

## Opgave 4 Radioactief afval

Radioactief afval van kerncentrales wordt bewaard in zogenaamde Castorvaten.  
Lees eerst het artikel.

artikel



Castorvaten worden gevuld met radioactief afval en naar een opslagplaats vervoerd. Dergelijke opslagplaatsen bevinden zich onder andere in de Duitse plaatsen Ahaus en Gorleben. Op de foto staan drie Castorvaten van het type V52 afgebeeld. Dat is een rond stalen vat met een dikke wand. De V52 is 5,45 m hoog en heeft een buitendiameter van 2,44 m. De wanddikte is 48 cm; de bodem en het deksel zijn elk ook 48 cm dik. Een leeg vat weegt 104 ton.

naar: [www.gns.de](http://www.gns.de)

- 4p **14**  Men wil Castorvaten van het type V52 gebruiken om  $500 \text{ m}^3$  radioactief afval te bewaren. Bereken het aantal vaten dat hiervoor minimaal nodig is. Gebruik tabel 94 van Binas.

Het vervoer van de Castorvaten van een kerncentrale naar de opslagplaats gebeurt per trein. De vaten mogen bij een eventuele botsing niet kapot gaan. Om de stevigheid van de vaten te controleren, heeft men een leeg Castorvat vanaf grote hoogte naar beneden laten vallen. Het vat botste tegen de grond met een snelheid van 450 km/h (en doorstond de klap).

- 4p **15**  Bereken op welke hoogte het vat is losgelaten. Verwaarloos daarbij de luchtweerstand.

De 48 cm dikke stalen wand van het Castorvat houdt meer dan 99,99% van de  $\gamma$ -straling tegen.

In tabel 99D van Binas staat informatie over de halveringsdikte voor  $\gamma$ -straling. De halveringsdikte van staal is gelijk aan die van ijzer. Neem aan dat de  $\gamma$ -straling in het vat een gemiddelde energie heeft van 2,0 MeV.

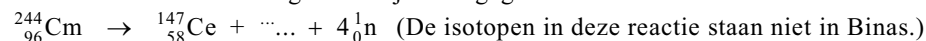
- 4p **16**  Ga met een berekening na dat de wand inderdaad meer dan 99,99% van de  $\gamma$ -straling tegenhoudt.

Behalve  $\gamma$ -straling komen ook neutronen door de wand heen. De neutronen ontstaan bij de spontane splijting van een van de afvalproducten in het vat: curium-244.

Spontane splijting betekent dat de kern uit zichzelf, zonder invangen van een neutron, in twee delen uiteenvalt.

Bij een van de mogelijke splijtingsreacties komen vier neutronen vrij.

Deze reactie is hieronder gedeeltelijk weergegeven:



Bovenstaande reactie staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p **17**  Vul op de uitwerkbijlage het symbool, het atoomnummer en het massagetal van de ontbrekende isotoop in.

De energie die per seconde in een vat bij de splijting en het radioactief verval vrijkomt, bedraagt 24 kJ. Hierdoor neemt de massa van het afval in het vat af.

- 3p **18**  Bereken de massavermindering na één jaar.

De stralingsdosis die werknemers ontvangen, wordt gemeten met badges (dosimeters).

Een bepaalde werknemer heeft in een jaar door  $\gamma$ -straling een dosis ontvangen van  $5,3 \cdot 10^{-3} \text{ Gy}$  en door neutronenstraling  $0,19 \cdot 10^{-3} \text{ Gy}$ .

Voor het dosisequivalent  $H$  geldt:

$$H = QD$$

Hierin is:

- $H$  het dosisequivalent (effectieve totale lichaamsdosis in Sv);
- $Q$  de zogenaamde (stralings)weegfactor (kwaliteitsfactor); neem voor  $\gamma$ -straling  $Q = 1$  en voor neutronen  $Q = 20$ ;
- $D$  de ontvangen stralingsdosis (in Gy).

- 4p **19**  Ga na of voor deze werknemer de stralingsbeschermingsnorm is overschreden. Gebruik tabel 99E van Binas.