

Lise Meitner (1878-1968, zie figuur 1) werd in totaal 48 maal genomineerd voor een Nobelprijs, maar kreeg de prijs nooit.

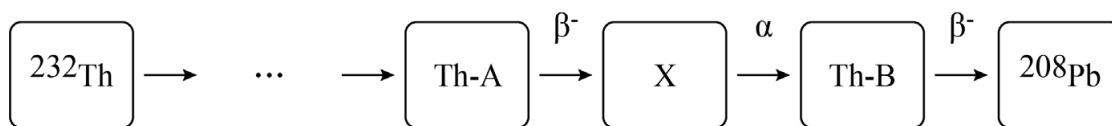
Rond 1910 deed Meitner onderzoek naar de eigenschappen van β^- -straling. Ze gebruikte hierbij preparaten met thorium. Het bestaan van isotopen was in die tijd nog niet bekend. Nu weten we dat het preparaat niet alleen het instabiele Thorium-232 bevatte, maar ook alle vervalproducten van Thorium-232 (ook wel de vervalreeks genoemd). Deze vervalreeks eindigt bij het stabiele isotoop Pb-208.

figuur 1



In de vervalreeks van Th-232 zitten meerdere β^- -stralers. Meitner was vooral geïnteresseerd in twee specifieke β^- -stralers. Omdat Meitner nog niet in staat was om de afzonderlijke isotopen in het preparaat te identificeren, noemde ze deze β^- -stralers 'Th-A' en 'Th-B'. Zie figuur 2, de isotoop 'X' is een onbekende α -straler.

figuur 2



Wat Meitner 'Thorium A' noemde blijkt een isotoop van lood te zijn.

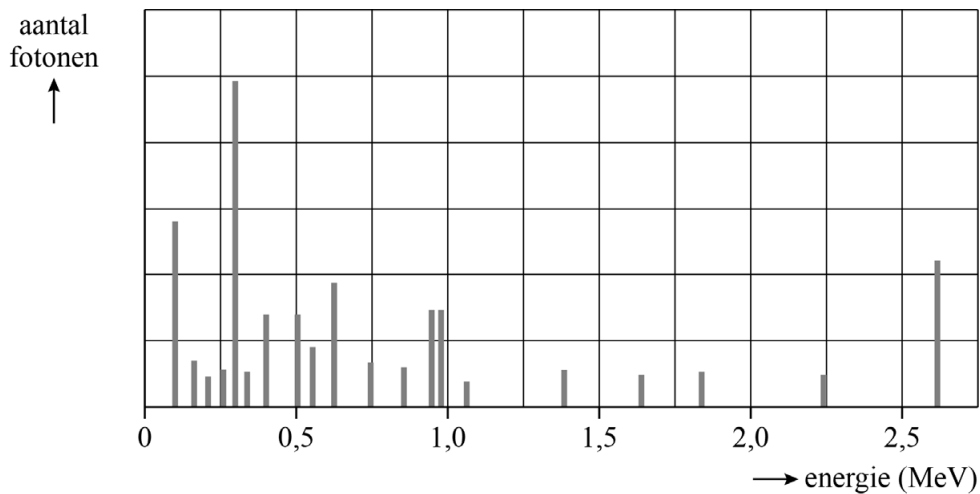
- 3p 10 Leg dit uit aan de hand van de laatste drie vervalprocessen van de vervalreeks in figuur 2.

Een aantal van de gebruikte thorium-preparaten wordt nog steeds bewaard in het Max Planck Instituut in Berlijn. De activiteit van de twee β^- -stralers, die beide een halveringstijd hebben van minder dan één dag, is in meer dan 100 jaar nauwelijks afgenomen.

- 2p 11 Leg uit waardoor de activiteit van de twee β^- -stralers constant is gebleven.

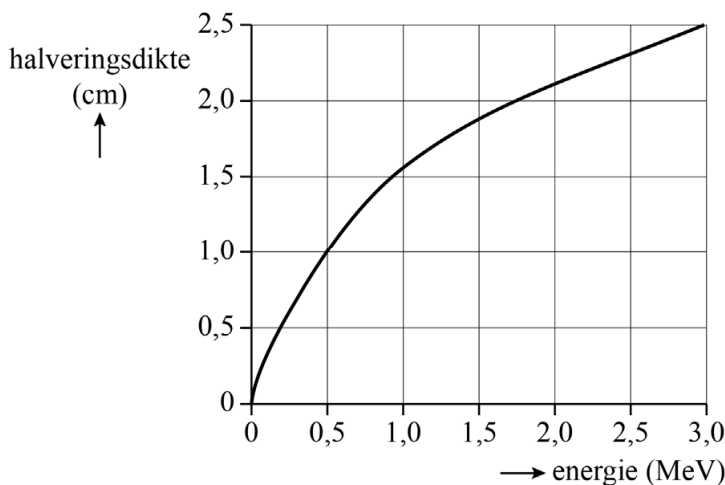
Elk van de isotopen in de vervalreeks zendt gammafotonen uit met specifieke energieën. Daardoor straalt een Th-232-preparaat een herkenbaar spectrum van gamma-energieën uit. Figuur 3 geeft meetwaarden weer van een Th-232-preparaat.

figuur 3



Meitner gebruikte ijzeren plaatjes (dikte 2,5 mm) om haar meetinstrumenten van te maken. Dit materiaal houdt slechts een klein gedeelte van de gammafotonen van het preparaat tegen. In figuur 4 is voor ijzer de relatie weergegeven tussen de energie van de gammastraling en de halveringsdikte.

