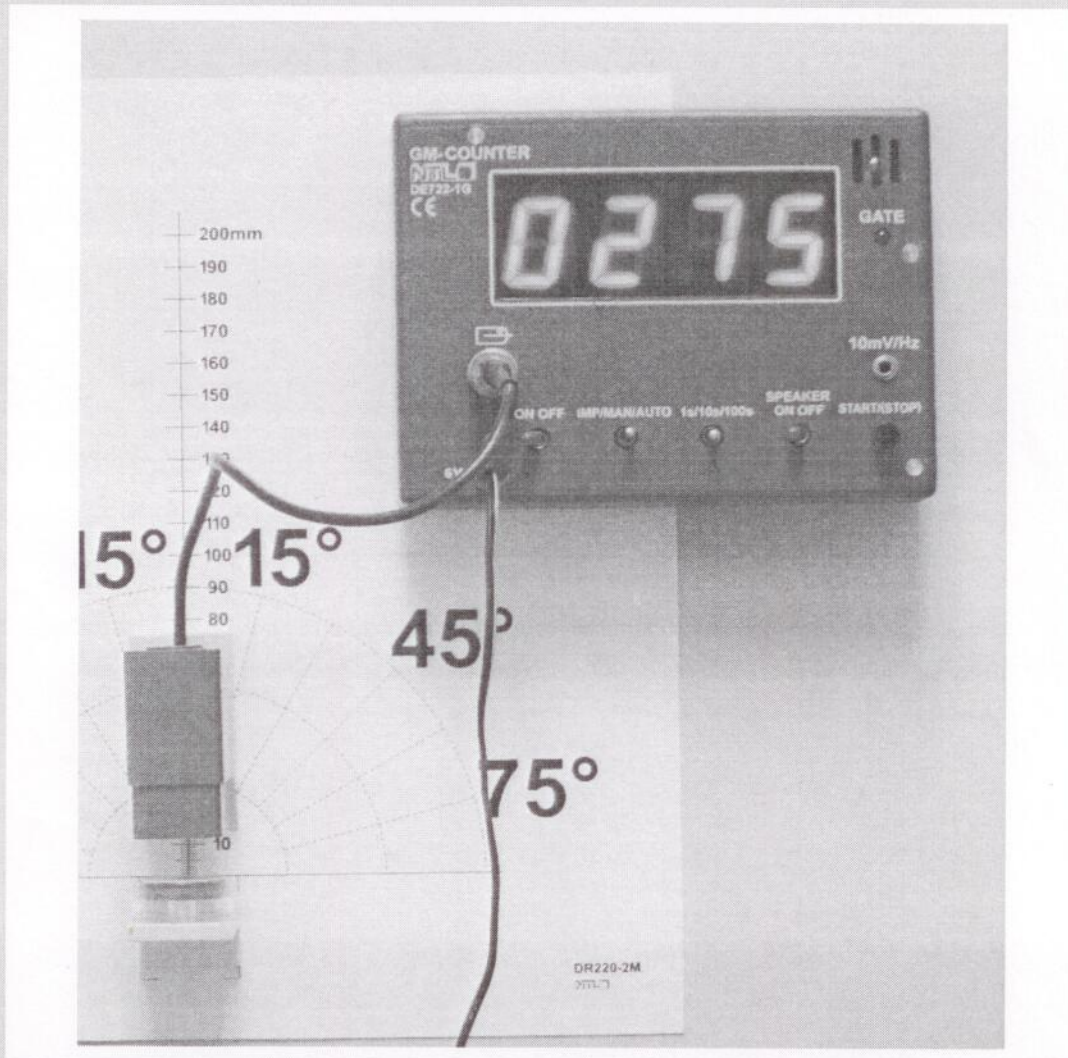
Zowel de metingen als de grafische analyse laten zien dat de baan duidelijk afgebogen wordt door het effect dat de Lorentz kracht erop heeft.

RANGE OF BETA RADIATION IN AIR

RAI 3.3

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

Het bereik van bètastraling hangt grotendeels af van haar energie. In de praktijk loopt dit van een paar centimeters tot zelfs twee meter, dit laatste in het geval van de moeder-dochter isotoop strontium-90/yttrium-90 (Sr-90/Y-90), het zwaarste soort bètastraling en dus met het hoogste energieniveau dat in de praktijk gebruikt wordt. Via nucleaire omzetting produceert strontium yttrium, dat een maximum van 2.3 MeV aan bètastralingsenergie bevat.

Het theoretische bereik van Sr-90 bètastraling is in de lucht meer dan 9 meter. De reden dat zeer actieve strontiumbronnen een praktisch bereik van ongeveer 1.5 meter hebben is hun bètastraling energiespectrum. Dit houdt in dat slechts enkele elektronen de maximale hoeveelheid energie, van 2.3 MeV bevatten, terwijl de meeste, inclusief de bètadeeltjes die we vinden in minder actieve stralingsbronnen, slechts een derde van deze hoeveelheid energie bevatten. Los hiervan vormt bètastraling een kegelvormige baan, zodat steeds minder van de baan wordt waargenomen met de tellerbuis, naarmate de teller verder bij de stralingsbron vandaan wordt bewogen.

Weinig activiteit resulteert in lage tellingen. De gemeten waarden wijken dus nauwelijks af van de nulwaarde; de straling is van een intensiteit die niet meer kan worden onderscheiden van omgevingsstraling. Het gemeten bereik van bètastraling afkomstig van een stralingsbron met lage activiteit is daarom korter dan die van een hoge-activiteit bron.

Met het oog op het grote aantal afzonderlijke metingen die genomen worden, beperken we de meettijd tot $t = 10$ s, zodat de totale meettijd binnen de grenzen van de in de klas te besteden tijd valt. Meer betrouwbare resultaten, die minder gevoelig zijn voor statistische afwijkingen vanwege afzonderlijke metingen, kunnen verkregen worden door een langere meettijd te gebruiken, van $t = 100$ s.

BEREIK VAN BETASTRALING IN LUCHT

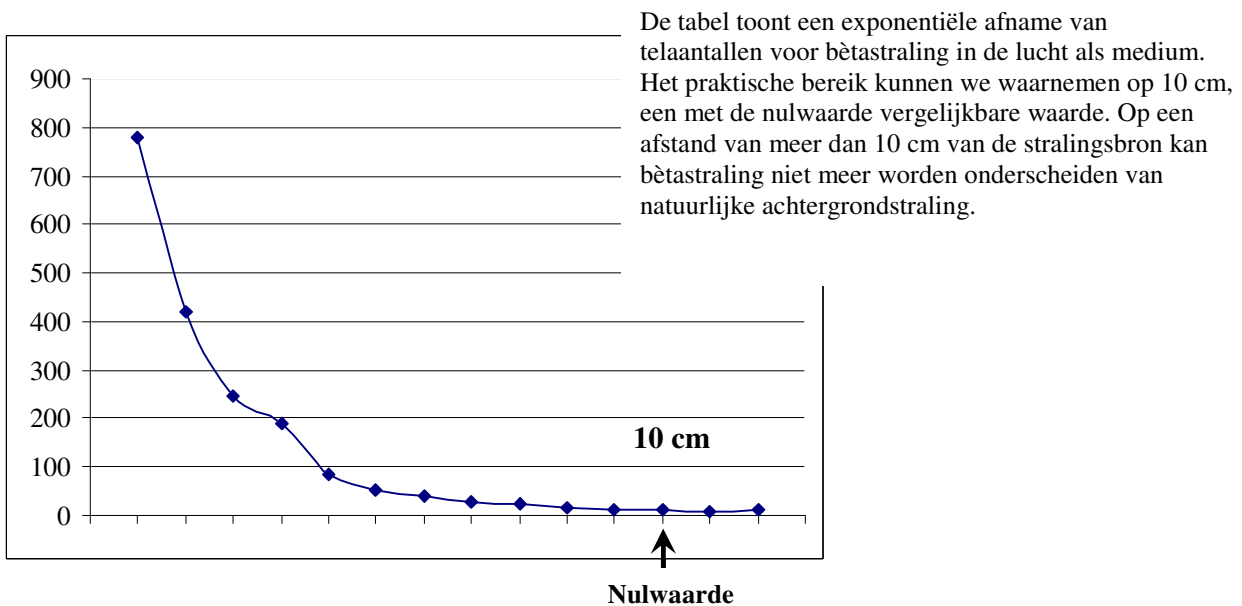
RAI 3.3

Grote teller; meettijd: $t = 10$ s

Afstand in mm

5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
777	419	247	188	85	52	39	30	26	16	12	13	10	11

Telling



Telantallen voor afstanden groter dan 10 cm variëren enorm en benaderen geleidelijk de gemeten nulwaarde. In dit geval hebben we te maken met statistische onzekerheden die nog versterkt worden door verstrooiing, een onvermijdelijk verschijnsel.

Het belangrijkste punt is de sterke afname van de getelde aantallen bij een korte afstand van de stralingsbron. Dit wordt veroorzaakt door de stralingsbundel, met zijn sterk uiteenlopende kegelvorm, en het energiespectrum van de bètastraling. Het laag-energiegedeelte van dit type straling wordt snel door de lucht geabsorbeerd, waarbij alleen de zware componenten enig effect sorteren bij een grotere afstand.

Opmerking:

Hoge blootstelling aan bètastraling is alleen te verwachten op korte afstand tot de bron van de bètastraling.

