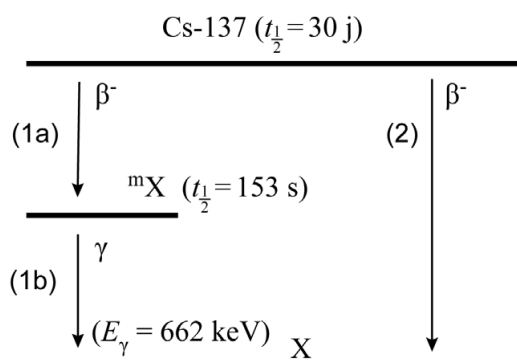


Lost and found

Bij een Australisch mijnbouwbedrijf gebruikt men in een sensor voor bodemonderzoek een capsule met radioactief cesium-137.

Cesium-137 kan op verschillende manieren vervallen naar een stabiele dochterkern. In figuur 1 zijn de twee meest voorkomende vervalprocessen weergegeven.

figuur 1



- 2p **1** Leg uit welk element in figuur 1 bedoeld wordt met X.

De capsule moet vervangen worden zodra de activiteit van het cesium met 30% is afgenomen.

- 3p **2** Bepaal na hoeveel jaar de cesiumcapsule vervangen moet worden.

Om de capsule te vervangen wordt de sensor naar een onderhoudslocatie gebracht. In januari 2023 ontdekten werknemers van het mijnbouwbedrijf dat ergens langs een 1400 km lange route een capsule was zoekgeraakt. De Australische overheid was bang dat iemand de capsule langs de weg zou vinden, en deze zonder na te denken in zijn of haar broekzak zou steken.

De wand van de capsule absorbeert alle bètastraling, maar laat de gammastraling ten gevolge van vervalproces (1b) uit figuur 1 grotendeels door. Deze gammastraling kan leiden tot schade aan menselijk weefsel.

Een gemiddelde persoon heeft een massa van 74 kg. Op 1,0 m afstand van de capsule absorbeert deze persoon per uur $3 \cdot 10^{12}$ fotonen van 662 keV. Tabel 1 geeft dosisequivalenten van verschillende röntgenfoto's.

tabel 1

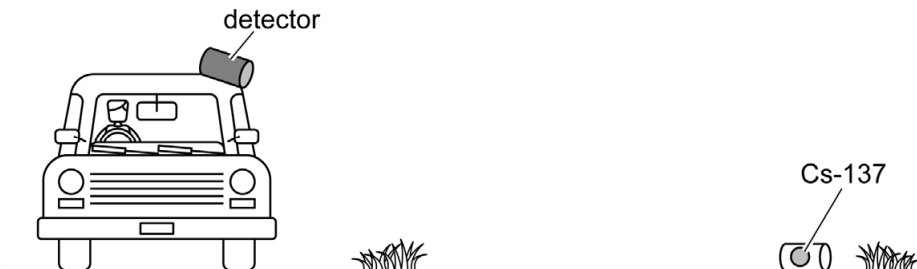
	equivalente dosis per foto
gebit	5 μSv
hart en longen	70 μSv
onderrug	0,6 mSv

In de Australische media werd beweerd dat het dosisequivalent dat een persoon op 1 meter van de capsule in 1 uur zou ontvangen, overeenkomt met het dosisequivalent van zeven röntgenfoto's.

- 4p **3** Leg met een berekening uit met welk type röntgenfoto in tabel 1 het dosisequivalent in deze bewering is vergeleken.

Er werd een zoekactie gestart waarbij een auto met een stralingsdetector langs de route reed. Zie figuur 2. Deze figuur is niet op schaal getekend.

figuur 2



De activiteit van het cesium in de capsule is 19 GBq. Vervalproces (1b) komt voor bij 85% van alle cesium-137-kernen die vervallen. De wand van de capsule laat 96% van de gammastraling door. De oppervlakte van de detector is $6,3 \text{ cm}^2$. Voor een bruikbaar signaal moeten er per seconde minimaal $2,0 \cdot 10^3$ gammafotonen op dit oppervlak vallen.

- 4p **4** Bereken de maximale afstand waarop de capsule nog gedetecteerd kan worden.

De capsule is gevonden in de berm op twee meter van de weg. Uit een rekenmodel blijkt dat passerende automobilisten weinig gevaar hebben ondervonden van de straling uit de capsule. Het model berekent het dosisequivalent dat een persoon per seconde ontvangt op verschillende posities x langs de weg. Op de uitwerkbijlage staat een grafiek met het resultaat van die berekening. Op $x=0$ bevindt de auto zich het dichtst bij de capsule.

Neem aan dat een automobilist de capsule passeert met een constante snelheid van 90 km h^{-1} .

- 4p **5** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het extra dosisequivalent dat de automobilist op het weergegeven traject ondervindt. Noteer je antwoord in één significant cijfer.