

## Experiment 10

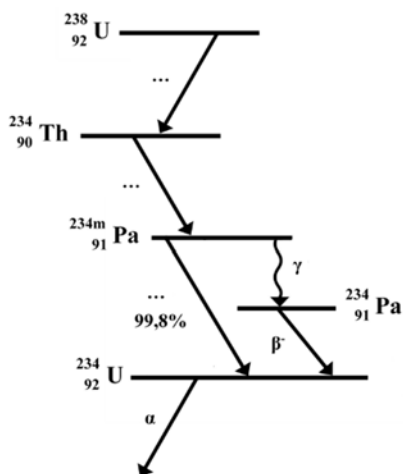
### Herstel van protactinium-234m

#### Inleiding

Het vervalproduct van sommige radioactieve nucliden is zelf ook weer radioactief. Dit verschijnsel wordt gebruikt in de protactinium-generator met uranium-238 als uitgangsstof.

In de protactinium-generator zit een hoeveelheid uranium-238. Dit is een isotoop van uranium met een halveringstijd van  $4,5 \cdot 10^9$  jaar. De activiteit van het uranium in de generator is daarom constant en er is daarmee ook een constante stroom van nieuw gevormde kernen van thorium-234. De instabiele thoriumkernen vervallen.

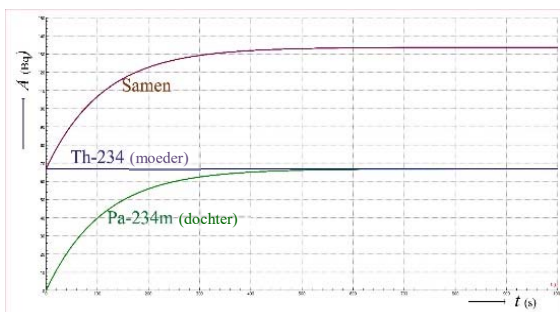
De halveringstijd van thorium-234 is 24 dagen. Doordat de halveringstijd van het uranium-238 veel langer is dan die van het daaruit gevormde thorium-234, is de hoeveelheid thorium-234 (vrijwel) constant. Er ontstaat een evenwicht waarbij er per seconde evenveel thoriumkernen bijkomen als er vervallen.



Het thorium-234 vervalt zelf weer tot protactinium-234m. De letter 'm' geeft aan dat het hier om een *metastabiele* toestand van de protactiniumkern gaat. Dat is een toestand waarin de kern meer energie bezit dan in de toestand waarin het energetisch het meest gunstig is voor die kern. Normaalgesproken raakt een metastabiele kern deze extra energie kwijt door het uitzenden van  $\gamma$ -straling (een  $\gamma$ -foton). Het protactinium-234m vervalt echter voor 99,8% direct tot uranium-234. Dat doet het met een veel kleinere halveringstijd vergeleken met het thorium-234. Het voor ons belangrijke deel van de vereenvoudigde vervalschema zie je hiernaast.

In een evenwichtssituatie worden per seconde evenveel atomen protactinium-234m (uit de moeder thorium-234) gevormd als er (naar uranium-234) vervallen. De generator zendt dan vrijwel constante hoeveelheden  $\alpha$ -,  $\beta$ - en  $\gamma$ -straling uit.

In de generator bevinden zich twee vloeistoffen met verschillende dichtheden: bovenin de organische vloeistof amylacetaat en onderin een zoutzuuroplossing met uranium-238 en zijn vervalproducten. Door de generator te schudden komt door betere oplosbaarheid in amylacetaat het protactinium-234m bovenin de generator terecht, terwijl het uranium en alle andere vervalproducten onderin in de zoutzuuroplossing achterblijven. Door het wegnemen van het protactinium-234m is de activiteit onderin de generator afgenomen. Vervolgens ontstaat uit het verval van



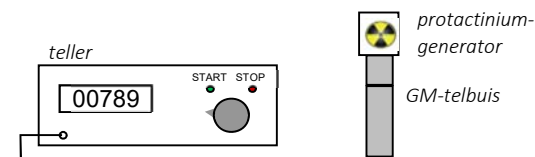
het thorium-234 in de generator weer nieuw protactinium-234m, dat ook weer straling gaat uitzenden samen met de andere atomen onder in de generator. De generator herstelt zich en maakt weer atomen aan tot de oorspronkelijke evenwichtssituatie weer bereikt is. Door te schudden is dus het protactinium te verwijderen en de hersteltijd van de generator te meten.

#### Doel

Bepalen van de hersteltijd van de generator uit het toenemen van de activiteit tijdens de herstelperiode.

#### Opstelling

De opstelling bestaat uit een Geiger Müller-telbuis met pulsenteller en een generator met uranium-238.

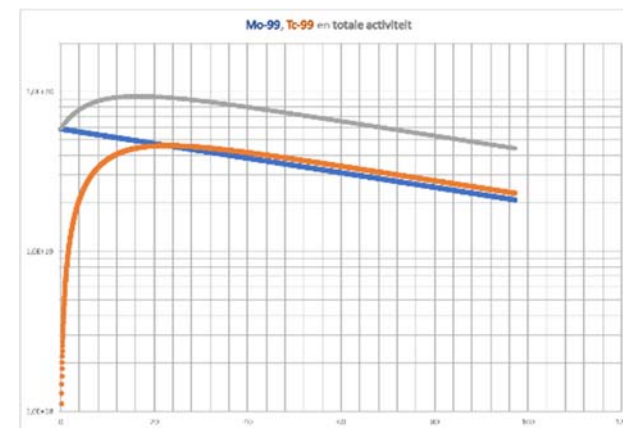


#### Toepassingen

Voor wetenschappelijk en medisch onderzoek bij planten, mensen en andere dieren gebruikt men liefst radioactieve nucliden met een korte halveringstijd. Door deze korte halveringstijd is de activiteit van deze nucliden relatief hoog. Het onderzoek is dan uit te voeren met een vrij kleine hoeveelheid radioactief materiaal. Daardoor blijft de stralingsbelasting van het organisme laag. Dit soort radioactieve nucliden zijn echter – vanwege het snelle verval – moeilijk verkrijgbaar. De generator of 'radioactieve koe' biedt dan een oplossing. Deze 'koe' is op elk gewenst moment kort voor de uitvoering van het onderzoek te melken (elueren) en levert dan het radioactieve nuclide met de gewenste eigenschappen.

Het uranium-238 in de generator bij dit experiment heeft een halveringstijd van  $4,5 \cdot 10^9$  jaar. Deze generator is dus een heel lange tijd bruikbaar als bron van het kortlevende protactinium-234m. Op eenzelfde manier is bijvoorbeeld molybdeen-99 bruikbaar als bron van de kortlevende  $\gamma$ -straler technetium-99m.

Dit soort  $\gamma$ -straling uitzendende nucliden met een korte halveringstijd zijn in gebruik als tracer (spoorzoeker) bij onderzoek naar bijvoorbeeld hartafwijkingen (thallium-201), hersentumoren (technetium-99m) en schildklierandoeningen (jood-123).



Op de ISP website staat aanvullende informatie en een computermodel waarmee je de activiteit van het moeder-nuclide en het dochter-nuclide bij zo'n generator voor kortlevende nucliden kunt onderzoeken: [www.stralenpracticum.nl/](http://www.stralenpracticum.nl/) > leerlingen > leerlingvoorbereiding, kijk bij 'moeder-dochter-verval'