Nb:

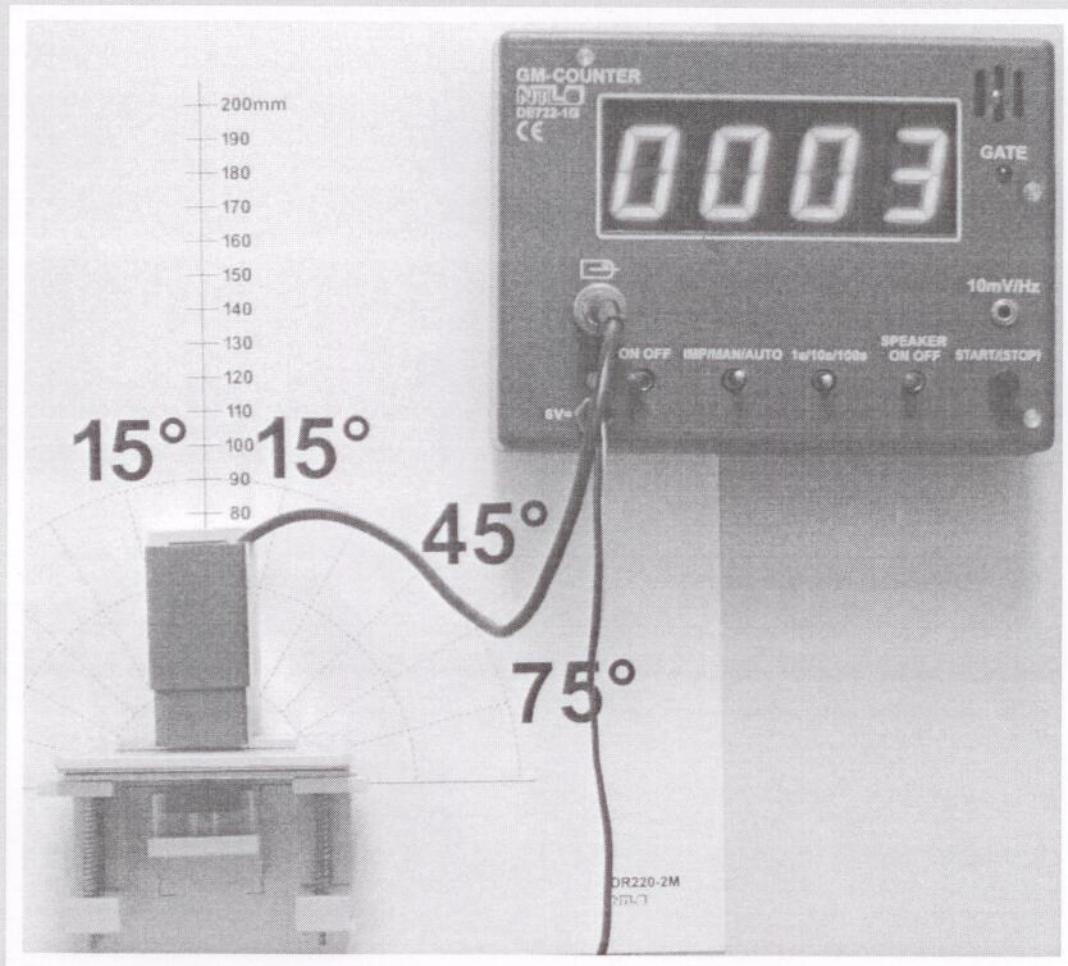


van het menselijk oog zijn met name gevoelig voor blootstelling aan straling.

www.cma-science.nl

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR250-1A Absorption plates, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

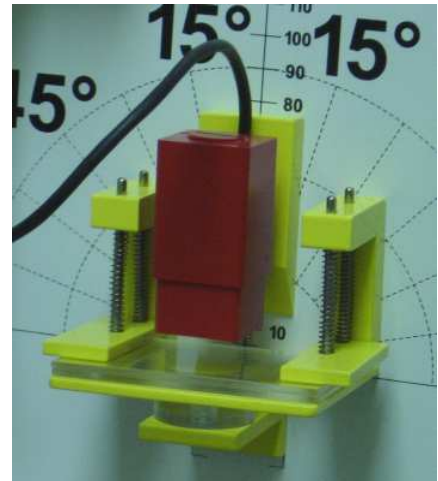
Over het algemeen zijn stoffen met een laag atoomgetal in staat om bètastraling af te zwakken of te absorberen, waarbij buitensporige hoeveelheden remstraling, dat is straling door deeltjesversnelling, worden voorkomen. Normaal gesproken worden sommige soorten plastic, bijv. plexiglas, gebruikt als absorbant.

De plastic afscherming is verder nog bekleed met een externe absorbant van metaal (metalen afscherming) die dient om extra bescherming tegen mechanische en thermische krachten te geven en de dichtheid van de remstraling af te zwakken.

Om te laten zien hoe absorptie afhangt van het gebruikte absorberende materiaal gebruiken we aluminium vellen van 2 mm dikte, bovenop de Plexiglasen panelen van dezelfde dikte.

Proef 1:

Plexiglas platen op de plaathouder met de stralingsbron eronder



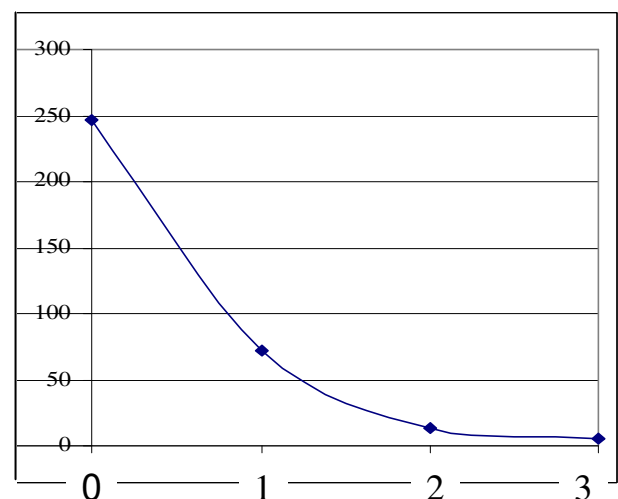
We plaatsen de plaathouder met de absorbanten over de stralingsbron heen en monteren de tellerbuis boven de platen. De afstand tussen het stralingsvenster van de buis en de stralingsbron moet ongeveer 15 mm bedragen.

Grote teller; meettijd: $t = 10$ s

Plexiglas 2 mm dik

Aantal absorbanten	0	1	2	3
Telaantal	247	72	14	5

Achter het 6 mm dikke Plexiglas wordt geen bètastraling meer waargenomen.



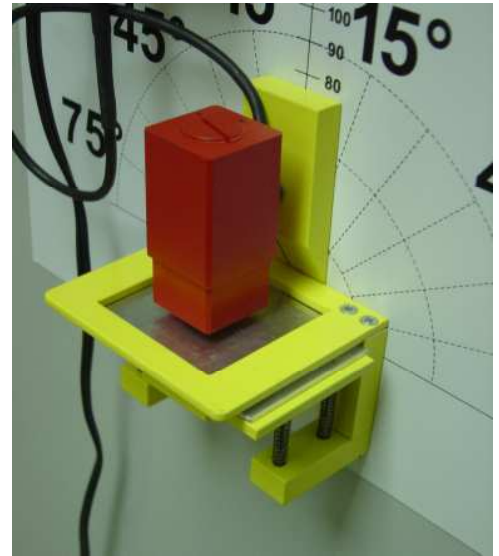
Proef 2:

We doen dezelfde serie nu met twee aluminium platen als absorbanen.

De afstand tussen het stralingsvenster van de buis en de stralingsbronnen moet ongeveer 15 mm bedragen.

Grote teller; meettijd: $t = 10$ s:

Aantal absorbanen.....	Teller
0	238
1	15
2	3



Resultaat:

De gemeten resultaten bevestigen de nucleaire theorie: zelfs hoge-energie bètastraling wordt betrouwbaar afgeschermd door een laag van 4 mm aluminium.

De in deze proef voorkomende remstraling kan niet worden aangetoond door de lage bèta activiteit.

DIKTE METEN VAN TRANSPARANT PLASTIC

RAI 3.5

Omdat harde bètastraling een sterk doordringend karakter heeft bij materialen kunnen we in dit geval slechts kwalitatieve metingen uitvoeren.

Proef:

Vouw een heldere plastic afdekking dubbel (twee lagen plastic) en dan nogmaals (vier lagen plastic), en gebruik het telkens als absorbant.