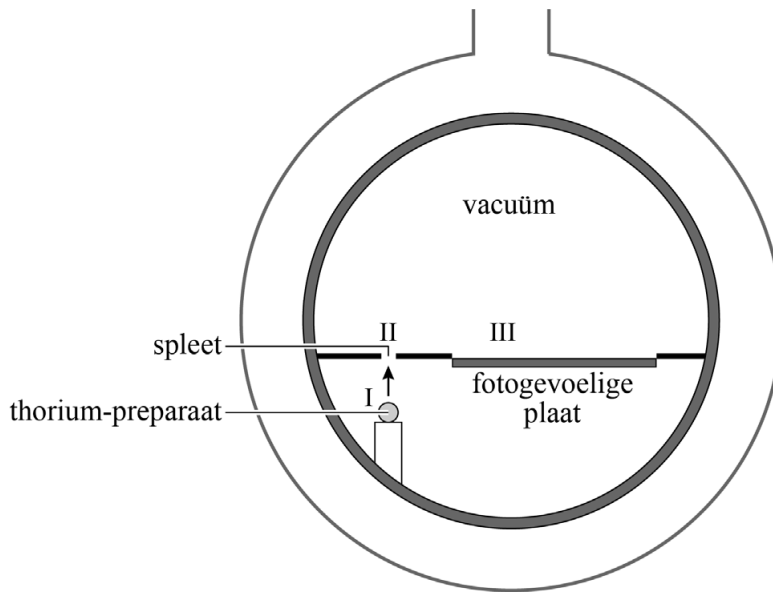
figuur 4



- 4p 12 Bepaal hoeveel procent van de meest doordringende gammafotonen uit een Th-232-preparaat wordt tegengehouden door het ijzer.

Voor haar onderzoek naar β^- -deeltjes ontwierp Meitner de zogenaamde magnetische spectrometer. Zie figuur 5.

figuur 5



Het thorium-preparaat is geplaatst bij I in figuur 5. Vervolgens wordt er een vacuüm gecreëerd in de spectrometer. De β^- -straling komt door een spleet (II in figuur 5) met hoge snelheid een halfronde ruimte in. Onder invloed van een sterk homogeen magnetisch veld voeren de β^- -deeltjes een eenparige cirkelbeweging uit, waarna ze bij III op een fotogevoelige plaat terechtkomen. Op de plaats waar de β^- -deeltjes het fotogevoelige materiaal treffen, vindt een verkleuring plaats. De verkleuring is een maat voor het aantal deeltjes dat op die locatie de plaat heeft getroffen.

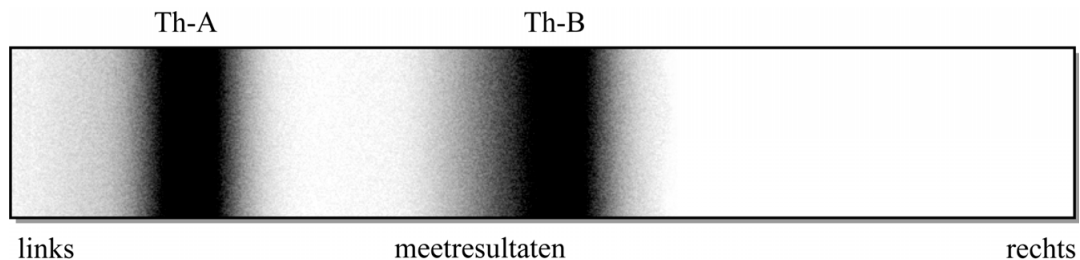
Figuur 5 staat vereenvoudigd op de uitwerkbijlage.

3p **13** Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:

- Geef met een pijl de richting aan van de Lorentzkracht die in punt P op het β^- -deeltje werkt.
- Geef de richting aan van het magnetisch veld in de spectrometer. Licht je keuze toe.

Met haar magnetische spectrometer deed Meitner onderzoek aan de twee β^- -stralers Th-A en Th-B. In figuur 6 is het meetresultaat van haar onderzoek, de fotogevoelige plaat, weergegeven. De linkerkant van de plaat bevond zich in de opstelling het dichtst bij de spleet (II in figuur 5).

figuur 6



Voor de straal van de cirkelbaan die een bètadeeltje aflegt in de spectrometer geldt:

$$r = \frac{p}{Bq} \quad (1)$$

Hierin is:

- r de straal van de cirkelbaan
- p de impuls van het β^- -deeltje
- B de sterkte van het magnetisch veld in de spectrometer
- q de lading van het β^- -deeltje

5p **14** Voer de volgende opdrachten uit:

- Leid formule (1) af met behulp van formules uit het informatieboek.
- Leg met behulp van formule (1) en figuur 6 uit welke β^- -straler, Th-A of Th-B, de meest energierijke β^- -deeltjes produceert.

In eerdere onderzoeken werd via vergelijkbare experimenten het gedrag van α -deeltjes onderzocht. Hierbij produceerde elke α -straler een dunne scherpe lijn. Meitner was daarom erg verrast toen ze geen scherpe lijnen waarnam, maar brede verkleurde gebieden (zie figuur 6). Dit leek direct in te gaan tegen de wet van behoud van energie, want Meitner ging ervan uit dat er tijdens bètaverval een vaste hoeveelheid energie vrijkwam voor het β^- -deeltje.

Het duurde nog vele jaren voordat deze baanbrekende waarnemingen van Meitner verklaard konden worden. Bij β^- -verval ontstaat naast het β^- -deeltje namelijk nog een tweede deeltje, het neutrino.

Neutrino's krijgen tijdens bètaverval niet allemaal dezelfde hoeveelheid energie mee.

2p **15** Leg uit hoe dit volgt uit de meetresultaten van figuur 6.