

Vi bygger modeller af atomkerner

Vi kan få et indtryk af, hvordan nukleonerne i en atomkerne hænger sammen ved at bygge nogle modeller af de simpleste atomkerner.

Som "protoner" anvender vi nogle små skiveformede magneter, som frastøder hinanden, hvis de lægges ved siden af hinanden med den farvede side opad. De kan for eksempel være farvet røde ovenpå.

Som "neutroner" anvender vi nogle små skiver af blødt jern af samme størrelse som magneterne. De er ikke selv magnetiske, men vil blive tiltrukket, hvis de anbringes tæt ved siden af en magnet. "Neutronerne" kan for eksempel være farvet grønne, så vi kan kende dem fra de røde "protoner".

Laboratorieopgave 4

Vi bygger nuklider

I denne laboratorieopgave skal I selv prøve at bygge atomkernemodeller af magneter og jernskiver.

Du vil derved få et indtryk af, hvordan atomkerner er opbygget. Du vil også opdage, at der er grænser for, hvor mange forskellige isotoper du kan bygge af det samme grundstof.



En model af den hyppigst forekommende lithiumkerne ${}^6_3\text{Li}$ opbygget af små røde skiveformede magneter, som forestiller protoner, og grønne blødtjernskiver, som forestiller neutroner.

Undervisningsprogram 2

Atomkernen

Det, som du har lært i kapitel 4 om atomkernernes opbygning, får du brug for, når du senere i bogen skal lære om radioaktivitet og kerneenergi.

Ved at løse teoriopgaverne i undervisningsprogram 2 i arbejdshæftet kan du prøve, om du har forstået de vigtigste ting i kapitlet.



5 Radioaktive stoffer

Her undersøger man med en geigertæller, om der er radioaktivt støv i luften.

Når atomkerner går i stykker

I forrige kapitel lærte du, at der findes stoffer, som indeholder ustabile atomkerner, dvs. atomkerner, der uden ydre påvirkning på et eller andet tidspunkt går i stykker. Når dette sker, udsender disse stoffer en usynlig gennemtrængende stråling. Man kalder sådanne stoffer for *radioaktive* stoffer, og selve evnen til at udsende denne stråling kaldes for radioaktivitet.

Du har tidligere lært, at den engelske fysiker Ernest Rutherford påviste, at nogle radioaktive stoffer udsender en stråling, der består af bittesmå positivt ladede partikler, som han kaldte alfapartikler. Rutherford anvendte disse alfapartikler til at bombardere et tyndt guldfolie med, hvorved han opdagede atomkernen.

Rutherford påviste også, at der fra nogle radioaktive stoffer udsendes to andre typer stråling, som han kaldte beta-stråling og gamma-stråling. Alfa, beta og gamma er de tre første bogstaver i det græske alfabet (α , β og γ).

I det følgende skal vi undersøge de 3 forskellige typer stråling ved hjælp af et apparat, som blev opfundet af en af Rutherfords nære medarbejdere Hans Geiger. Apparatet kaldes derfor en geigertæller.

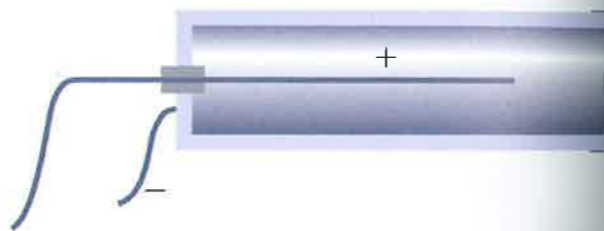


54

Geigertælleren

I en geigertæller trænger strålingen igennem en ganske tynd membran ind i et rør med fortyndet luft. Her slår strålingen elektroner løs fra nogle af luftens atomer, som derved omdannes til positive ioner. Elektronerne trækkes øjeblikkeligt ind mod en positivt ladet metalpind midt i røret, mens de positive ioner trækkes ud mod rørets metalvæg, som er negativt ladet. Det frembringer et svagt strømstød, som man kan forstærke op og få til at frembringe et klik i en højttaler og få en impulstæller til at gå et tal frem.

Både stråling fra radioaktive stoffer og røntgenstråling har denne evne til at slå elektroner løs fra de atomer, som den rammer, så der dannes ioner. Derfor kalder man begge typer stråling for *ioniserende stråling*.



Den vigtigste del af en geigertæller er tællerrøret. Radioaktive partikler kan trænge ind gennem den tynde membran for enden af røret og fremkalde strømstød i røret.



Der findes geigertællere af forskellige størrelser og typer, alt efter hvad de skal bruges til. Billedet viser nogle typer, som er beregnet til skolebrug.

FÆLLESFORSØG

Vi bruger geigertælleren

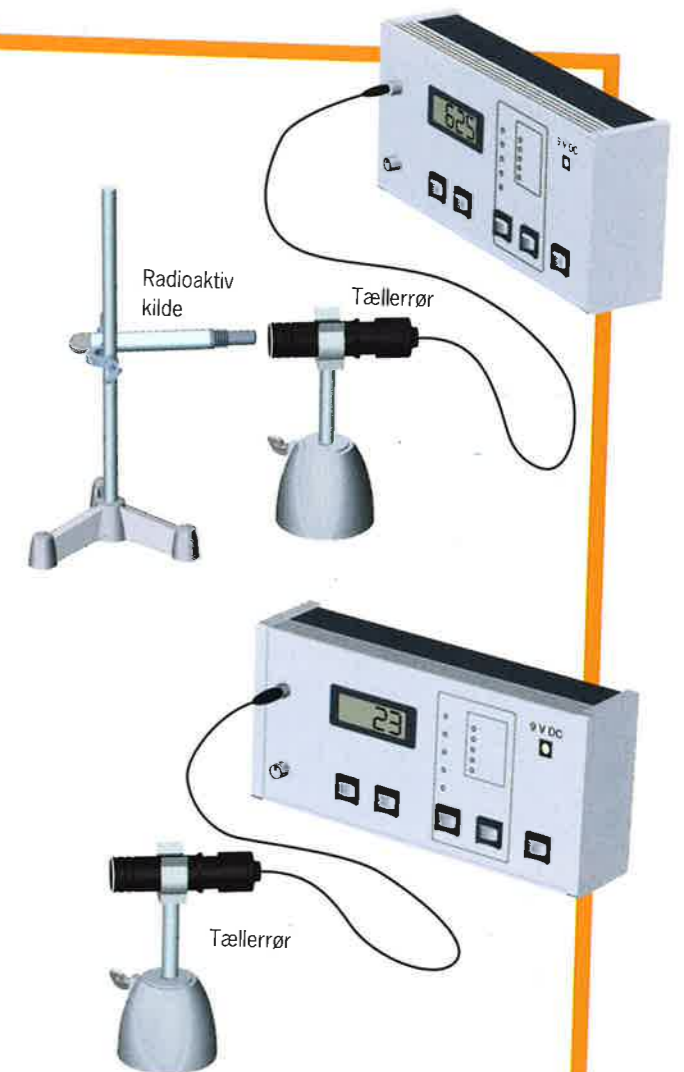
Vi fjerner forsigtigt beskyttelsehætten, som er anbragt for enden af tællerrøret. Hætten skal beskytte den tynde membran, der kan sprænges ved den mindste berøring.

Vi anbringer derefter tællerrøret tæt foran en radioaktiv kilde, for eksempel den kilde, som vi anvendte i tågekammeret (se side 20).

Vi hører en række klik meget hurtigt efter hinanden i geigertælleren højttaler som tegn på, at tællerrøret rammes af stråling fra det radioaktive stof. På et display kan vi aflæse antallet af klik.

Vi fjerner derefter den radioaktive kilde og lader geigerrøret pege ud i luften i lokalet.

Det får imidlertid ikke tælleren til at gå helt i stå. Den registrerer stadig, at tællerrøret rammes af en svag ioniserende stråling. Hvor kommer den mon fra?



Baggrundsstråling

Som fællesforsøget viser, er vi hele tiden udsat for ioniserende stråling. Den skyldes dels radioaktive stoffer i jorden og i vore boliger dels, at Jorden hele tiden fra verdensrummet rammes af en gennemtrængende ioniserende stråling som kaldes for kosmisk stråling. Den stråling, vi således hele tiden er udsat for, kalder vi for baggrundsstrålingen.

Lidt historie

Det var spændende, da man for omkring 100 år siden opdagede radioaktiviteten og begyndte at udforske den. Det kan du læse



om i det følgende historiske afsnit, som er en kort beretning om de første pioners indsats på dette område.