Afstand tussen het stralingsvenster van de buis en de stralingsbron: $d = 15 \text{ mm}$
Meettijd $t = 10 \text{ s}$



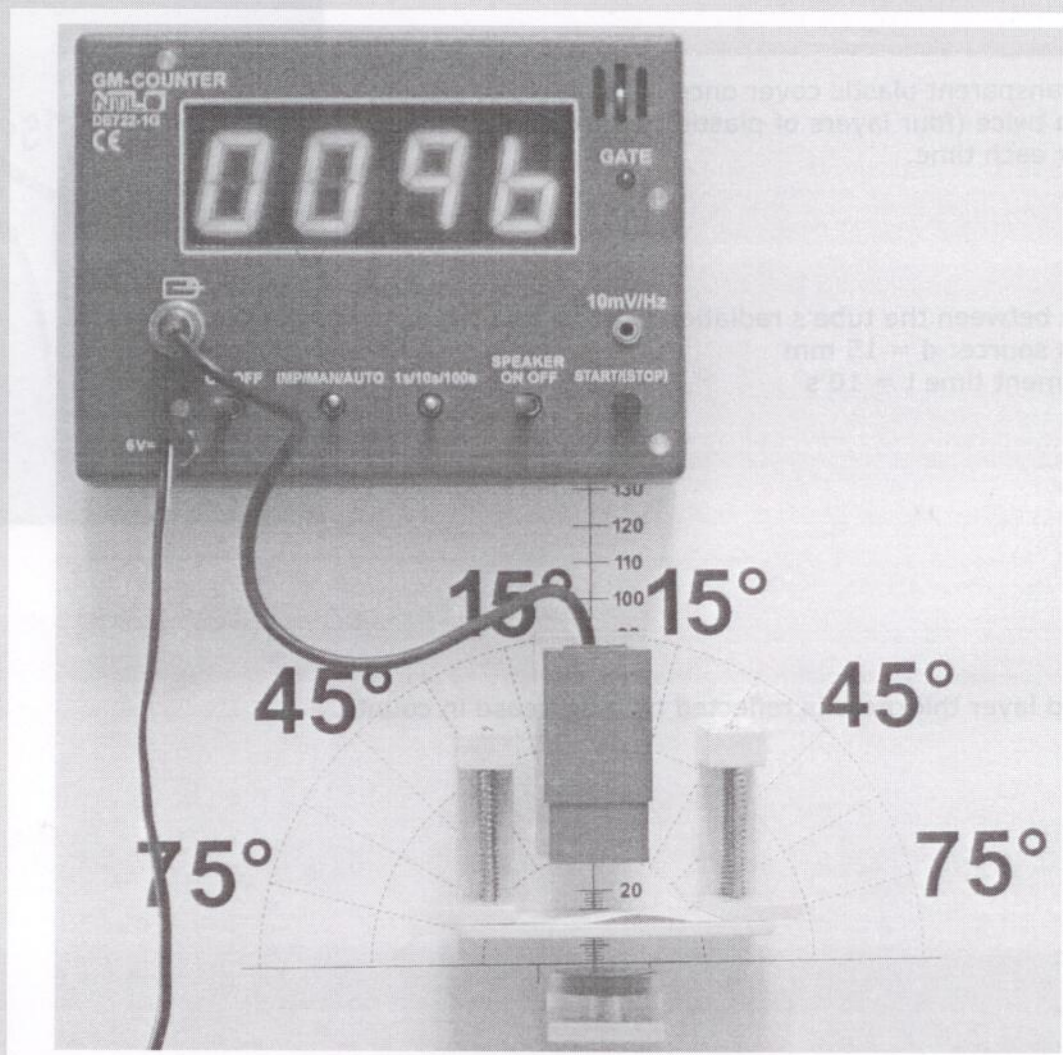
Resultaat:

Verhoogde laagdikte wordt zichtbaar door een afname in pulsaantallen.

EXTERNAL EXPOSURE TO BETA RADIATION

RAI 3.6

Required Kit:
P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity
- 1x C7418-2A Lab knife



www.cma-science.nl

NTL

EXTERNE BLOOTSTELLING AAN BETASTRALING

RAI 3.6

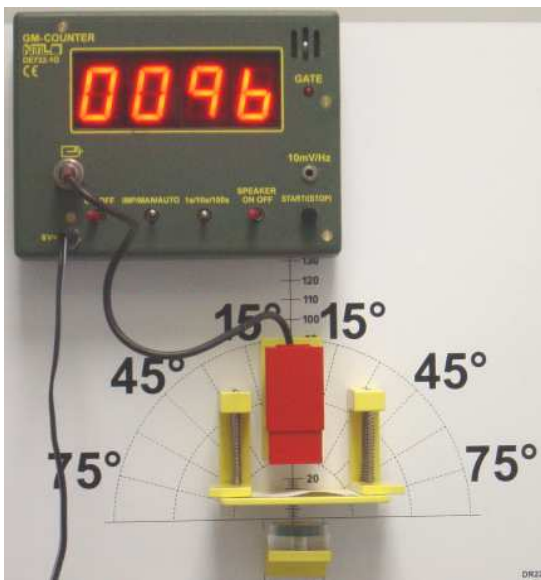
We gebruiken een plakje worst om zacht weefsel te simuleren. Bolognaworst, of Mortadella, heeft ongeveer dezelfde dichtheid als zacht weefsel en bestaat voor het merendeel uit dezelfde ingrediënten, zodat het een realistische vervanger is.

We kiezen een dikte van 10 mm voor de plak worst, omdat dit de dikte van de absorbeerlaag is die door EURATOM wordt voorgeschreven en die conform de Europese wetten voor stralingsbescherming is, als het gaat om het meten van stralingsdoses van zacht weefsel bij bètastraling.

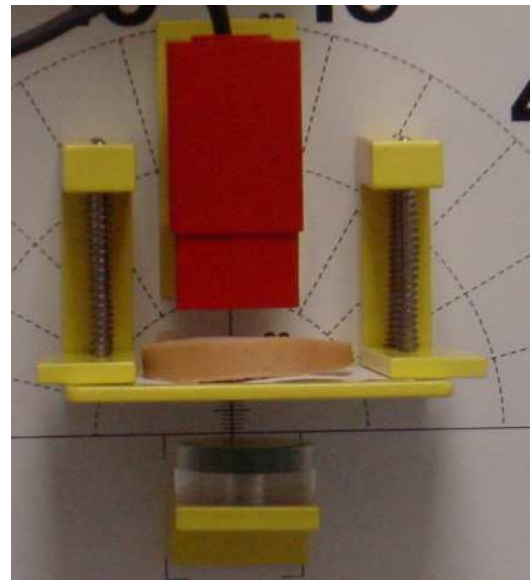
Oppervlakedosis (huid dosis) is het begrip voor het aanduiden van de hoeveelheid absorptie wanneer praktisch alle stralingsenergie wordt geabsorbeerd binnen een laag van 10 mm zacht weefsel. Daarnaast dringt dit soort straling door de huid heen, en veroorzaakt zo een diepe dosis.

Afstand tussen het stralingsvenster en de stralingsbron: $d = 10 \text{ mm}$

Meettijd: $t = 10 \text{ s}$



Papier stelt de huid als absorbant voor



Een plak worst van 1 cm dik stelt zacht weefsel voor

	Grote teller
Geen absorbant	105
Papier (model van huid)	96
Plakje worst, 1 cm dik (model zacht weefsel)	2

Terwijl de huid weinig bètastraling opneemt, wordt alle bètastraling opgenomen door de plak worst van 1 cm.

Het model van de huid (bijv. een vel papier) laat zien dat bètastraling nauwelijks wordt geabsorbeerd door de bovenste huidlagen. De huid is daarom geen effectieve belemmering tegen de externe blootstelling aan bètastraling.

De meeste stralingsdoses dringen direct door tot het weefsel onder het huidoppervlak, maar de lage-energie component van bètastraling heeft de meeste invloed. De hoeveelheid oppervlakkige blootstelling aan straling noemt men daarom ook wel de oppervlakedosis of huiddosis. Bètastraling tast het onderliggende weefsel niet aan.

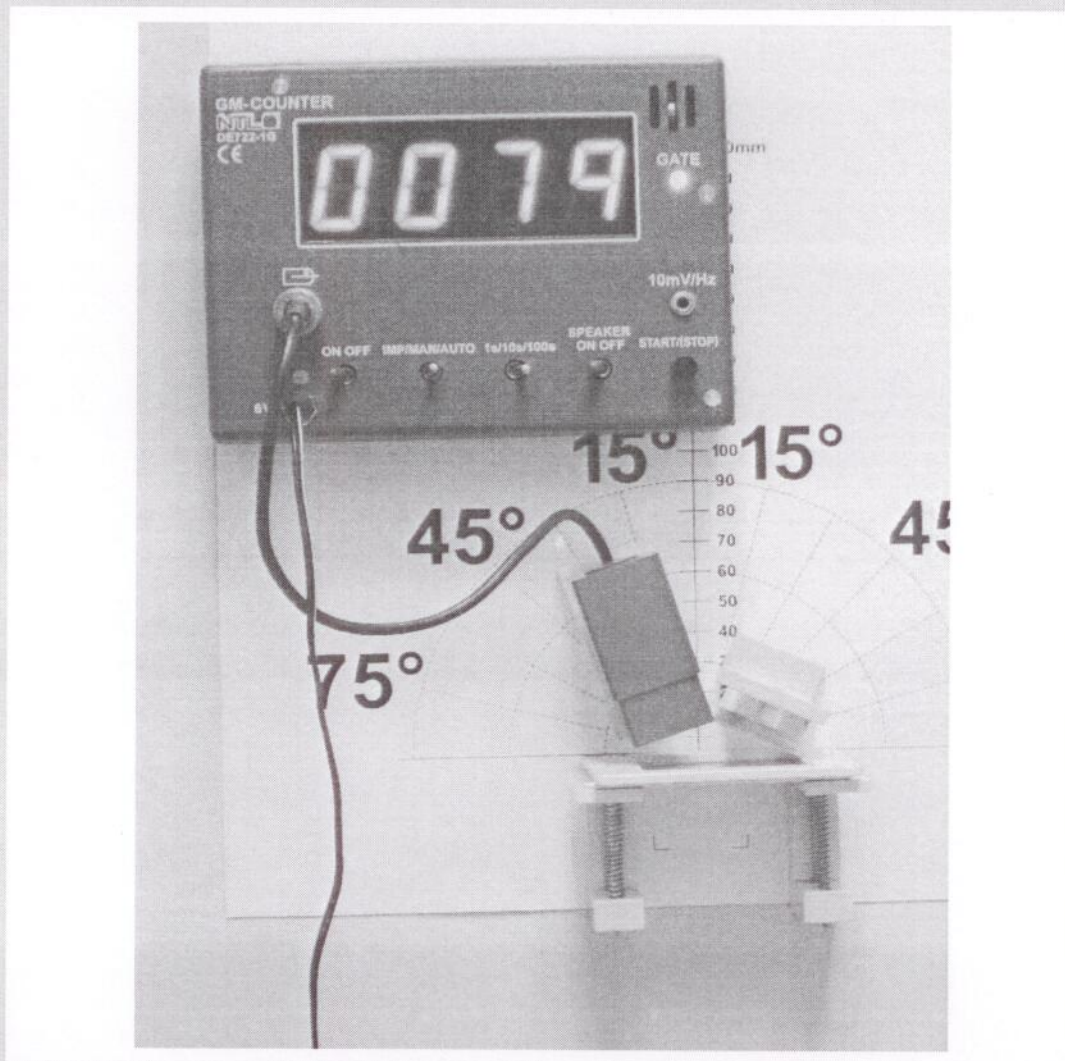
Het oog, en in het bijzonder de oog lens, is het orgaan van ons lichaam dat het meest gevoelig is voor bètastraling. Het rood worden van de huid treedt alleen op na een hoge dosis in het bereik van meer dan 1 sievert. De dosis van de stralingsbron gebruikte hoeveelheden tot 1 micro-sievert tijdens de toegepaste blootstellingstijd, d.i. $t = 10$ s.

