

Opgave 3 Kernfusie op tafel

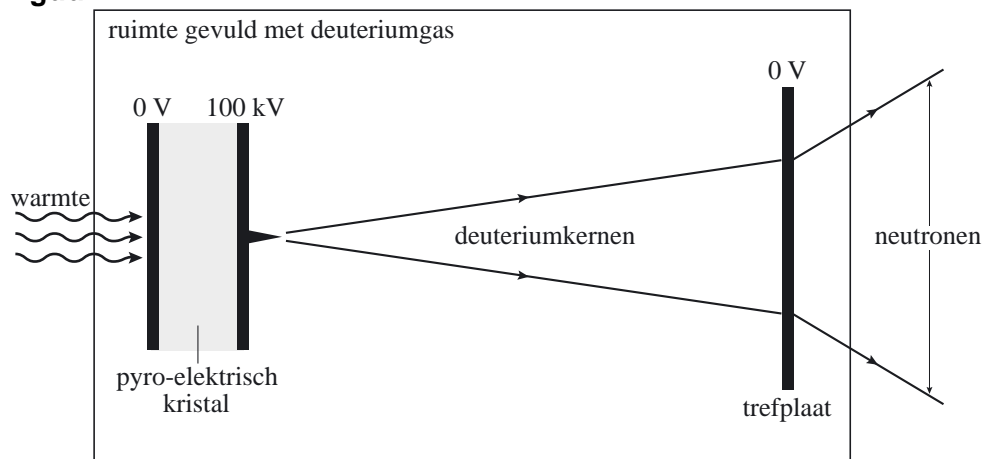
valt buiten de
examenstof

Lees de tekst hieronder.

Drie natuurkundigen van de Universiteit van Californië hebben het voor elkaar: kernfusie opwekken in een apparaatje dat gewoon op tafel staat. In het artikel dat ze onlangs in *Nature* publiceerden, benadrukken ze dat het apparaat geen energiebron is. Er gaat meer energie in dan eruit komt. Hun minireactor zou vooral nuttig kunnen zijn als handige neutronenbron, bijvoorbeeld bij het bestralen van een tumor.

In figuur 7 is schematisch weergegeven hoe het apparaat werkt. Een zogenaamd pyro-elektrisch kristal wekt een hoge spanning op als er een temperatuurverschil wordt aangebracht tussen de linker- en rechterkant. Het kristal is geplaatst in een ruimte die eerst vacuüm is gezogen. Vervolgens is er een beetje deuteriumgas in aangebracht. Bij de punt van de naald aan de rechterkant van het kristal wordt deuterium geïoniseerd. Tengevolge van de spanning van 100 kV tussen de naald en de trefplaat bewegen de zo ontstane deuteriumkernen (^2H) versneld naar rechts en botsen met grote snelheid tegen de trefplaat.

figuur 7

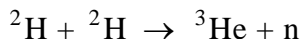


De trefplaat bestaat uit een materiaal dat veel deuterium bevat. De kinetische energie van 100 keV waarmee de deuteriumkernen tegen de trefplaat botsen, is voldoende om twee deuteriumkernen te kunnen laten fuseren.

De massa van een deuteriumkern is $3,34 \cdot 10^{-27}$ kg.

- 3p **11** Bereken de snelheid waarmee de deuteriumkernen tegen de trefplaat botsen.
- 2p **12** Leg uit waarom de deuteriumkernen een grote snelheid moeten hebben om te kunnen fuseren.

De fusiereactie die in de trefplaat plaatsvindt, is:



De massa's van de bij de reactie betrokken deeltjes staan in de tabel hiernaast.

| deeltje | massa (kg) |
|-----------------|--------------------------|
| ${}^2\text{H}$ | $3,34358 \cdot 10^{-27}$ |
| ${}^3\text{He}$ | $5,00641 \cdot 10^{-27}$ |
| n | $1,67493 \cdot 10^{-27}$ |

De minireactor kan $1,0 \cdot 10^3$ neutronen per seconde produceren.

Het vermogen dat nodig is om het apparaat te laten werken, is 2,0 W (voornamelijk voor het verwarmen van het kristal).

In de tekst in het kader staat dat de minireactor geen energiebron is. Er gaat meer energie in dan eruit komt.

- 4p 13 Laat met een berekening zien dat de minireactor geen energiebron is. Bereken daartoe eerst de energie die bij de hierboven beschreven kernreactie vrijkomt.

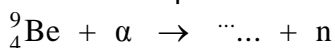
De stroomsterkte van de bundel deuteriumkernen is $4,0 \cdot 10^{-9}$ A.

- 4p 14 Toon met een berekening aan dat de kans op een botsing waarbij kernfusie optreedt zeer klein is.

De minireactor zou vooral nuttig kunnen zijn als neutronenbron.

Een van de manieren waarop men tot nu toe neutronen produceert, is met behulp van een mengsel van radioactief americium-241 (${}^{241}\text{Am}$) en beryllium-9 (${}^9\text{Be}$).

${}^{241}\text{Am}$ zendt α -deeltjes uit. Wanneer een ${}^9\text{Be}$ -kern een α -deeltje invangt, vindt een kernreactie plaats waarbij een neutron vrijkomt:



Deze (onvolledige) reactie staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p 15 Vul in de reactievergelijking op de uitwerkbijlage de ontbrekende getallen in en het symbool (of de naam) van het element dat wordt gevormd.

De minireactor als neutronenbron heeft een paar voordelen ten opzichte van het mengsel van americium-241 en beryllium-9.

- 2p 16 Noem er twee.

uitwerkbijlage

15