55

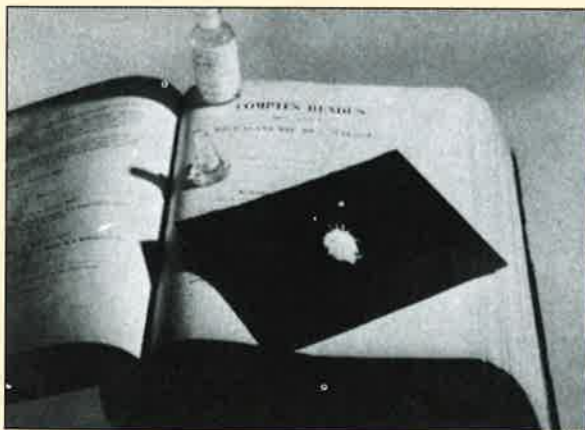
Becquerels forbløffende opdagelse

I 1896 var franskmænden Henri Becquerel meget optaget af de mystiske røntgenstråler, som Wilhelm Conrad Røntgen havde opdaget året før (se side 39). Becquerel vidste, at man havde opdaget, at der fandtes nogle salte, som blev selvlysende i nogen tid efter, at de var belyst med sollys eller en anden stærk lyskilde. Et af de salte, der virkede bedst, var uransalt.

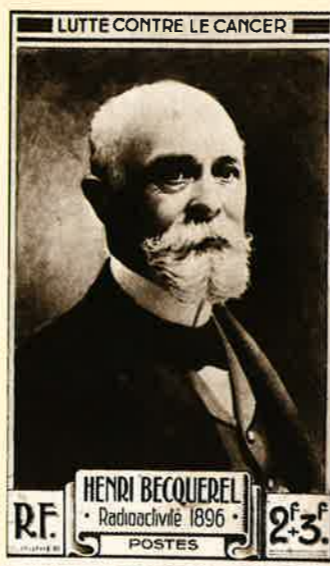
Becquerel fik nu den idé, at nogle af de selvlysende salte måske ville udsende røntgenstråling, hvis han først belyste dem med sollys. Han anbragte derfor nogle belyste krystaller af uransalt oven på en fotografisk plade, som han vidste ville blive sværtet af røntgenstråling. Pladen var indpakket i sort papir, så almindeligt lys ikke kunne påvirke den.

Efter nogle timers forløb fremkaldte han den fotografiske plade og så, at den virkelig var blevet sværtet på det sted, hvor uransaltet var anbragt. Hermed mente han, at han havde påvist, at man ved at belyse uransalt med kraftigt lys kunne få det til at udsende røntgenstråler.

Nogle dage senere gjorde han imidlertid en forbløffende opdagelse. Han havde anbragt noget uransalt, som ikke havde været belyst, i en skuffe sammen med de fotografi-



Et radioaktivt salt anbragt oven på en fotografisk film, som er indpakket i sort lyst papir. Strålerne fra det radioaktive stof trænger igennem det sorte papir og påvirker filmen. Billedet til højre viser filmen efter fremkaldelsen. Det var på denne måde franskmænden Becquerel i 1896 opdagede de radioaktive stoffer.



Henri Becquerel (1852-1908) opdagede radioaktiviteten.

ske plader. Da han nogle dage senere anvendte disse plader i nogle nye forsøg, opdagede han, at de var blevet sværtet forskellige steder blot ved at ligge i skuffen sammen med uransaltet.

Han gik straks i gang med at lave en række nye forsøg med forskellige uransalte og påviste, at de alle udsendte en usynlig gennemtrængende stråling, uden at de først var blevet belyst. Det viste, at det åbenbart var selve grundstoffet uran, der var det aktive stof i saltene.



Marie Curie – en fremragende videnskabskvinde

En enestående indsats i den videre udforskning af radioaktiviteten blev gjort af en dygtig polsk kvinde Marie Curie og hendes mand, den franske fysiker Pierre Curie.

I 1891 kom Marie som en ung, fattig polsk studine til Paris for at studere fysik og kemi. 12 år senere var hun verdensberømt.

I 1895 blev hun gift med Pierre Curie, som allerede da var en kendt videnskabsmand. Sammen udførte de i årene omkring århundredskiftet et meget stort arbejde med udforskningen af de mystiske uranstråler, som Becquerel havde opdaget.

Det hele begyndte med, at Marie Curie i 1897 gav sig til at undersøge Paris' Fysik- og Kemiskoles samling af geologiske mineraler for at se, om de udsendte stråling. Et bestemt mineral begblende viste sig at have en langt kraftigere udstråling, end man skulle forvente ud fra den mængde uran, det indeholdt.

Det undrede hende, da man ret nøje kendte sammensætningen af dette mineral, og hun vidste, at de andre kendte stoffer, som mineralet indeholdt, ikke var radioaktive!

Jo mere hun tænkte over dette, jo mere overbevist blev hun om, at begblende måtte indeholde ganske små mængder af et hidtil ukendt grundstof, som var langt stærkere radioaktivt end uran.

Jagten på radium

Marie og Pierre kaldte det ukendte stof *radium* (det betyder "det strålende stof") og begyndte straks at søge efter det, selv om mange af deres kolleger frarådede det og sagde, at de tog fejl.

Selv mente de, at det ukendte stof højst kunne udgøre 1% af mineralet. Det skulle senere vise sig, at det kun udgjorde 1 milliontedel!



Marie Curie (1867-1934) med parrets to børn.



Pierre Curie (1859-1906).



Det indre af træskuret i Rue Lhomond, hvor radium blev opdaget. På den sorte tavle står de sidste formler, som Pierre Curie skrev inden sin tragiske død.

Jagten på radium kom til at koste dem 4 års hårdt og opslidende arbejde i et usselt, koldt og fugtigt træskur, som var det eneste laboratorium, de kunne få stillet til rådighed.

I løbet af disse fire år arbejdede de sig igennem flere tons beglændeaffald, som de fik billigt fra en mine i Bøhmen. Ved kemiske metoder søgte de at skille de ikke-radioaktive bestanddele fra. Ofte stod Marie mange timer i træk og rørte med en jernstang rundt i store dampende kar med kogende stof. Om sommeren var der stegende hedt, når solen skinnede gennem glastaget. Om vinteren var der risiko for, at kulde og fugt ville ødelægge deres følsomme måleinstrumenter. Mange gange var de fristet til at opgive. Men ganske langsomt blev det stof, som de udvandt, mere og mere koncentreret.

Efterhånden var strålingen fra det radioaktive koncentrerede stof så stærk, at kolber og glas blev selvlysende i mørke. Til sidst stod de tilbage med kun $\frac{1}{10}$ g rent radium ud af de mange tons beglænde. Til gengæld viste det sig, at dette radium var over en million gange så radioaktivt som uran.

Radium – nyttigt men farligt!

Man opdagede hurtigt, at radium kunne anvendes til strålebehandling af kræftsvulster. Derfor begyndte man mange steder i verden at producere radium til medicinsk brug. Det bevirkede, at Marie og Pierre Curies arbejde blev kendt over hele verden. I 1903 fik de sammen med Becquerel Nobelprisen i fysik som en anerkendelse af deres forskningsindsats.

Opmuntret heraf fortsatte de med at udforske radioaktiviteten, men allerede 3 år efter omkom Pierre ved en færdselsulykke, idet han på vej hjem fra byen blev påkørt af en hestevogn med løbske heste. Det var et stort slag for Marie, men det standsede ikke hendes forskning. Hun efterfulgte sin mand som professor ved det berømte franske Sorbonne Universitet, og i 1911 modtog hun Nobelprisen i kemi.

Desværre var Marie og Pierre Curie i begyndelsen ikke opmærksomme på, at den stråling, der blev udsendt fra radium, ikke blot kunne ødelægge kræftceller, men også kunne skade sunde celler på forskellig måde. Den kraftige stråling, som Marie blev udsat for under sit arbejde med renfremstilling af radium, er sandsynligvis skyld i, at hun i 1934 døde af leukemi, en slags blodkræft, 67 år gammel.



Marie Curie i sit laboratorium. Hun havde efter sin mands død overtaget hans professorat ved Sorbonne universitetet i Paris.

Alfa- beta- og gammastråling

I dag, hvor man kender en lang række forskellige radioaktive stoffer, har man til skolebrug fremstillet 3 svage radioaktive kilder: en alfakilde, en betakilde og en gammakilde. Dem vil vi undersøge nærmere ved hjælp af geigertælleren.

ÆLLESFORSØG

Vi undersøger alfastrålingen

Vi fjerner beskyttelseshætten og anbringer tællerrøret ca. 1 cm fra alfakilden.

Vi ser og hører, at tælleren løber meget hurtigt og registrerer mange impulser.