De 2.3 MeV bètastralingsenergie afkomstig van Sr-90, technisch gezien een hoge-energie bètastralingsbron, wordt veilig afgeschermd door elk materiaal met een specifieke oppervlakedichtheid van 1 g/cm^2 , bijvoorbeeld een stuk van 1 cm dik Plexiglas.

Bètastraling vertoont een energiespectrum, dat een lage-energie component tot gevolg heeft die praktisch volledig wordt geabsorbeerd vlakbij het oppervlak, terwijl het resterende hoge-energiegedeelte dan geleidelijk wordt geabsorbeerd met toenemende diepte. Bètastraling wordt geabsorbeerd in overeenstemming met de absorptiewet, uitgedrukt als $I(x) = I(0) \cdot e^{-\mu x}$, waarbij de diepte x wordt gemeten in g/cm^2 en μ de massa-energie absorptie voorstelt, een factor die vrijwel geheel afhangt van de hoeveelheid bètaenergie.

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR250-1A Absorption plates, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

Bètastraling wordt gedeeltelijk weerspiegeld door weerkaatsend materiaal, omdat de elektronen die de bètastraling vormen invloed hebben op de elektronen die op hun beurt de schede's van het materiaal vormen.

De mate van terugkaatsing, in verhouding tot het atoomgetal van het terugkaatsende materiaal, benadert haar verzadigingspunt wanneer de dikte van het weerkaatsende medium steeds verder toeneemt. De waarde van de verzadiging is niet meer dan 200 mg/cm^2 .

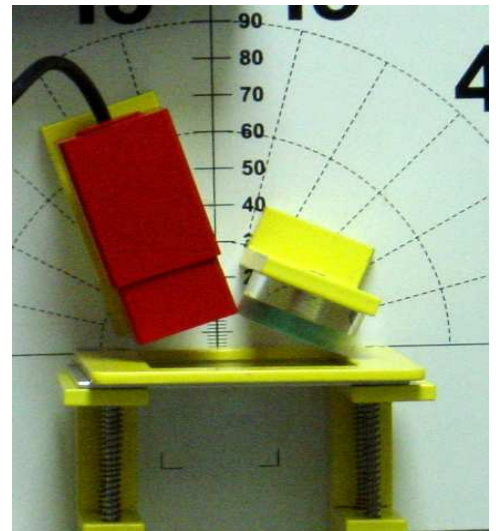
Zorg er tijdens het plaatsen van de tellerbuis en de stralingsbron voor dat er zo weinig mogelijk bètastraling vanuit de bundel direct in de buis terechtkomt, en hou tegelijkertijd rekening met de reflectiewet. De optimale plaatsing zal een compromis zijn tussen deze twee parameters. Om de tellingen zo goed mogelijk te kunnen meten moet de afstand tussen de stralingsbron en de reflector tot een minimum beperkt moeten zijn.

De indeling van de proef wordt daarom als volgt:

Grote teller; meettijd: $t = 100 \text{ s}$

Reflector	Telling
Geen reflector	52
Aluminium 2 mm dik	116
Lood 2 mm dik	219

We kunnen duidelijk zien dat de mate van terugkaatsing een duidelijk verband vertoont met het soort weerkaatsend materiaal.



Resultaat:

De mate van terugkaatsing neemt toe met het atoomgetal van het terugkaatsende materiaal.

We kunnen de weerkaatsende straling identificeren als bètastraling door een stukje Plexiglas van 1 cm dik in de terugkaatsende bundel te houden (dit geldt voor Sr-90). In dit geval daalt het pulsaantal steil.

De “eenvoudige” wetten, van toepassing op gammastraling, zijn de omgekeerde kwadratenwet, die de voortplanting van gammastraling door de lucht beschrijven (dit omvat ook absorptie door de lucht), en de wet volgens welke demping exponentieel toeneemt met de dikte van het absorberende materiaal.

Beide wetten veronderstellen een puntvormige bron van gammastraling (met een doorsnede die kleiner is dan 6 maal de afstand tussen de bron en de detector, in dit geval een ideale kegelvormige bundel). Deze verhoudingen houden geen rekening met verstrooiingseffecten bij absorptie.

De omgekeerde kwadratenwet houdt in dat de dosishoogte, en daarmee de intensiteit, van gammastraling recht evenredig is met de activiteit. Omdat de straal uiteenloopt tot een kegelvorm, wordt viermaal de oppervlakte blootgesteld aan straling op tweemaal de afstand. Daarom neemt de stralingsintensiteit af evenredig aan het kwadraat van de afstand. Over het algemeen zien we dat lucht ook een absorberend effect heeft. Maar, voor Co-60, een soort hoge-energie gammastraling, is de halfwaarde laag van lucht (dat is de dikte nodig om de intensiteit te halveren) niet minder dan 120 m.

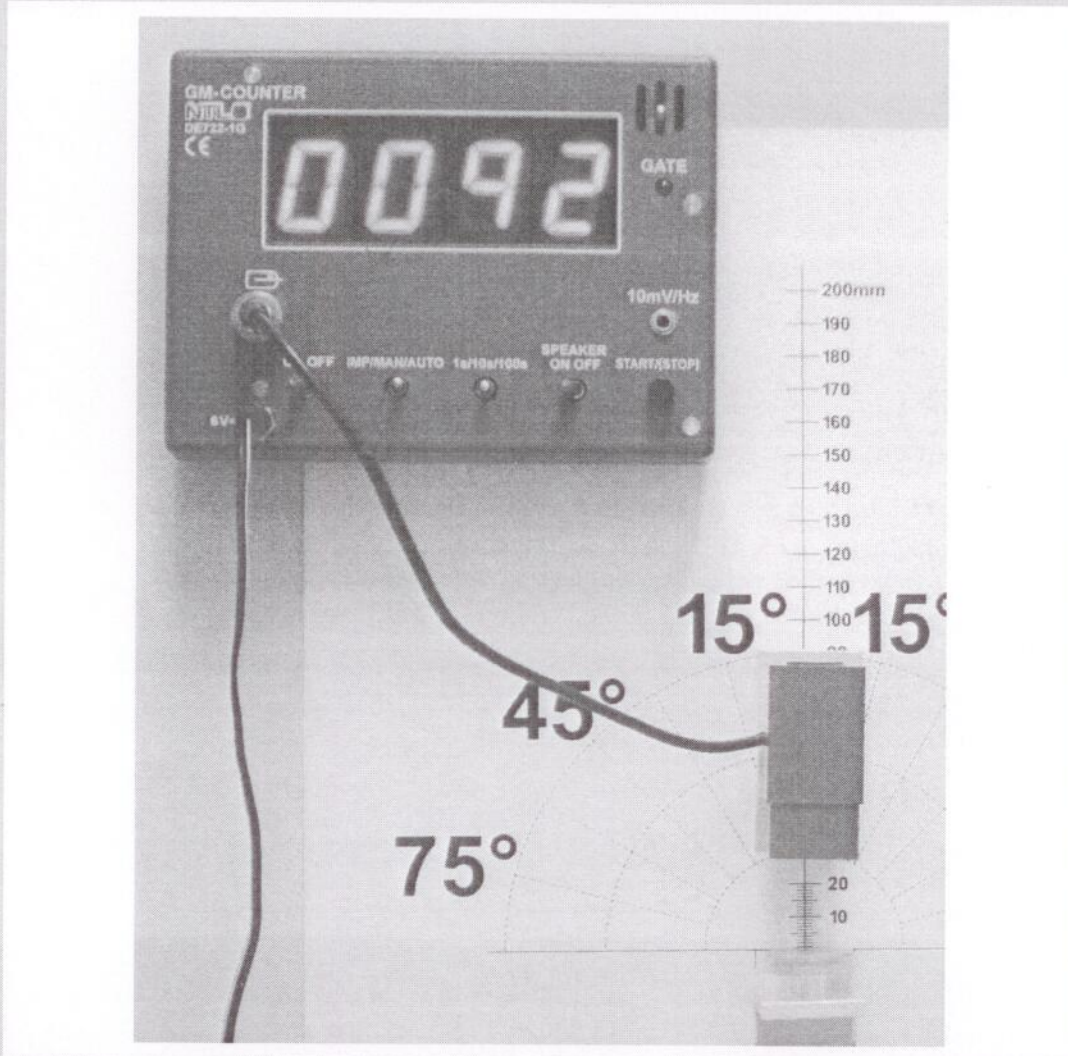
Het theoretisch bereik van gammastralen is oneindig; slechts de intensiteit van de straling kan worden verzwakt indien nodig. Het praktische bereik van de stralen is echter beperkt tot het punt waarop ze niet langer kunnen worden onderscheiden van achtergrondstraling. Daarom hangt het bereik niet alleen af van het energieniveau, maar neemt dit ook toe met de hoeveelheid activiteit.

