



Experiment 10

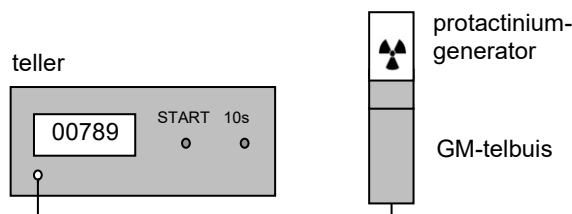
De herstellijd van protactinium

- Doel**
- Bepalen van de herstellijd van metastabiel protactinium-234 ($^{234\text{m}}\text{Pa}$) in een isotopengenerator.

Meetopstelling

In de generator bevinden zich twee vloeistoffen met verschillende dichtheid: bovenin een vloeistof (amylacetaat) en onderin een oplossing met uranium-238 en zijn vervalproducten. Eén van die vervalproducten is het protactinium-234m. Door de generator te schudden komt het protactinium bovenin de generator terecht, terwijl het uranium en alle andere vervalproducten onderin blijven zitten. Dit komt door een verschil in oplosbaarheid: protactinium lost beter op in amylacetaat (de bovenste vloeistof) in vergelijking met uranium en de andere vervalproducten.

Door het wegnemen van het protactinium-234m is de activiteit onderin de generator afgenomen. Uit



het verval van thorium-234 ontstaat in de generator weer nieuw protactinium-234m, dat ook weer straling gaat uitzenden samen met de andere atomen die ook weer in de generator ontstaan. De generator herstelt zich en maakt weer atomen aan tot het oude evenwicht bereikt is. Door te schudden is dus het protactinium te verwijderen en de herstellijd van de generator te meten.

De opstelling bestaat uit een $^{234\text{m}}\text{Pa}$ -generator op een Geiger-Müller telbuis met pulsenteller.

Let op: De protactinium-generator bevat twee vloeistoffen met radioactieve isotopen en heeft daarom geen afneembaar deksel.

De protactiniumgenerator is te 'starten' door grondig schudden. Na het schudden moet je ongeveer 10 seconden wachten met het starten van de metingen.

Met deze meetopstelling is de herstellijd van $^{234\text{m}}\text{Pa}$ te bepalen uit een meting van de intensiteit I (in pulsen per tijdseenheid) van de uitgezonden straling als functie van de tijd t .

- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.

Hypothese

- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de intensiteit I van de uitgezonden straling en de tijd t .
- Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, t -diagram.
- Stel ook een hypothese op over de grootteorde van de herstellijd van $^{234\text{m}}\text{Pa}$.

Werkplan

- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
- Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten.
- Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling.
- Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
- Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
- Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
- Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.

Onderzoek

- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.

Kijk ook nog even op de achterkant van dit blad.

Verwerking

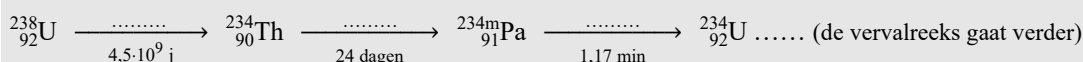
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader hieronder staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen de hersteltijd van ^{234m}Pa .
- > Bereken de hersteltijd voor ^{234m}Pa .

Verdieping (bijvoorbeeld bij het maken van een uitgebreid verslag)

Hieronder staat een deel van de vervalreeks van het uranium-238 in de protactinium-generator. Zet boven de pijlen in deze vervalreeks de bij het verval uitgezonden soort straling (α of β).



Hersteltijd berekenen

Voor het berekenen van de tijd die nodig is voor volledig herstel van de dochteractiviteit heb je de halveringstijd van zowel het moeder-nuclide ($t_{1/2M}$) als de halveringstijd van het genoemde dochter-nuclide ($t_{1/2D}$) nodig. In formule:

$$t_{\max} = \frac{1}{\ln 2} \cdot \frac{t_{1/2M} \cdot t_{1/2D}}{t_{1/2M} - t_{1/2D}} \cdot \ln \frac{t_{1/2M}}{t_{1/2D}} \quad [1]$$

Omdat bij de gebruikte generator $t_{1/2M} \gg t_{1/2D}$ en $\ln 2 = 0,693$ kunnen we de formule vereenvoudigen:

$$t_{\max} = \frac{t_{1/2D}}{0,693} \cdot \ln \frac{t_{1/2M}}{t_{1/2D}} \quad [2]$$

In deze formules staat de term “ln” voor de natuurlijke logaritme: de logaritme met grondtal e.

Bereken met formule [2] de tijd t_{\max} die nodig is totdat maximaal herstel is ingetreden. De halveringstijden van zowel het moeder nuclide als het dochter nuclide vind je in de vervalreeks hierboven.

$t_{1/2D} = \dots\dots\dots$ minuten

$t_{1/2M} = \dots\dots\dots$ minuten

$t_{\max} = \dots\dots\dots$ minuten

> Vergelijk dit antwoord met het antwoord dat je gevonden hebt uit je metingen.

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.