Vi holder nu et stykke papir imellem tællerrøret og kilden. Det bevirker, at højtaleren næsten bliver tavs, og at tælleren kun registrerer meget få impulser. Heraf kan vi slutte, at det er meget let at afskærme mod alfastråling. Selv et stykke papir kan standse den.

Vi fjerner papiret og trækker tællerrøret lidt væk fra alfakilden. Vi ser og hører, at tælleren næsten går i stå allerede i en afstand af $1\frac{1}{2}$ -2 cm fra kilden.

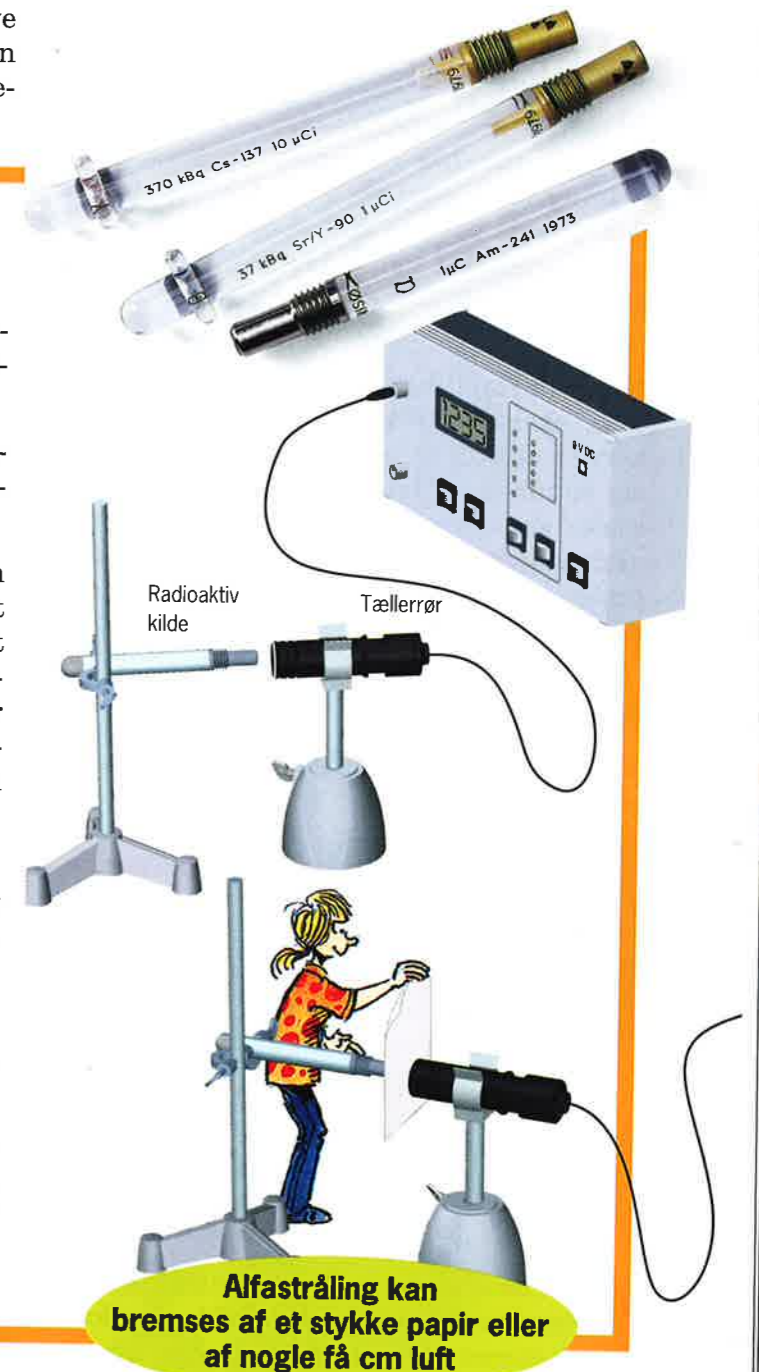
Heraf kan vi slutte, at alfastrålingen bliver bremset af nogle få cm luft.

At de få klik, vi stadig hører, ikke skyldes alfapartikler, kan vi vise ved igen at holde et stykke papir foran tællerrøret. Det nedsætter ikke tællehastigheden yderligere.

Hvad består alfastråling af?

Du har tidligere lært, at alfapartikler er små positivt ladede partikler (se side 18). Det ville nu være nærliggende at prøve at afbøje strålen af alfapartikler for at vise, at

Alfa- beta- og gammakilde til skolebrug. Det radioaktive stof er anbragt for enden af en lang holder. Kilderne er fremstillet på Forskningscenter Risø ved Roskilde fjord.

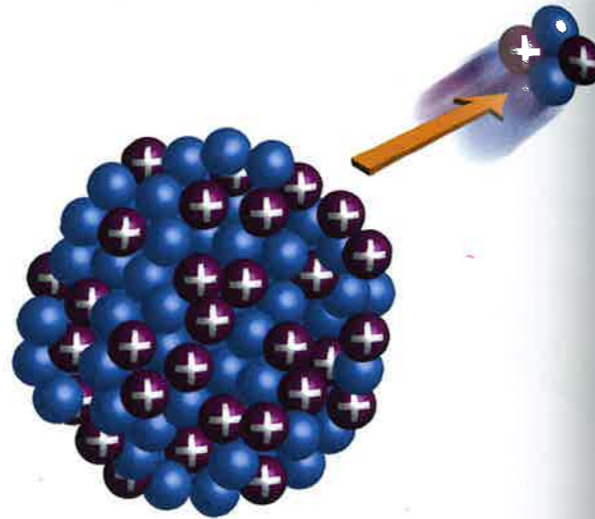


det er rigtigt. Det er imidlertid ikke muligt med de apparater, vi har i skolen, for en alfapartikel er næsten 8000 gange tungere end en elektron – og derfor langt sværere at afbøje.

Men med videnskabeligt udstyr kan man afbøje alfapartiklerne både i et elektrisk felt og i et magnetfelt på samme måde, som Thomson afbøjede elektronstrålerne i et Thomsonrør, da han ville finde elektronens ladning og masse (se side 15-17).

På denne måde har man fundet ud af, at alfapartikler har en masse på 4 u og en ladning på 2 positive elementarladninger, dvs. præcis samme masse og ladning som atomkernerne i heliumisotopen ${}^4_2\text{He}$. Alfapartikler er derfor simpelthen heliumkerner ${}^4_2\text{He}$.

Når en ustabil kerne udsender en alfapartikel, sker det på denne måde: inde i atomkernen slutter to protoner og to neutroner sig sammen til en heliumkerne ${}^4_2\text{He}$, som under sin bevægelse i kernen skubbes ud af den og frastødes af de tilbageblevne protoner i atomkernen. Alfapartiklen bliver derfor skudt ud fra kernen med stor fart.



En alfapartikel, som består af to protoner og to neutroner, skydes ud af en ustabil atomkerne.

Alfapartikler er heliumkerner ${}^4_2\text{He}$

Betastråling

Vi vil nu undersøge betastrålingen nærmere.

FÆLLESFORSØG

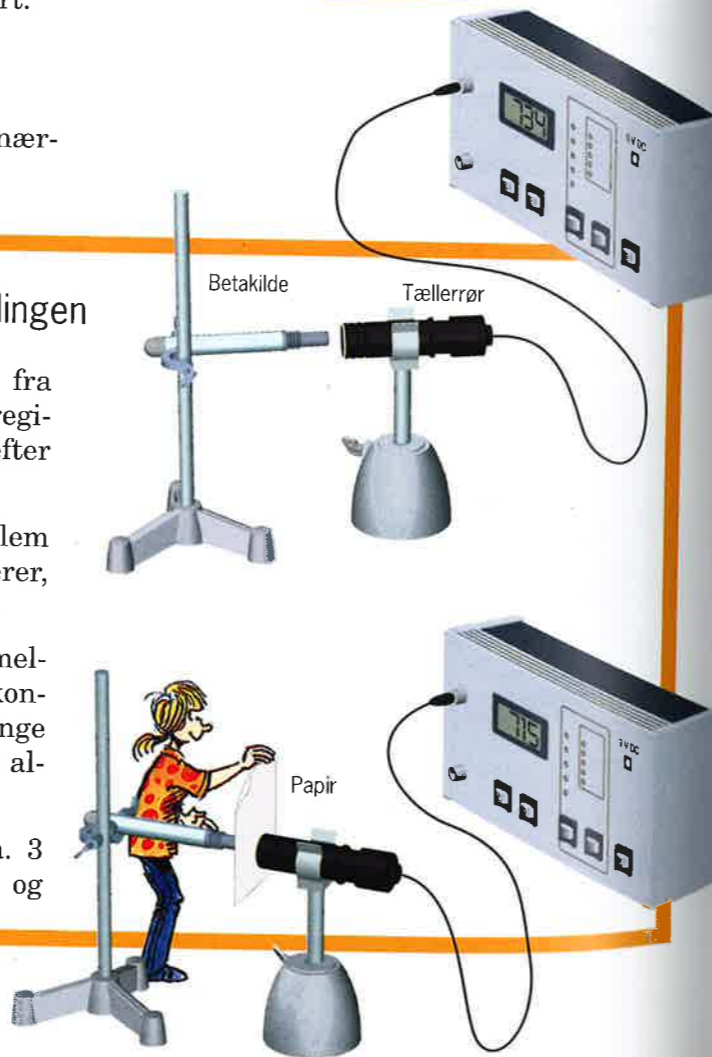
Vi undersøger betastrålingen

Vi anbringer tællerrøret ca. 1 cm fra beta-kilden og hører, at tælleren registrerer mange impulser hurtigt efter hinanden.