RANGE OF GAMMA RADIATION IN AIR: THE INVERSE SQUARE LAW

RAI 4.1

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity



www.cma-science.nl

NTL

BEREIK VAN GAMMASTRALING IN LUCHT: OMGEKEERDE KWADRATENWET

RAI 4.1

De intensiteit van een puntvormige gammastralingsbron varieert op dezelfde manier als de intensiteit van een puntvormige lichtbron: op tweemaal de afstand bedekt de straal tweemaal de oppervlakte, hetgeen inhoudt dat de intensiteit afneemt bij het kwadraat van de afstand.

Het volgende geldt: $I(x) \propto \frac{1}{x^2}$ or $I(x) \cdot x^2 = \text{const.}$

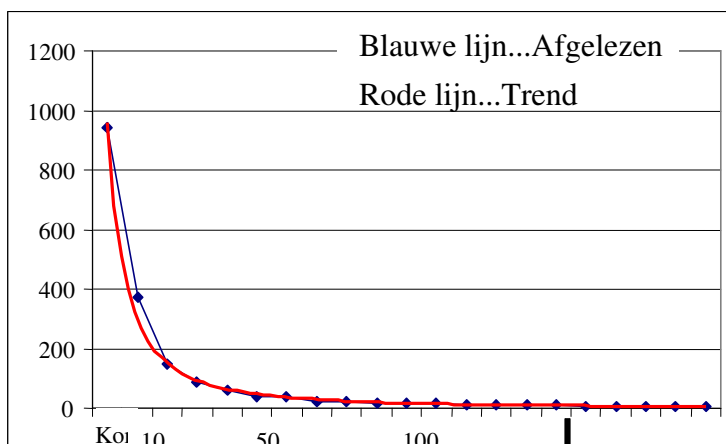
Het resultaat is het "dosisgebied produkt", een waarde die constant blijft, onafhankelijk van de afstand vanaf enige puntvormige stralingsbron.

Grote meter; meettijd: $t = 10 \text{ s}$

Afstand in mm

Contact	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130	150	170	200
945	$\frac{37}{4}$	149	89	61	40	41	24	23	19	16	16	11	9	8	6

Telling



Door de lage activiteit van de hier gebruikte bron is het praktische bereik in de lucht van deze gammastraling **niet meer dan 15 cm.**

↓ Afstand in stappen van 10 mm
Nulwaarde

Een belangrijke conclusie voor de praktische bescherming tegen straling:

Om uzelf te beschermen, "houdt afstand"!

BEREIK VAN GAMMASTRALING IN LUCHT: OMGEKEERDE KWADRATENWET

RAI 4.1

De gemeten hoge waarden, in het bijzonder in de directe nabijheid tot de stralingsbron, houden in:

- Dat u nooit het stralingsvenster van een stralingsbron mag aanraken
- Dat afstand houden de dosis verlaagd
- Dat afstand houden als u zeer dichtbij de stralingsbron bent de dosis het sterkst verlaagd
- Dat het weinig zinvol is om een overdreven grote afstand te houden als u al voldoende afstand heeft tot de bron.

De omgekeerde kwadratenwet is moeilijk aan te tonen in proeven, omdat we door de kleine afstanden die hier mogelijk zijn toch al moeten aannemen dat de stralingsbron puntvormig is. Als we voor het testen van intensiteit en nabijheid een stralingsbron gebruiken die niet puntvormig is, dan geldt de regel dat de omgekeerde kwadratenwet, in de meest basale vorm, slechts een bovengrens geeft voor de verwachte waarden, terwijl de gemeten waarden feitelijk veel lager kunnen liggen. Bij een grotere afstand, terwijl de stralingsbron feitelijk gelijk is aan een punt, zakken de tellingen tot een bereik waarbij het nodig is om buitengewoon lange meettijden toe te passen om voldoende nauwkeurige resultaten te bereiken.

De wiskundige test wordt verschaft door het product $I(x) \cdot x^2$, waarbij de intensiteit wordt weergegeven door de telling en x de afstand is.

Als we ervan uitgaan dat de stralingsbron zich bevindt in een gat van 4 mm diep, dan mondt de analyse uit in de volgende gegevens:

$I(x)$	x (m)	x^2 (m ²)	$I(x) \cdot x^2$
945	0.004	0.000016	0.015
374	0.014	0.000196	0.073
149	0.023	0.000529	0.079
89	0.034	0.001156	0.103
61	0.044	0.001936	0.118
40	0.054	0.002916	0.117
41	0.064	0.004096	0.168
24	0.074	0.005476	0.131
23	0.084	0.007056	0.162
19	0.094	0.008836	0.168
16	0.104	0.010816	0.173

Let op:

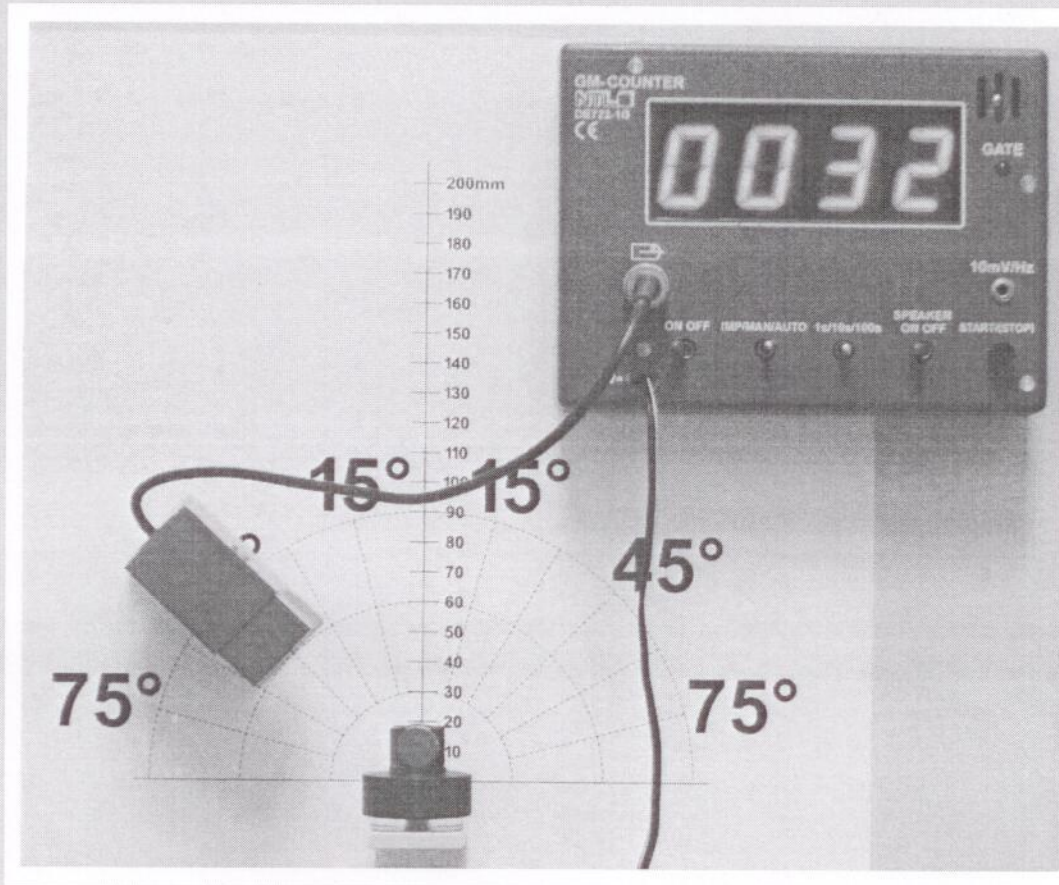
Als u experimenteert met een lage-activiteit stralingsbron, dan is het heel moeilijk om de omgekeerde kwadratenwet aan te tonen uitsluitend op basis van eenvoudige wiskunde.



