

Naam: _____ Klas: _____

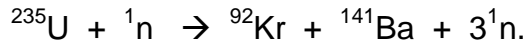
Toets Kernenergie (versie A)

Opgave 1

In een kernreactor komt energie vrij bij het splijten van zware kernen. In de figuur hiernaast is het principe van een kernreactor weergegeven.

Er volgt een splijting als een ^{235}U -kern getroffen wordt door een zogenaamd langzaam neutron. Dit is een neutron met een kinetische energie van ongeveer 0,05 eV.

Eén van de mogelijke splijtingen verloopt als volgt:



Bij deze splijting komt een energie vrij van 188 MeV, voornamelijk in de vorm van kinetische energie van de twee zware brokstukken ^{92}Kr en ^{141}Ba .

a.

Geef kort aan wat de functie van de moderator is.

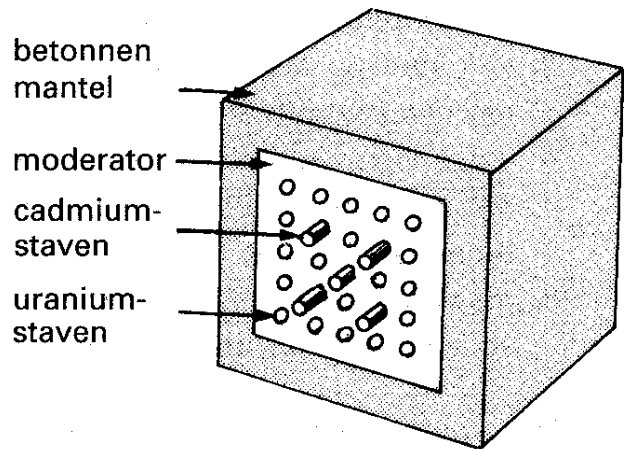
b.

Geef kort aan wat de functie van de cadmiumstaven is.

In een kernreactor komt tengevolge van deze splijtingen een energie van $9,0 \cdot 10^{12}$ J per uur vrij. Neem aan dat alleen bovengenoemde splijtingsreactie plaatsvindt.

c.

Bereken het aantal splijtingen dat per uur plaatsvindt.



d.
Bereken hoeveel massa per uur in de reactor verdwijnt.

Het rendement van de kerncentrale, waarvan deze kernreactor de energiebron is, bedraagt 18%.

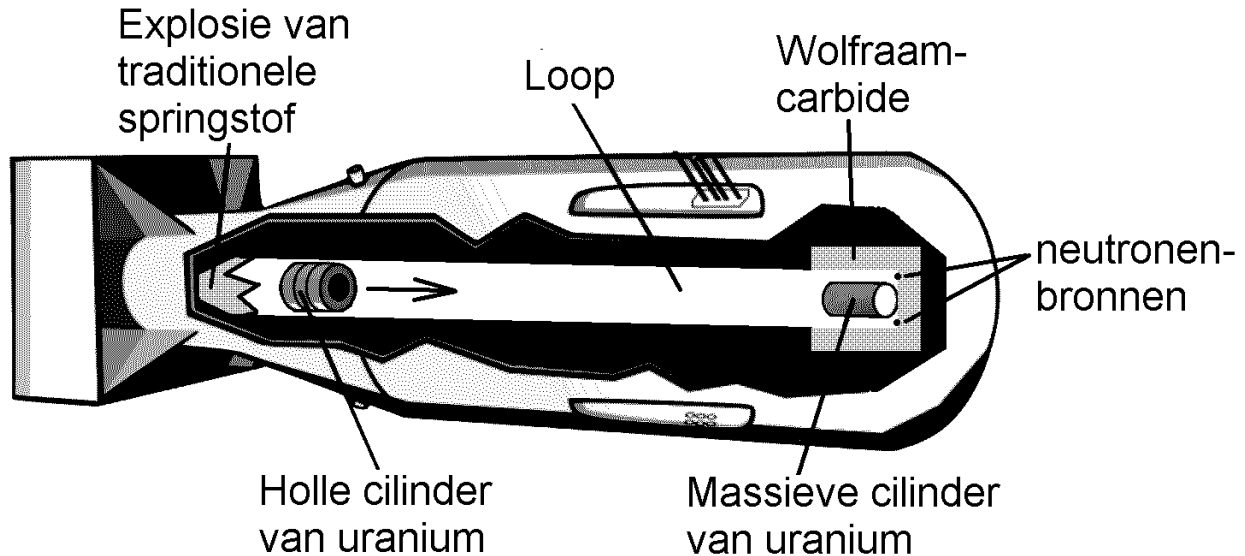
e.
Bereken het elektrisch vermogen dat deze kerncentrale afgeeft.