Så holder vi et stykke papir imellem kilden og tællerrøret og konstaterer, at strålingen næsten ikke bremser.

Vi forøger nu gradvis afstanden mellem tællerrøret og betakilden og konstaterer, at betastrålingen kan trænge meget længere gennem luften, end alfastrålingen kunne.

Vi placerer derefter tællerrøret ca. 3 cm fra betakilden og holder flere og

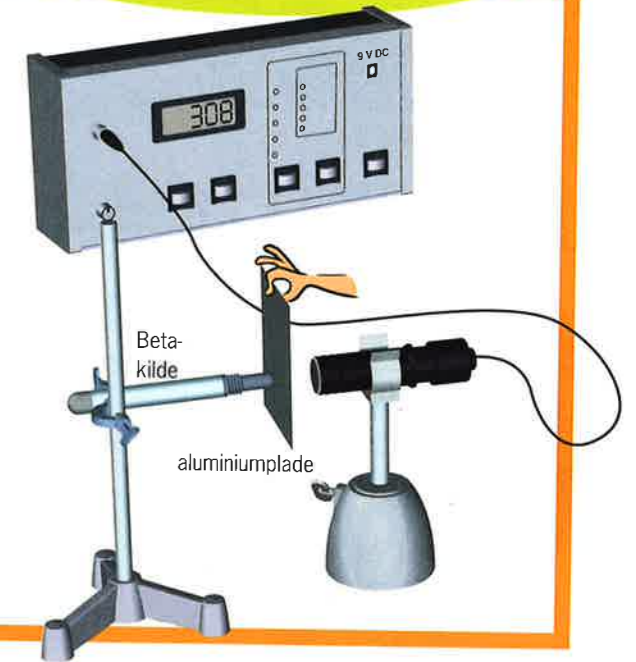


Betapartikler kan standses af en tynd bog

flere sider af en fysikbog ind mellem kilden og røret, indtil der næsten ingen stråling registreres mere. Vi ser, at betastrålingen kan standses af en forholdsvis tynd bog.

Vi holder nu en tynd aluminiumplade på 0,5 mm's tykkelse mellem kilden og røret og ser, at strålingen bremser noget, men ikke helt. Derefter anvender vi flere og flere tynde aluminiumplader og ser, at tælleren registrerer færre og færre impulser.

Vi prøver til sidst med henholdsvis en tyk aluminiumplade (3 mm) og en blyplade (1 mm) og ser, at begge bremser betastrålingen effektivt.



Hvad består betastrålingen af?

Forsøget viser, at betastrålingen er betydeligt mere gennemtrængende end alfastrålingen – men den kan dog standses af en bog eller en forholdsvis tynd metalplade.

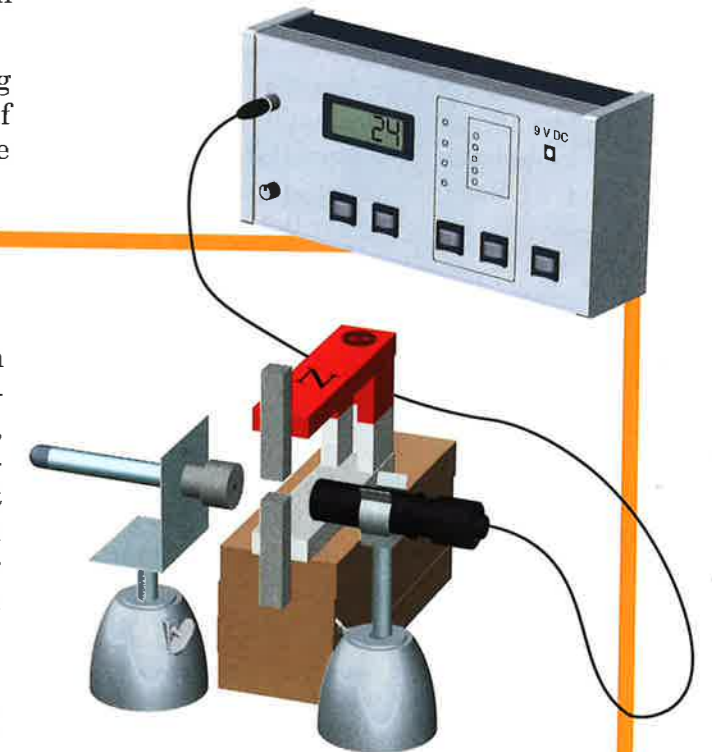
Men hvad består betastrålingen egentlig af? Hvis den ligesom alfastråling består af elektrisk ladede partikler, må disse kunne afbøjes i et magnetfelt.

FÆLLESFORSØG

Vi afbøjer betastrålingen

Vi placerer betakilden i en holder som vist på tegningen. (NB: Den metalpind, som holderen er forsynet med, skrues af.) Foran betakilden anbringer vi en tyk aluminiumhætte med et lille hul i midten, så der afgrænses en ganske tynd betastråle. Vi anbringer derefter tællerrøret 5 cm fra hullet, så røret rammes af strålen.

Derefter forsyner vi en kraftig U-magnets to poler med hver sin jernkerne, så de danner et gab på ca. $\frac{1}{2}$ cm. I dette gab vil der være et kraftigt magnetfelt.



U-magneten skubbes nu forsigtigt – med nordpolen øverst – hen, så den tynde betastråle netop passerer igennem dette gab.

Vi konstaterer, at tælleren straks bliver næsten tavs. Betastrålingen er åbenbart blevet afbøjet af magneten, så den ikke længere rammer røret. Heraf slutter vi, at betastrålingen består af ladede partikler.

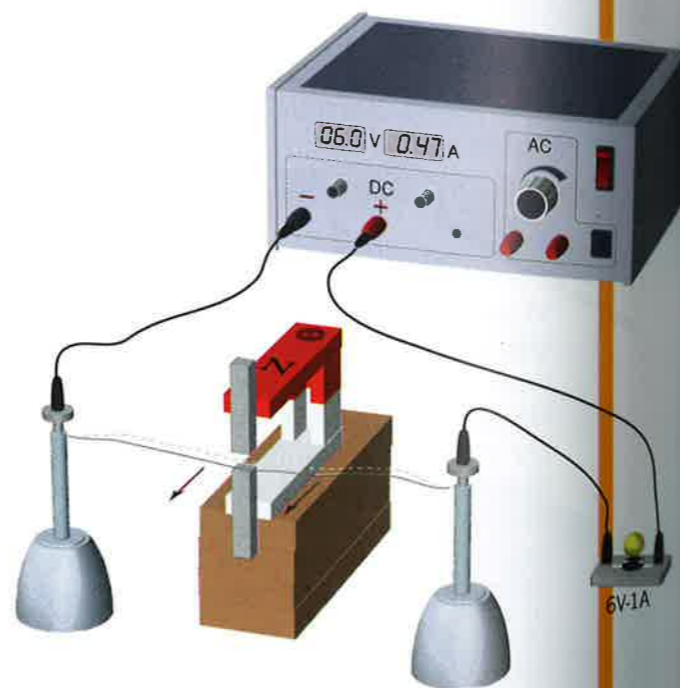
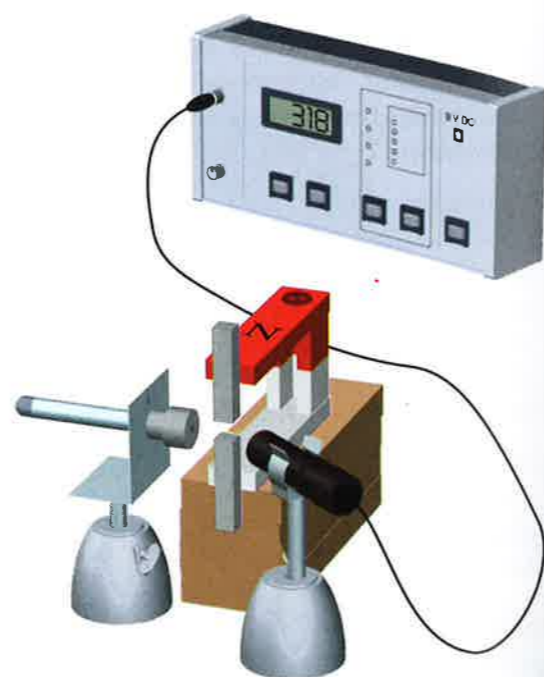
Vi søger nu med tællerrøret ude ved siderne. Til venstre set fra betakilden finder vi ingenting. Men til højre finder vi et sted, hvor tællerrøret atter rammes af mange betapartikler. Det viser, at magnetfeltet har afbøjet betapartiklerne til højre. Hvis vi nu forsigtigt trækker magneten væk, bliver tælleren tavs, idet betapartiklerne nu ikke længere afbøjes.