GAMMA RADIATION NOT DEFLECTED IN A MAGNETIC FIELD

RAI 4.2

Required Kit:
P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR213-1A Adapter for deflection in radioactive substances
- 1x DE407-1A Button magnets, pair
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity

GAMMASTRALING WORDT NIET AFGEBOGEN IN EEN MAGNETISCH VELD

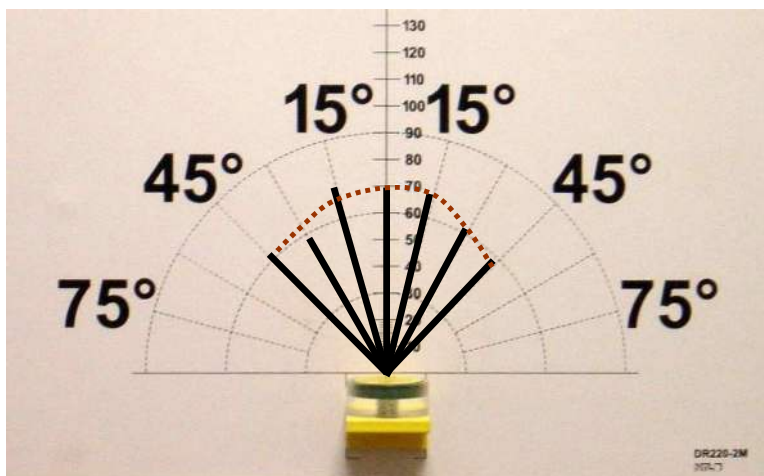
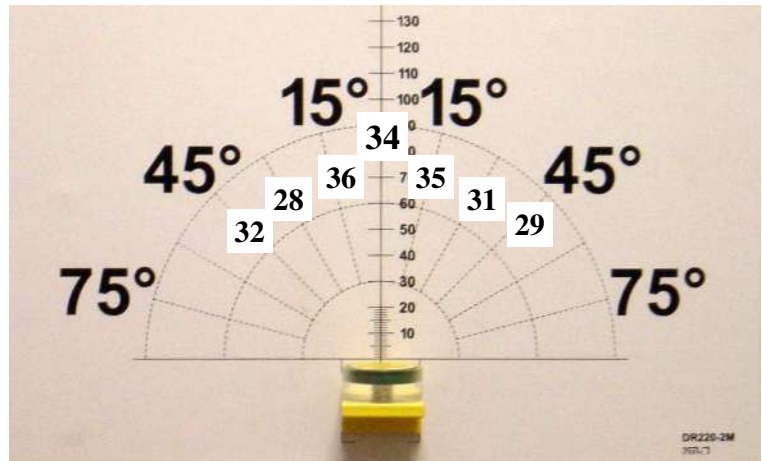
RAI 4.2

Gammastraling vormt een elektromagnetische golf, dat wil zeggen dat het uit fotonen bestaat. Alleen deeltjes die een elektrische lading dragen worden afgebogen in een magnetisch veld. Dit is waarom gammastralen niet worden afgebogen wanneer ze door een magnetisch veld lopen.

Neutronen worden ook niet door magnetische velden beïnvloed. De in deze serie proeven gebruikte stralingsbronnen zenden helemaal geen neutronenstraling uit.

Grote meter;
Meettijd: $t = 10$ s

Meten van de straal geeft de volgende uitkomsten:

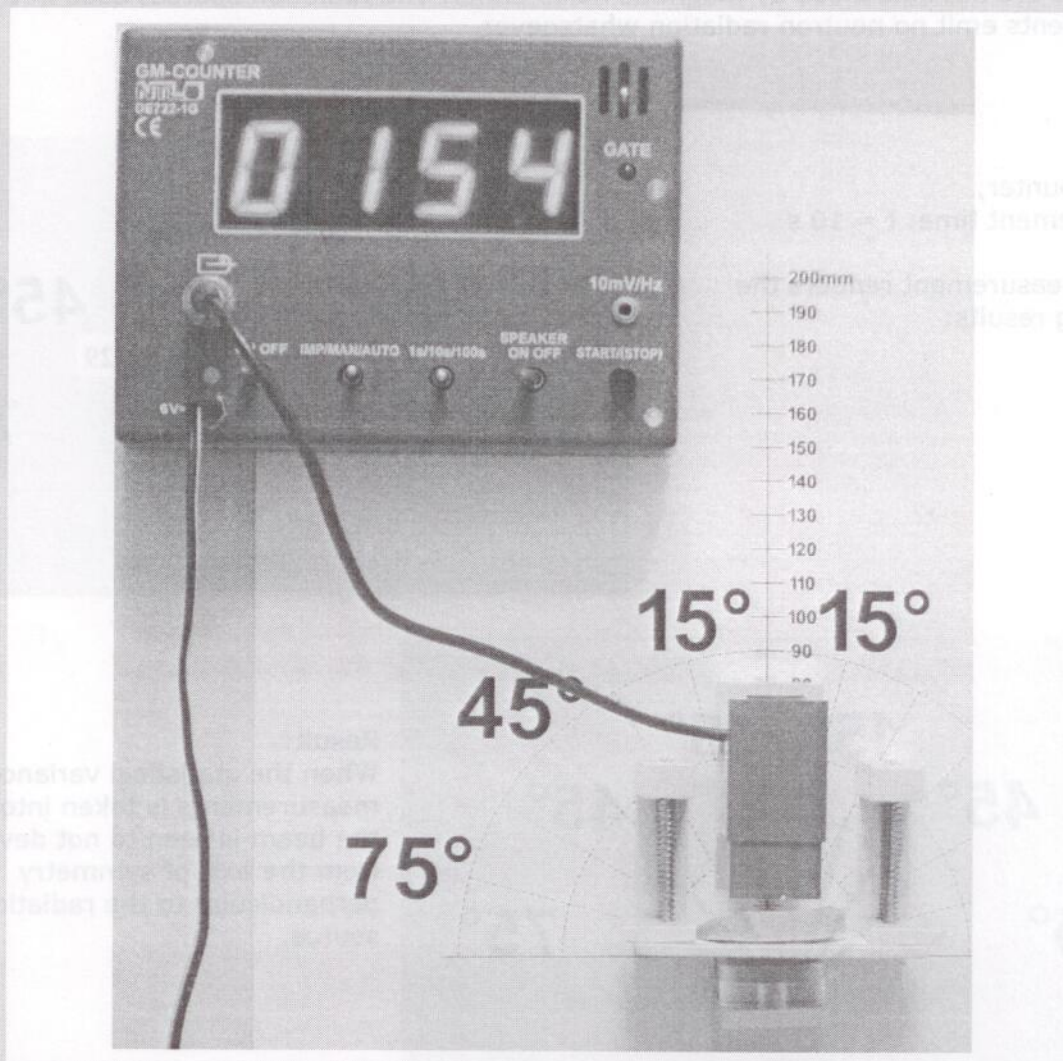


Resultaat:

Wanneer we rekening houden met de statistische variatie van metingen dan zien we dat de straal niet afwijkt van de symmetrische as die loodrecht op de stralingsbron staat.

Required Kit:

P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity
- 1x C7418-2A Lab knife

Absorbtieproeven met plakken worst laten zien dat een hoge-energie gammastraling uitmondt in slechts een hele kleine dosis in de huid dichtbij het oppervlak; echter verder naar beneden tasten deze stralen duidelijk de inwendige organen aan en zijn ze in staat om in het grootste deel van het lichaam door te dringen.

We drukken deze diepere effecten van gammastraling vaak uit in termen van de "half-waarde laag". De afbeelding laat de laagdikte zien die nodig is om de stralingsintensiteit tot de helft van zijn waarde te laten afnemen.

Voor de hoge-energie gammastralingsbron Co-60 is de half-waarde laag van spierweefsel ongeveer 12 cm.

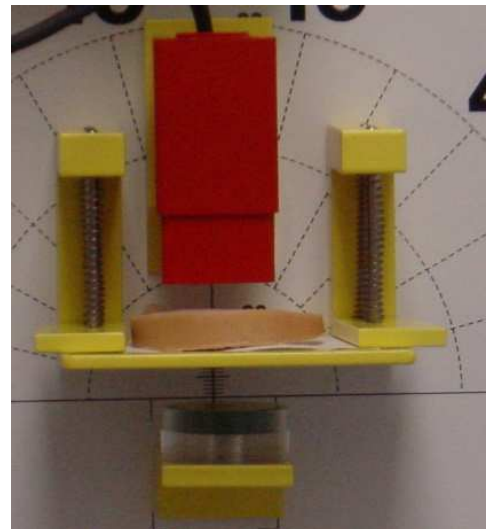
We gebruiken papier als model voor de huid en een plakje worst van 1 cm dik stelt een laag van zacht weefsel voor met dezelfde dikte.

We gebruiken een dikte van 10 mm omdat EURATOM, en de daarmee samenhangende Europese stralingsbeschermingswetten, een laag van 1 cm zacht weefsel beschrijven als hulpmiddel om een onderscheid te kunnen maken tussen de oppervlakkige en inwendige effecten van straling. Elk type straling dat in een dergelijke laag doordringt beschouwen we als zijnde van het "doordringende" soort straling, die in staat is om het menselijk lichaam inwendig aan te tasten, bijvoorbeeld bij gebruik van orgaandoses.

Zet de absorbeerder op een afstand van 2 cm tot de Co-60 stralingsbron.

Een stukje papier stelt de huid voor en een plakje worst dient als model voor zacht weefsel.

Grote meter; meettijd: $t = 10$ s



	Teller	Geabsorbeerd (teller)
Zonder absorbeerder	165	
1 stuk papier (huidmodel)	162	3
1 plakje worst (zacht weefselmodel)	149	13

Noch de huid, noch zacht weefsel absorberen hoge-energie gammastraling tot op enig waarneembaar niveau. Daaruit mogen we concluderen dat gammastraling slechts een minimale oppervlakedosis (huid dosis) produceert, echter wel een hoge dieper doordringende dosis.

