

### Opgave 4 Rubbia-centrale

Kernfysicus Carlo Rubbia heeft in 1993 een ontwerp gemaakt voor een nieuw type kerncentrale. Nieuw aan deze centrale is dat de gebruikte splijstof uranium-233 is.

Kernen van uranium-233 splijten als ze een neutron invangen. Hierbij ontstaan twee nieuwe kernen en enkele neutronen. De kernen die ontstaan en het aantal neutronen dat vrijkomt, kunnen per reactie verschillend zijn.

Bij één zo'n splijting wordt xenon-138 gevormd en komen er drie neutronen vrij.

- 3p 17 Geef de reactievergelijking van deze splijting. (N.B. Niet alle isotopen in deze reactie staan in Binas.)

In het prototype van de centrale wordt de energie die in de reactor vrijkomt met een rendement van 36% omgezet in elektrische energie. De centrale wekt een elektrisch vermogen op van 100 MW.

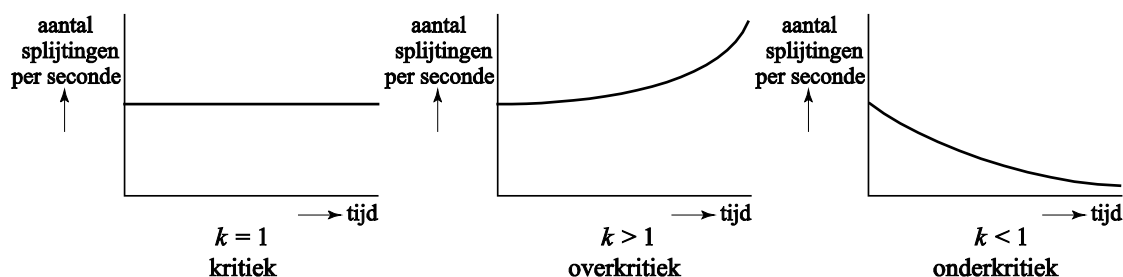
Bij splijting van een uranium-233-kern is het (gemiddelde) massadefect 0,22 u.

- 5p 18 Bereken het aantal splijtingen per seconde in de Rubbia-centrale.

Als in een kerncentrale het aantal splijtingen per seconde constant is, zegt men dat de kettingreactie kritiek is. Dat wil zeggen dat van de neutronen die bij een splijting vrijkomen gemiddeld één neutron een nieuwe splijting veroorzaakt. In dat geval is de zo genoemde vermenigvuldigingsfactor  $k$  gelijk aan 1.

Als  $k > 1$  is spreekt men van een overkritieke kettingreactie en als  $k < 1$  is van een onderkritieke kettingreactie. Deze drie situaties zijn weergegeven in figuur 1.

figuur 1



- 2p 19 Leg uit waarom een situatie met  $k > 1$  gevaarlijk is.

Een kenmerkende eigenschap van de Rubbia-centrale is dat de kettingreactie die er plaatsvindt onderkritiek is.

Daardoor is deze centrale veiliger dan een gewone kerncentrale.

In het kader hiernaast staan enkele gegevens over de Rubbia-centrale.

- 2p **20** Bepaal met behulp van deze gegevens de vermenigvuldigingsfactor  $k$  van de kettingreactie in de Rubbia-centrale.

### **Rubbia-centrale**

Per splijting komen gemiddeld 2,57 neutronen vrij; hiervan

- wordt 46% geabsorbeerd in andere stoffen dan U-233;
- ontsnapt 17% uit de reactor;
- zorgt 37% voor een nieuwe splijting van U-233.

Om het aantal splijtingen toch op een constant niveau te houden moeten extra neutronen worden toegevoerd. Die neutronen maakt men door lood te beschieten met protonen. Het lood is in vloeibare vorm als koelmiddel in de reactor aanwezig en de protonen worden met behulp van een versneller naar binnen geschoten.

Het vermogen van de versneller moet veel kleiner zijn dan het vermogen van de centrale.

- 2p **21** Leg uit waarom.