Da betapartiklerne afbøjes af magnetfeltet, må de være elektrisk ladet.

For at undersøge, om betapartiklerne er positivt eller negativt ladet, anbringer vi, som tegningen viser, en løst-hængende 0,25 mm tyk konstantantråd i magnetgabet i stedet for betastrålen og opbygger det viste kredsløb. Det er vigtigt, at vi forbinder ledningerne, så de negative elektroner, som fra minuspolen strømmer gennem ledningen, løber *samme vej gennem magnetfeltet*, som betapartiklerne gjorde.

Når vi nu tænder og slukker kontakten, kan vi se, at ledningen, hver gang den gennemløbes af strøm, bliver trukket til samme side, som betapartiklerne gjorde.

Da betapartiklerne afbøjes til samme side som elektronerne i ledningen, må det betyde, at betapartiklerne ligesom elektronerne er negativt ladede.



Vi så i forsøget, at betapartikler har en negativ ladning. Og da de i forsøget var ret lette at afbøje, kan de ikke have særlig stor masse.

Det stemmer med, at man ved forsøg, hvor man måler betapartiklernes afbøjning i både et elektrisk og et magnetisk felt, har fundet, at betapartikler har præcis samme masse og ladning som elektroner. Betapartikler er derfor simpelthen elektroner.

Betapartikler kommer fra kernen

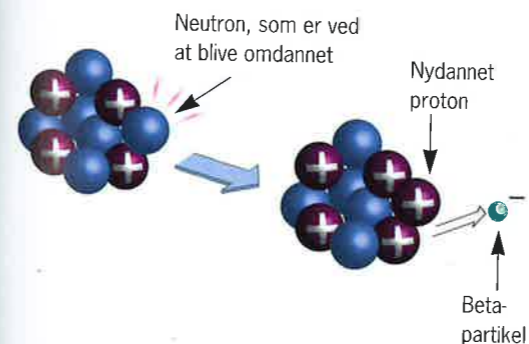
Betapartiklerne kan ikke komme fra de elektroner, som kredser uden om kernen. Herfra ville de nemlig aldrig kunne udsendes med så stor fart, som man har målt.

Betapartiklerne må derfor være elektroner, der skydes ud af atomkernen med stor fart.

Betapartikler er elektroner, der skydes ud af en atomkerne med stor fart

Det lyder umiddelbart mærkeligt, at betapartiklerne udsendes fra atomkernen, da kernen jo ikke indeholder elektroner.

Forklaringen herpå er, at en neutron kan omdannes til en proton og en elektron. Protonen bliver inde i kernen, mens elektronen skydes ud med stor fart.



En neutron kan inde i atomkernen omdannes til en proton og en elektron. Elektronen skydes med stor fart bort fra kernen som en betapartikel.

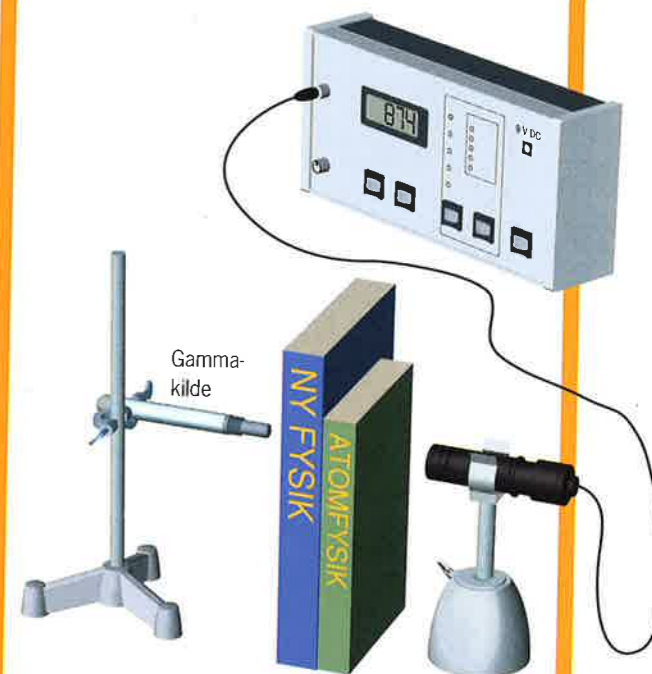
Gammastråling

Gammastråling er endnu sværere at beskytte sig mod end betastråling. Det kan vi vise ved et forsøg.

FÆLLESFORSØG

Gammastrålingens gennemtrængningsevne

Vi opspænder gammakilden i en afstand af ca. 10 cm fra tællerrøret og viser, at strålingen går usvækket gennem både papir og aluminiumplader. Selv en eller flere tykke bøger svækker ikke strålingen nævneværdigt.



Vi holder også en mursten mellem kilden og tælleren og ser, at strålingen går næsten uhindret igennem murstenen. Det må betyde, at gammastrålingen let trænger igennem almindelige vægge. Der skal åbenbart endnu tungere stoffer, for eksempel bly, til for at bremse gammastrålingen.



Vi forsyner holderen med den tilhørende metalpind og hænger en blyplade på 1 mm's tykkelse foran gammakilden. Vi ser, at den svækker strålingen ganske lidt. Derefter anbringer vi flere og flere blyplader og ser, at jo tykkere blylaget bliver, jo mere svækkes strålingen.

For at få et mål for, hvor effektivt man kan bremse gammastrålingen med blyplader, lader vi geigertælleren tælle i 10 sekunder ad gangen – først uden blyplade foran kilden – derefter med flere og flere blyplader, indtil tælleren kun registrerer ca. halvt så mange impulser som uden plader. Vi ser, at vi skal op på ca. 7-8 mm bly for at halvere strålingen fra gammakilden.

Vi prøver derefter at sætte alle de blyplader ind, som vi har, for at se, hvor meget vi kan bremse strålingen.

Forsøget viser, at bly er velegnet til at afskærme mod gammastråling. Men man skal bruge meget tykke lag for at frembringe en effektiv afskærmning.

Hvad består gammastråling af?

Man har i utallige forsøg prøvet, om man kunne afbøje gammastråling ved hjælp af elektriske og magnetiske felter – ligesom man har gjort med alfa- og betastråling.

Det har vist sig at være umuligt. Vi kan derfor slutte, at gammastråling hverken består af positive eller negative partikler.

Forsøg har vist, at gammastråling på mange måder minder om røntgenstråling, blot er den endnu bedre til at trænge igennem forskellige stoffer. Vi ved nu, at gammastråling, ligesom røntgenstråling, simpelthen er elektromagnetisk stråling, blot med endnu kortere bølgelængde.

Gammastråling er elektromagnetisk stråling med uhyre kort bølgelængde

Gammastråling opstår, når en atomkerne skal af med en portion overskudsenergi. Det sker ofte i forbindelse med en kerneomdannelse, hvor kernen har udsendt en alfa- eller betapartikel. Den nydannede kerne vil ofte befinde sig i en ustabil tilstand, hvor der er oplagret mere energi end i den stabile atomkerne. Den ustabile kerne vil derfor på et eller andet tidspunkt gå over i den stabile tilstand, idet den afgiver sin overskudsenergi ved at udsende gammastråling.