Resultaat:

Een stralingsdosis is het gevolg van het absorberen van energie. De hier verkregen tellingen laten zien dat het huidmodel bijna geen absorptiecapaciteit vertoont en het zachte-weefselmodel slechts een klein beetje. De door de hoge-energiestraaling veroorzaakte effecten zijn dus niet beperkt tot de oppervlakte van het lichaam, maar dergelijke straling heeft een diepe dosis tot gevolg, die het hele lichaamsvolume aantast van het lichaam dat zich in de straal bevindt.

Let op:

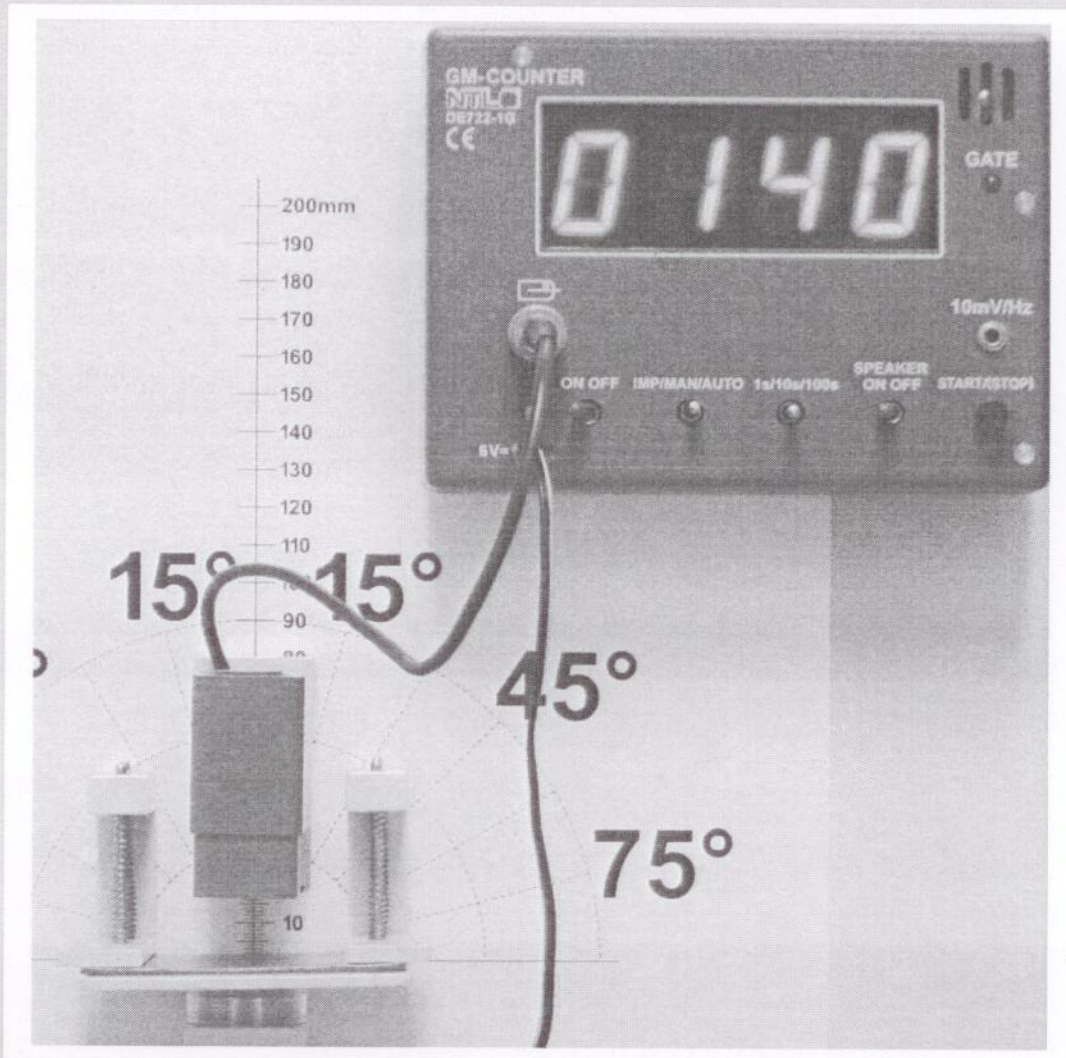
Verder kunnen we laten zien dat het plakje worst niet radioactief geworden is door blootgesteld te zijn aan straling. Om dit te doen neemt u een meting van het plakje worst zonder de stralingsbron. We zien opnieuw de nulwaarde.

Normaal gesproken kan alleen neutronenstraling voorwerpen radioactief maken, d.w.z. activeren. Door nucleaire foto-desintegratie, ofwel het nucleaire fotoeffect, kunnen hoge-energie röntgenstralen, met veel meer dan 1 MeV energie, een activerend effect hebben. Dit soort röntgenstralen wordt gebruikt bij medische behandelingen.

ABSORPTION OF GAMMA RADIATION

RAI 4.4

Required Kit:
P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR250-1A Absorption plates, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity
- 1x DR210-1P Scale for radioactivity



www.cma-science.nl



© Fruhmann GmbH, Austria

De demping van gammastraling verloopt volgens een exponentiële functie. We drukken de dempingswet als volgt uit:

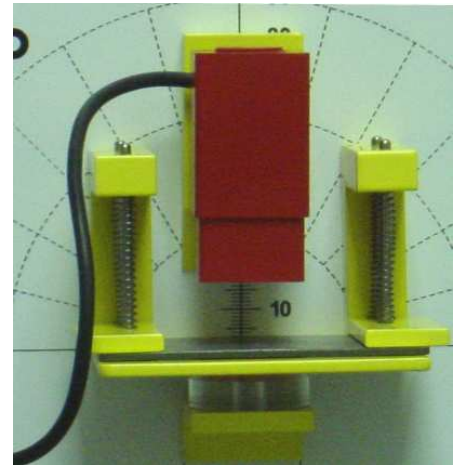
$I(x) = I(0) \cdot e^{-\mu x}$ waarbij x staat voor de doordringingsdiepte in g/cm^2 (massa achter 1 cm^2 oppervlaktegebied) en μ staat voor de massadempingscoëfficiënt in cm^2/g . Delen we de massadempingscoëfficiënt door de dichtheid van de absorberende stof, dan krijgen we in dit specifieke geval de bijbehorende dikte van de absorberende stof.

Proef 1:

Om aan te kunnen tonen hoe de mate van absorptie afhangt van het gebruikte materiaal, gebruiken we hier Plexiglasen platen, aluminium, staal en lood van 2 mm dik.

De absorptiedikte als factor in het absorptieproces laten we zien door enkele loden plaatjes boven op elkaar te plaatsen.

Grote meter; meettijd: $t = 10 \text{ s}$



	Telling
Zonder absorbant	172
2 mm Plexiglas	163
2 mm aluminium	161
2 mm staal	154
2 mm lood	140

De metingen laten zien dat stoffen met een hoger atoomnummer ("zware elementen") beter in staat zijn om gammastraling af te zwakken dan stoffen met een lager nummer.

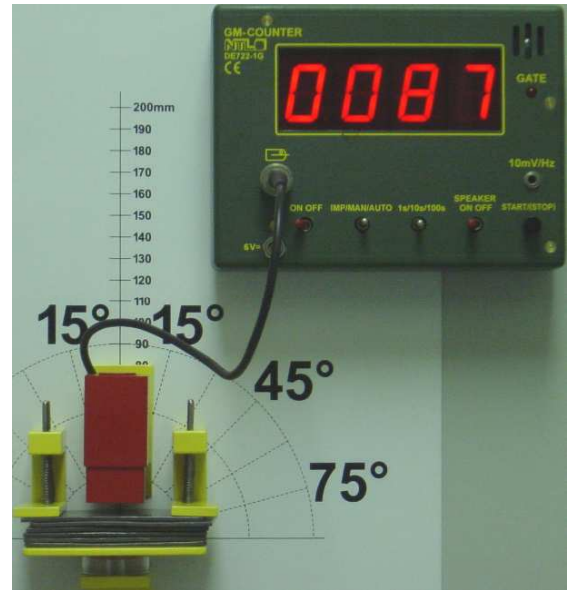
We zien ook duidelijk dat lood in ieder geval gammastraling afschermt.

Toch is hoge-energie gammastraling in staat om zelfs door een 2 mm dikke loodlaag heen te dringen zonder enige waarneembare vorm van afzwakking.

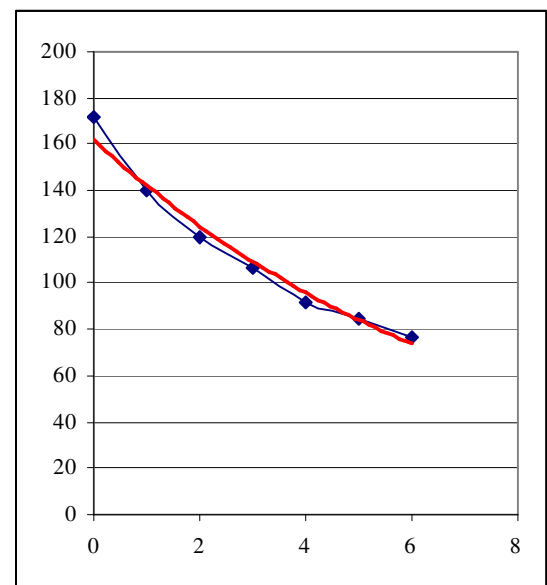
Proef 2:

Hoe dikker het materiaal, hoe meer de gammastraling wordt afgezwakt. We kunnen dit effect demonstreren door loodplaatjes te gebruiken, omdat de voor een halfwaardelaag benodigde looddikte proefondervindelijk kan worden bereikt.