Op een bepaald tijdstip zijn er $3,0 \cdot 10^5$ langzame neutronen in de kernreactor. De gemiddelde tijd tussen twee opeenvolgende splijtingen is $2,0 \cdot 10^{-7}$ s.

f.
Bereken dan hoelang het duurt voordat er $6,0 \cdot 10^8$ langzame neutronen in de kernreactor zijn als de vermenigvuldigingsfactor 1,02 bedraagt.

Opgave 2

De onderstaande figuur is een vereenvoudigde weergave van 'Little Boy': de kernbom die de Amerikanen in de tweede wereldoorlog boven Hiroshima loslieten. Little Boy bevatte in totaal 64,1 kg uranium dat was verrijkt tot maximaal 89% uranium-235. De kernbom bevatte twee gescheiden hoeveelheden uranium, namelijk in de vorm van een holle cilinder en in de vorm van een massieve cilinder. Om de bom af te laten gaan, werd de holle cilinder in de richting van een massieve cilinder geschoten. Nadat de holle cilinder over de massieve cilinder geschoven was, ontplofte te bom.



De kritische massa is de minimale hoeveelheid splijtbaar materiaal (hier uranium-235) die nodig is om een nucleaire kettingreactie in stand te houden. In 'Little Boy' waren de holle cilinder en de massieve cilinder subkritisch (onderkritisch), de combinatie van beiden superkritisch (bovenkritisch).

De kritische massa van zuiver uranium-235 bedraagt 52 kg als dit uranium een bolvorm heeft. Bij andere vormen, zoals een (holle) cilindervorm, heeft de kritische massa een andere waarde.

a.

Ligt de kritische massa bij andere vormen hoger of lager dan die bij een bolvorm? Leg je antwoord kort uit.

In 'Little Boy' schoof de holle cilinder over de massieve cilinder. Zoals in de figuur is aangegeven, werd deze combinatie omgeven door wolframcarbide. Dankzij het feit dat(1)..... door wolframcarbide worden(2)....., nam de omvang van de kettingreactie snel toe.

b.

Omcirkel in elk van de volgende twee regels één woord.

Bij (1) moet staan: elektronen, protonen, neutronen, ionen of alfadeeltjes.

Bij (2) moet staan: geabsorbeerd, doorgelaten of gereflecteerd.

Zoals in de figuur zichtbaar is, bevatte Little Boy een aantal neutronenbronnen.

c.

Leg uit wat de functie van deze neutronenbronnen was.

Er werd bij de ontploffing slechts 798 g zuiver uranium-235 gespleten. Hierbij bedroeg het massaverlies 0,63 gram.

d.

Bereken hoeveel energie, uitgedrukt in joule, bij de explosie vrij kwam.

Uitwerkingen

Opgave 1

a.

Afremmen van neutronen

b.

Absorberen van neutronen

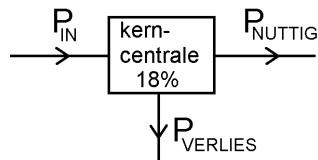
c.

$$n = \frac{E_{TOT}}{E_{SPLIJTING}} = \frac{9,0 \cdot 10^{12}}{188 \text{ Mev} \cdot 1,60 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV}} = 3,0 \cdot 10^{23}$$

d.

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{9,0 \cdot 10^{12} \text{ J}}{(3,0 \cdot 10^8)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

e.



$$P_{IN} = \frac{E_{IN}}{t} = \frac{9,0 \cdot 10^{12} \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 2,5 \cdot 10^9 \text{ W}$$

$$P_{NUTTIG} = \eta \cdot P_{IN} = 0,18 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 0,45 \text{ GW}$$

f.

$$1,02^n = \frac{6,0 \cdot 10^8}{3,0 \cdot 10^5} = 2,0 \cdot 10^3$$

$$n \cdot \log(1,02) = \log(2,0 \cdot 10^3) \rightarrow n = 384$$

$$\Delta t = 384 \cdot 2,0 \cdot 10^{-7} = 7,68 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

Opgave 2

a.

Hoger, bij andere vormen dan de bolvorm is de oppervlakte in verhouding tot de inhoud groter zodat de neutronen gemakkelijker kunnen ontsnappen.

b.

Neutronen, gereflecteerd

c.

Deze dienen ervoor om de kernsplijting te starten.

d.

$$E = mc^2 = 0,63 \cdot 10^{-3} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 = 5,7 \cdot 10^{13} \text{ J}$$