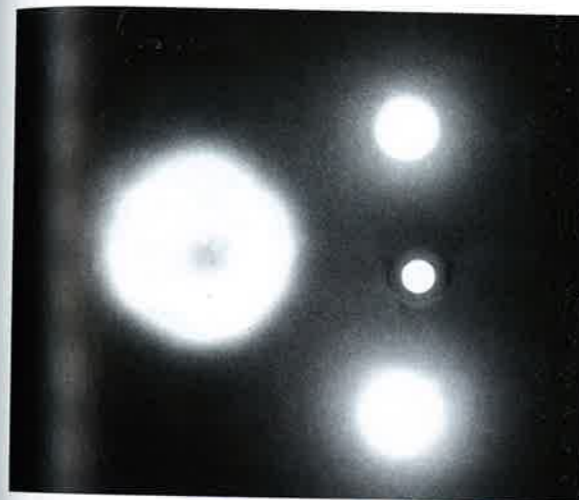
Den alfakilde, som vi har anvendt i vore forsøg, er ikke en ren alfakilde. Det kan nemlig ikke undgås, at den sammen med alfastrålingen udsender gammastråling. Men mens tællerrøret registrerer samtlige alfapartikler, er røret kun i stand til at registrere ca. 10% af gammastrålingen. Derfor lyder denne ikke så voldsomt i højtaleren. Men den er årsag til, at vi ikke kan bremse strålingen fra alfakilden fuldstændigt med et stykke papir. Det der går igennem papiret, er den medfølgende gammastråling.

Teoriopgave. Ioniserende strålings gennemtrængningsevne

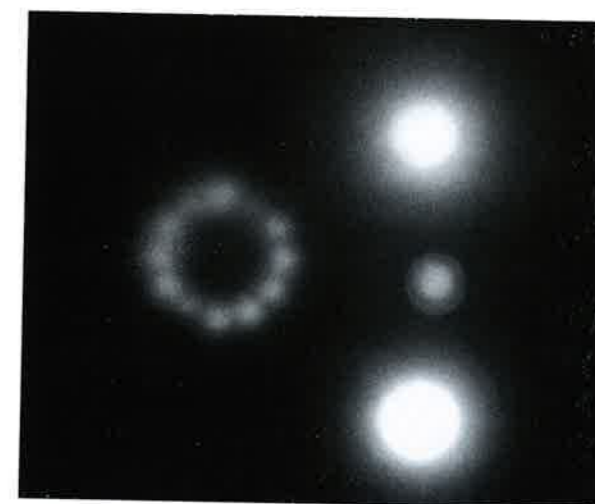
De fire nedenstående billeder viser resultatet af et forsøg, hvor man i mørke havde anbragt de 3 risøkilder (alfa-, beta- og gammakilden) og et armbandsur med selvlysende radioaktive tal direkte oven på den øverste af 8 film fra et polaroidkamera. Filmene var adskilt af tykke stykker papir.

Efter 24 timer blev filmene fremkaldt. Billederne her viser, hvordan strålerne har påvirket film nr. 1, 3, 5 og 7.

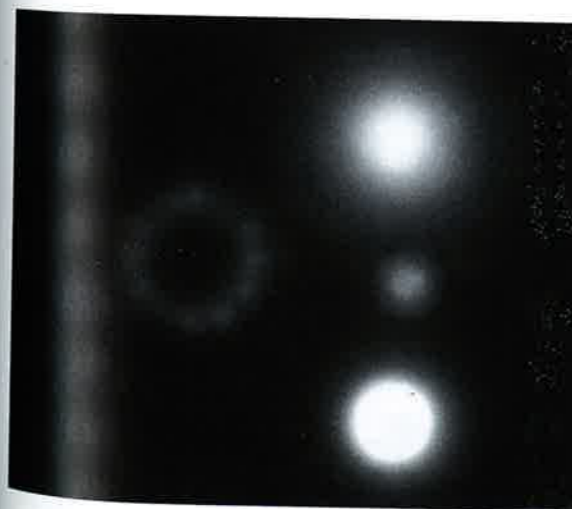
1. Kig nøje på billederne og angiv, hvor henholdsvis armbandsuret og alfa-, beta- og gammakilden var placeret.
2. Hvilken slags stråling udsender armbandsuret hovedsageligt?
3. Hvorfor kan man også på de sidste billeder se en svag sværtning af filmen dér, hvor alfakilden har været anbragt?



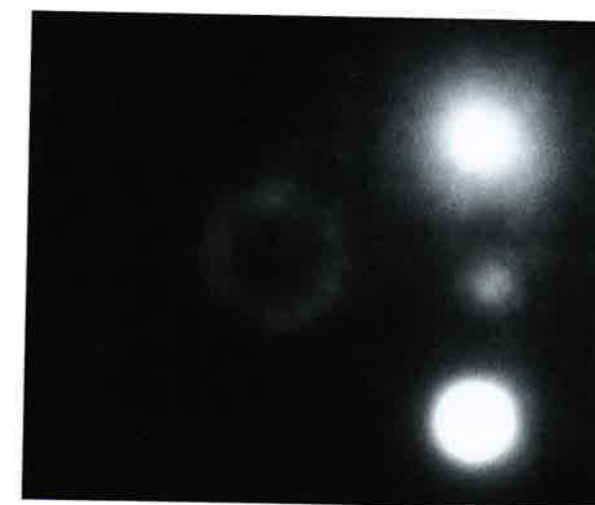
Film nr. 1



Film nr. 3



Film nr. 5



Film nr. 7

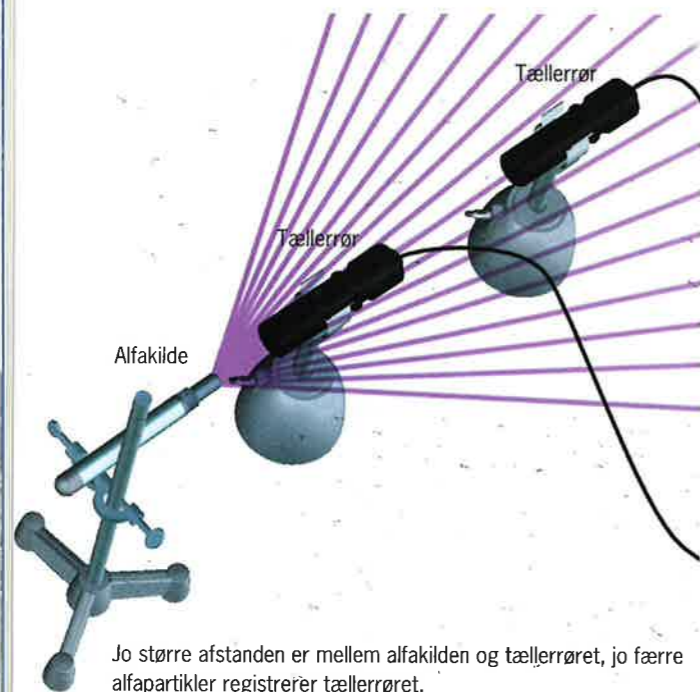
Radioaktive kilders styrke

Radioaktive kilders styrke måles i enheden *becquerel*, som forkortet betegnes 1 Bq. Den har fået navn efter radioaktivitetens opdager Henri Becquerel.

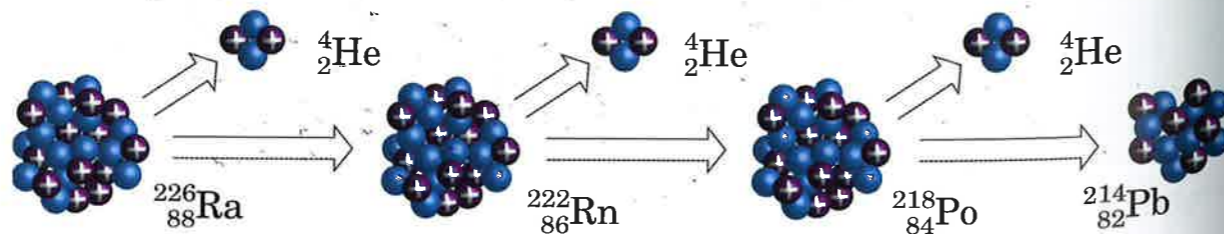
På den alfakilde, som I bruger i skolen, står styrken muligvis angivet som 1 μC (1 mikrocurie). Det er en tidligere anvendt enhed, der er det samme som 37000 Bq.

De 37000 Bq angiver, at der i kilden sker 37000 atomkerne-omdannelser pr. sekund – der udsendes altså 37000 alfapartikler pr. sekund.

Når vi registrerer partiklerne med en geigertæller, tæller vi naturligvis kun en meget lille del af dem, idet alfapartiklerne sendes ud i alle retninger. Jo længere fra kilden vi anbringer tællerrøret, jo færre partikler vil det rammes af.



Jo større afstanden er mellem alfakilden og tællerrøret, jo færre alfapartikler registrerer tællerrøret.