Grote meter; meettijd: $t = 10$ s



Lead plates (2 mm)	
Qty.	Count
0	172
1	140
2	120
3	107
4	92
5	85
6	77



Blue line: Measurements

Red line: Trend

The chart shows the gradual exponential decrease.

The half-value layer for lead when used to shield Co-60 gamma radiation can be found in the table. During nuclear transformation, Co-60 emits two consecutive photons having energies of $E = 1332$ keV and $E = 1173$ keV respectively. This makes it impossible to determine an exact curve describing the absorption behaviour of lead or to accurately determine the half-value layer.



the layer is approx. 12 mm for lead .

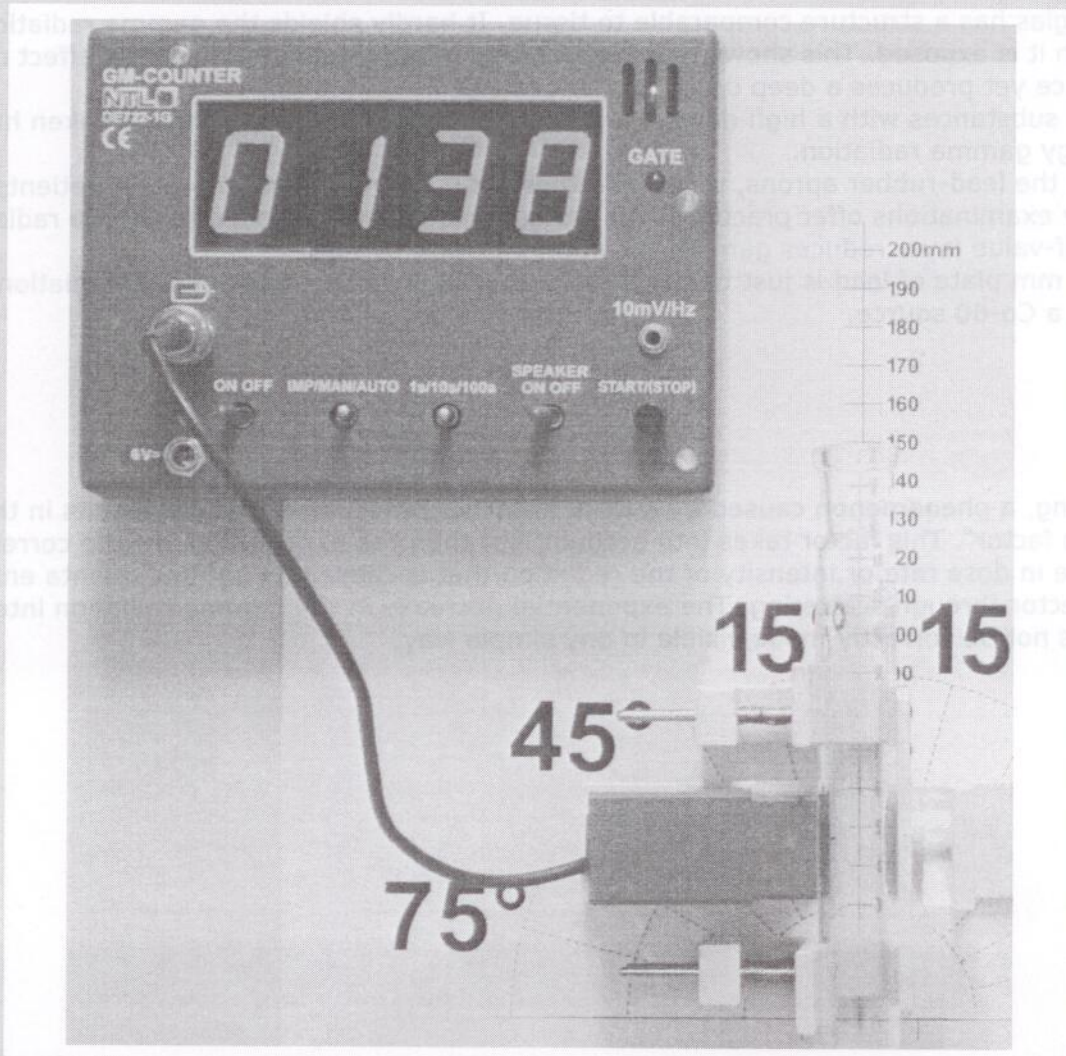
Conclusions based on the measurement results:

- Plexiglas as an absorber:
Plexiglas has a structure comparable to tissue. It hardly shields the gamma radiation to which it is exposed. This shows that high-energy gamma radiation has little effect on the surface yet produces a deep dose.
- Even substances with a high density and atomic number are only able to weaken high-energy gamma radiation.
- Even the lead-rubber aprons, with a thickness of 0.35 mm, used to protect patients during x-ray examinations offer practically no protection against high-energy gamma radiation.
- A half-value layer reduces gamma radiation intensity by half.
A 12 mm plate of lead is just barely a half-value layer for the high-energy radiation emitted from a Co-60 source.

Note:

Scattering, a phenomenon caused by a thick absorber reflecting radiation, results in the "dose build-up factor". This factor takes into account less than the exponential law the corresponding decrease in dose rate or intensity of the radiation that is caused by gamma quanta entering the detector through scattering. The exponential decrease in the gamma radiation intensity can thus not be correctly made visible in any simple way.

Required Kit:
P9901-6R Nuclear science



Material:

- 1x DR291-1Z Geiger-Mueller tube on magnetic base
- 1x DR201-1R Radioactive preparation mount, magnetic
- 1x DR200-1R Radioactive preparations, set
- 1x DR212-1H Absorption plate mount, magnetic
- 1x C3551-2T Test tube, graduated, with sleeves
- 1x DM115-1A Lead weights, 250g
- 1x DE722-1G Geiger-Mueller counter „inno“
- 1x DR210-1F Foil with scale, for radioactivity

Onder de toepassingen die doordringende gammastraling gebruiken vinden we de detectie van materiaalniveau's in ondoorzichtige containers.

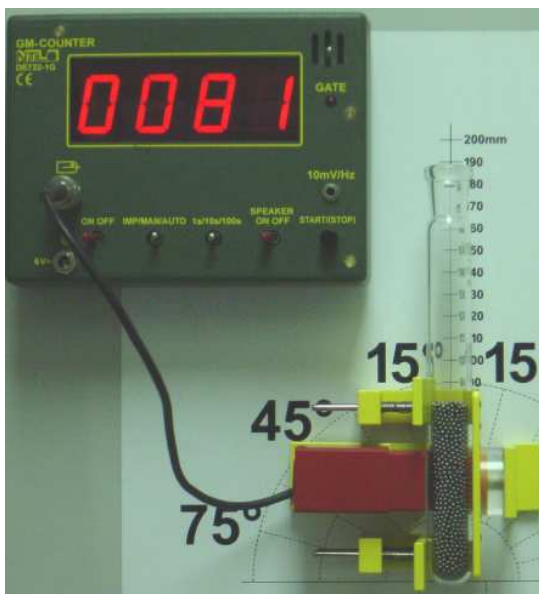
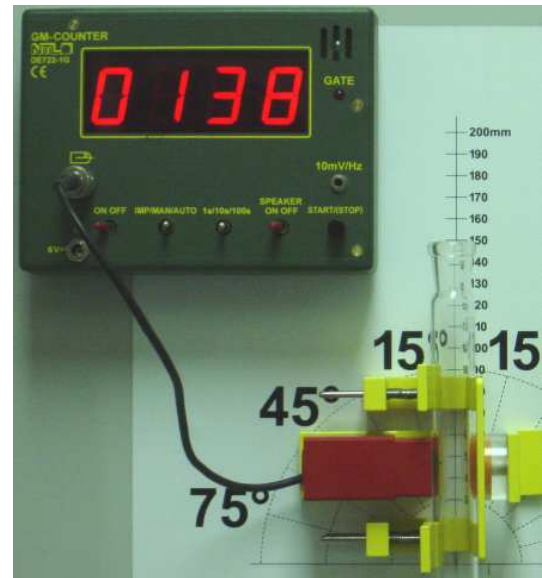
Wanneer het vloeistof- of korrelmateriaalniveau in de container de denkbeeldige lijne tussen de tellerbuis en de stralingsbron bereikt dan wordt de stralingsintensiteit verder afgezwakt, hetgeen te zien is door een afname in de stralingstelling. Deze signaalval wordt doorgegeven aan een stroomkring die op haar beurt de toevoer van nog meer materiaal in de tank of container blokkeert.

We simuleren deze situatie in de proef met een reageerbuis die gevuld is met loden balletjes.

Grote meter; meettijd: $t = 10$ s

Lege reageerbuis: telling = 138 pulsen

We monteren de reageerbuis in de houder.
We plaatsen de stralingsbron en de tellerbuis haaks op elkaar. De straling kan zo door de reageerbuis lopen.



Vul de reageerbuis tot aan het niveau van de stralingsstraal met loden balletjes. Telling = 81 pulsen.

Met de loden balletjes simuleren we een vloeistof.

Wanneer het niveau van het materiaal het niveau van de straal bereikt (of overschrijdt) wordt de intensiteit zwakker en de telling neemt af.

Ter info:

Deze methode wordt in de praktijk gebruikt om niveau's en vulpatronen van gegoten vaste zelfde wijze als vloeistoffen te detecteren. In dergelijke toepassingen worden giën verkregen door een bijpassende gammastralingsbron te selecteren.



Leerlingexperimenten



www.cma-science.nl