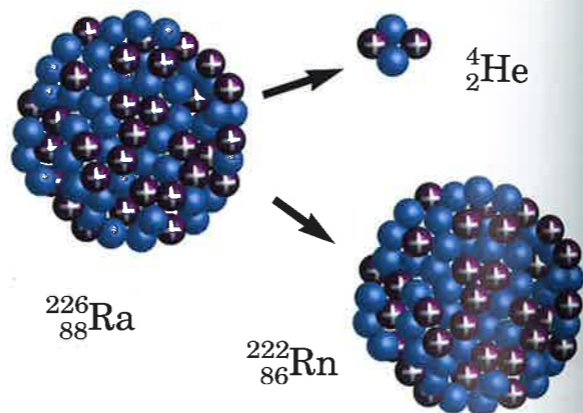


Grundstofomdannelse ved radioaktive processer

Hver gang en atomkerne udsender en alfapartikel eller en betapartikel, omdannes atomkernen til et andet grundstof.

Lad os for eksempel se på radiumisotopen $^{226}_{88}\text{Ra}$, som er alfa-radioaktiv. Det betyder, at atomkernerne i denne isotop på et eller andet tidspunkt vil udsende en alfapartikel.

Når det sker, ændres kernen, idet den jo mister to protoner og to neutroner. Derved bliver atomnummeret 2 mindre og nukleontallet 4 mindre. Kernen er derfor blevet til en radonkerne $^{222}_{86}\text{Rn}$, som denne tegning viser:



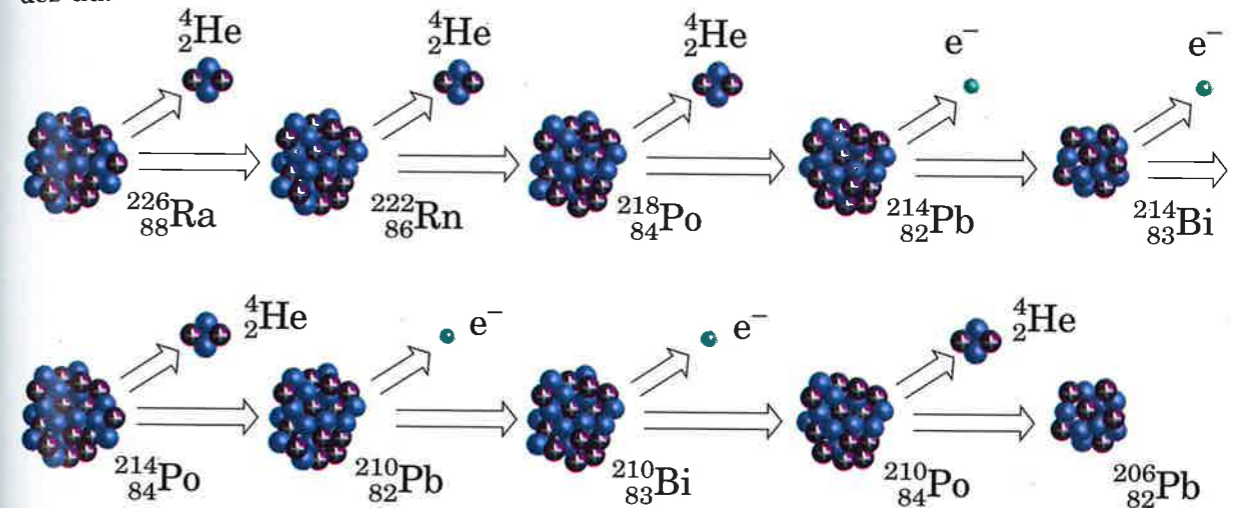
Når en radiumkerne $^{226}_{88}\text{Ra}$ udsender en alfapartikel ^4_2He , omdannes den til en radonkerne $^{222}_{86}\text{Rn}$.

Den nydannede radonkerne $^{222}_{86}\text{Rn}$ er også alfa-radioaktiv. På et eller andet tidspunkt udsender den derfor en alfapartikel og omdannes derved til en poloniumkerne $^{218}_{84}\text{Po}$, som også er alfa-radioaktiv og omdannes til bly-isotopen $^{214}_{82}\text{Pb}$. Tegningen viser denne kæde af omdannelser:

Den dannede bly-isotop $^{214}_{82}\text{Pb}$ er beta-radioaktiv. Det betyder, at kernen på et eller andet tidspunkt udsender en betapartikel.

Når det sker, omdannes en neutron i kernen til en proton, hvorved atomnummeret går 1 op, mens nukleontallet forbliver uændret. Som du kan se på denne tegning, omdannes kernen derfor til bismuth-isotopen $^{214}_{83}\text{Bi}$.

Bismuth-isotopen $^{214}_{83}\text{Bi}$ er også radioaktiv. Omdannelserne fortsætter simpelthen med en række af både alfa- og beta-omdannelser, indtil kernen ender som den stabile bly-isotop $^{206}_{82}\text{Pb}$. Hele kæden af omdannelser af radium til stabilt bly ser således ud:



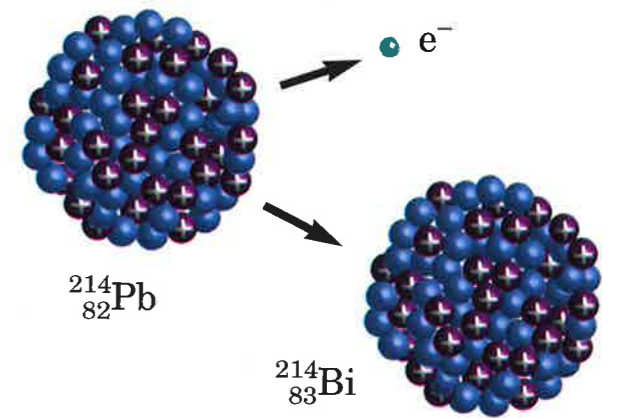
Når en atomkerne omdannes under udsendelse af en alfa- eller betapartikel, siger man, at kernen *henfalder*.

Ved mange af henfaldene vil der, som tidligere omtalt, samtidig udsendes en større eller mindre portion gammastråling.

Radioaktive stoffers halveringstid

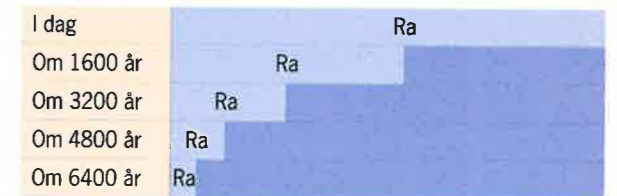
Når radioaktive stoffer udsender alfa- eller betastråling, nedbrydes stoffets atomer efterhånden og bliver til atomer af et andet grundstof.

Nogle radioaktive stoffer nedbrydes hurtigt, andre langsomt. Tager man for ek-



Når en bly-kerne $^{214}_{82}\text{Pb}$ udsender en betapartikel e^- , omdannes den til bismuth-kernen $^{214}_{83}\text{Bi}$.

sempel en klump af grundstoffet radium, vil der gå 1600 år, før klumpens indhold af radium er halveret. 1600 år senere vil halvdelen af det resterende radium igen være omdannet, osv. Man siger, at radiums *halveringstid* er 1600 år.



Denne skematiske tegning viser, hvordan en klump radium omdannes. Når der er gået 1600 år, vil halvdelen være omdannet. Efter yderligere 1600 år er halvdelen af resten omdannet, osv. Derfor er radiums halveringstid 1600 år.

Hvert radioaktivt stof har en bestemt halveringstid. For eksempel har uran-238 en halveringstid på 4,5 milliarder år, mens radon-isotopen $^{222}_{86}\text{Rn}$, som radium omdannes til, har en halveringstid på 3,8 dage.

Med en såkaldt minigenerator kan man lave en opløsning af et radioaktivt stof, som kun har en halveringstid på nogle få minutter.

Ved hjælp af geigertælleren kan vi følge, hvordan radioaktiviteten i en sådan opløsning aftager. Når der kun er halvdelen af de radioaktive atomer tilbage, vil geigertælleren naturligvis kun registrere halvt så mange henfald pr. tidsenhed. Vi kan derfor finde stoffets halveringstid ved med geigertælleren at måle, hvornår radioaktiviteten er sunket til det halve.

FÆLLESFORSØG

Vi måler halveringstid

Vi opspænder geigerrøret som vist på tegningen.

Derefter presser vi langsomt 20-30 dråber gennem minigeneratoren ned på en glasplade, som vi skubber tæt ind under geigerrøret.

Vi lader nu geigertælleren foretage en tælling i 10 sekunder, venter 5 sekunder, foretager en ny tælling, osv., således at vi foretager 4 tællinger i minuttet.

TEORI-OPGAVE

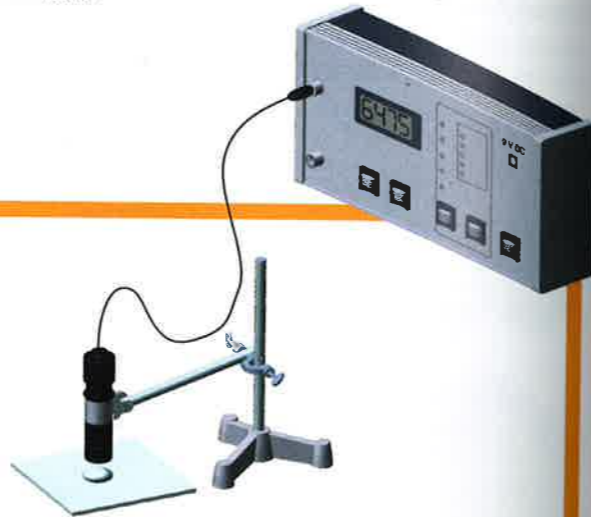
Data-behandling

Afsæt resultaterne fra ovenstående fællesforsøg i det koordinatsystem, som er afbildet i arbejdshæftet.

Tegn en jævn kurve gennem punkterne og aflæs halveringstiden, idet du følger instruktionen i arbejdshæftet.



Minigenerator. Saltsyre presses langsomt gennem minigeneratoren. Når syren drypper ud forned, er der opløst et radioaktivt stof i den.

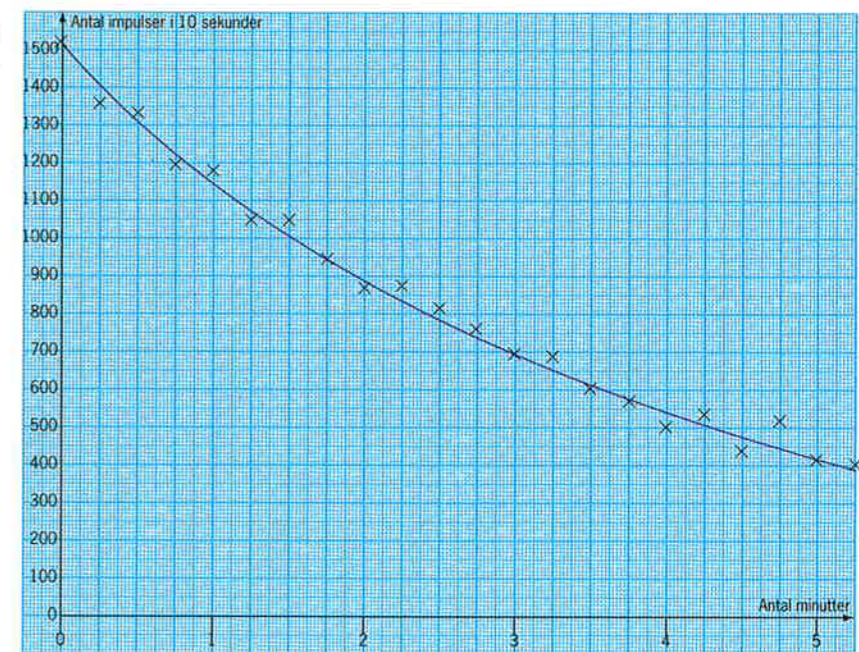


Vi fortsætter på denne måde i 10 minutter. Resultaterne skrives i skemaet i arbejdshæftet.

Vi ser tydeligt, hvordan radioaktiviteten aftager for hver tælling.



Her ses resultaterne fra et forsøg med måling af halveringstid for et opløst radioaktivt stof fra en minigenerator. Læg mærke til, at radioaktiviteten ikke aftager helt regelmæssigt. Nogle gange går det lidt hurtigere end andre gange. Den bedste bestemmelse af stoffets halveringstid får man ved at tegne en jævn kurve gennem punkterne, så der falder lige mange punkter på hver side af linjen. Prøv om du på kurven kan aflæse stoffets halveringstid.



Halveringstid og sandsynlighed

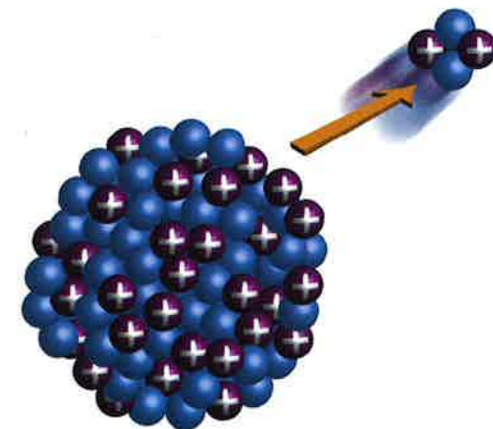
Der er altid en vis sandsynlighed for, at en radioaktiv (dvs. ustabil) atomkerne vil omdannes inden for et bestemt tidsrum. Et radioaktivt stofs halveringstid afhænger derfor af, hvor stor sandsynligheden er for, at dets atomer henfalder.

For nogle radioaktive atomer er der stor sandsynlighed for, at de henfalder – derfor bliver halveringstiden lille. For andre radioaktive atomer er der lille sandsynlighed for, at de henfalder – og så bliver halveringstiden stor.

Det er ganske, som når man kaster med en terning. Her vil der ved hvert kast være en sandsynlighed på $\frac{1}{6}$ for, at en sekser kommer op – simpelthen fordi terningen har 6 lige store sider, den kan falde på.

Kaster vi for eksempel 600 terninger på én gang, må man forvente, at ca. $\frac{1}{6}$ af terningerne – dvs. ca. 100 terninger – vil vise en sekser. Men det vil være umuligt at forudsige, hvilke terninger der kommer op med en sekser.

I den følgende laboratorieopgave skal I selv prøve at kaste med terninger.



I en radioaktiv (ustabil) atomkerne er der en vis sandsynlighed for, at kernen går i stykker, dvs. omdannes under udsendelse af ioniserende stråling.



Laboratorieopgave 5

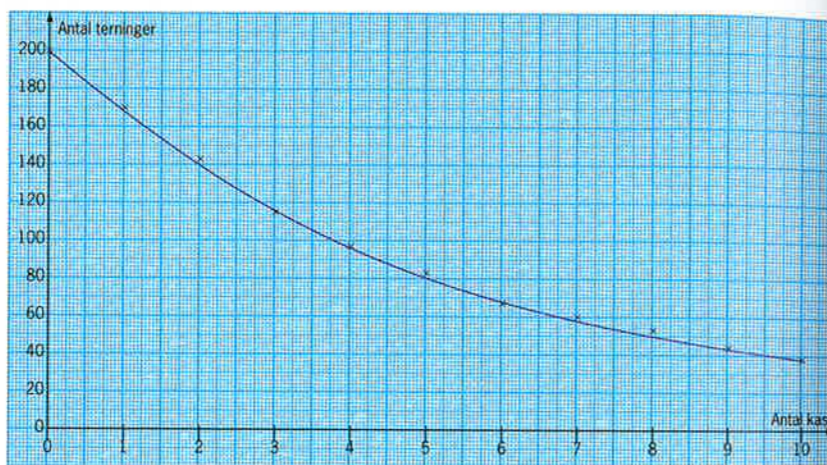
Terningkast og halveringstid

I denne laboratorieopgave skal I lære noget om halveringstid ved at kaste med terninger, som skal forestille atomkerner. Hvis en terning kommer op med en sekser, skal det forestille, at atomkernen er henfaldet.



Her ses resultaterne af en række kast med 200 terninger. På grafen kan aflæses, hvor mange terninger der er tilbage efter hvert kast, idet de terninger, som viser seks øjne, lægges til side (de skal forestille atomkerner, der er henfaldet).

Hvis vi tænker os, at terningerne kastes 1 gang i minuttet, kan du direkte på kurven aflæse, hvor mange minutter der går, inden terningernes antal er halveret. Dette kunne vi kalde terningernes „halveringstid“.



Undervisningsprogram 3

Radioaktivitet

Ved at løse teoriopgaverne i undervisningsprogram 3 i arbejdshæftet får du repeteret, hvad du i kapitel 5 har lært om radioaktivitet.



Tip tretten 2

Du kan få et indtryk af, hvor meget du fik lært i kapitel 4-5 ved at udfylde tipskupon nr. 2 i arbejdshæftet. De tilhørende opgaver kan din lærer give dig.

6

Strålingen, der rammer os alle



Folk, som ofte færdes i naturen eller sover direkte på jorden under åben himmel, ved måske ikke, at de overalt er udsat for en svag radioaktiv bestråling.