

- 1blad** 28 Bij onderzoek naar de ziekte van Alzheimer wordt een PET-scanner gebruikt.
1blad PET staat voor Positron Emissie Tomografie. Daarbij injecteert men bij de patiënt een speciale stof die de C-11 isotoop bevat. Deze stof bindt de C-11 isotoop aan plaatsen in de hersenen waar de ziekte van Alzheimer zich manifesteert.

De isotoop C-11 verkrijgt men door versnelde protonen op N-14 te schieten.

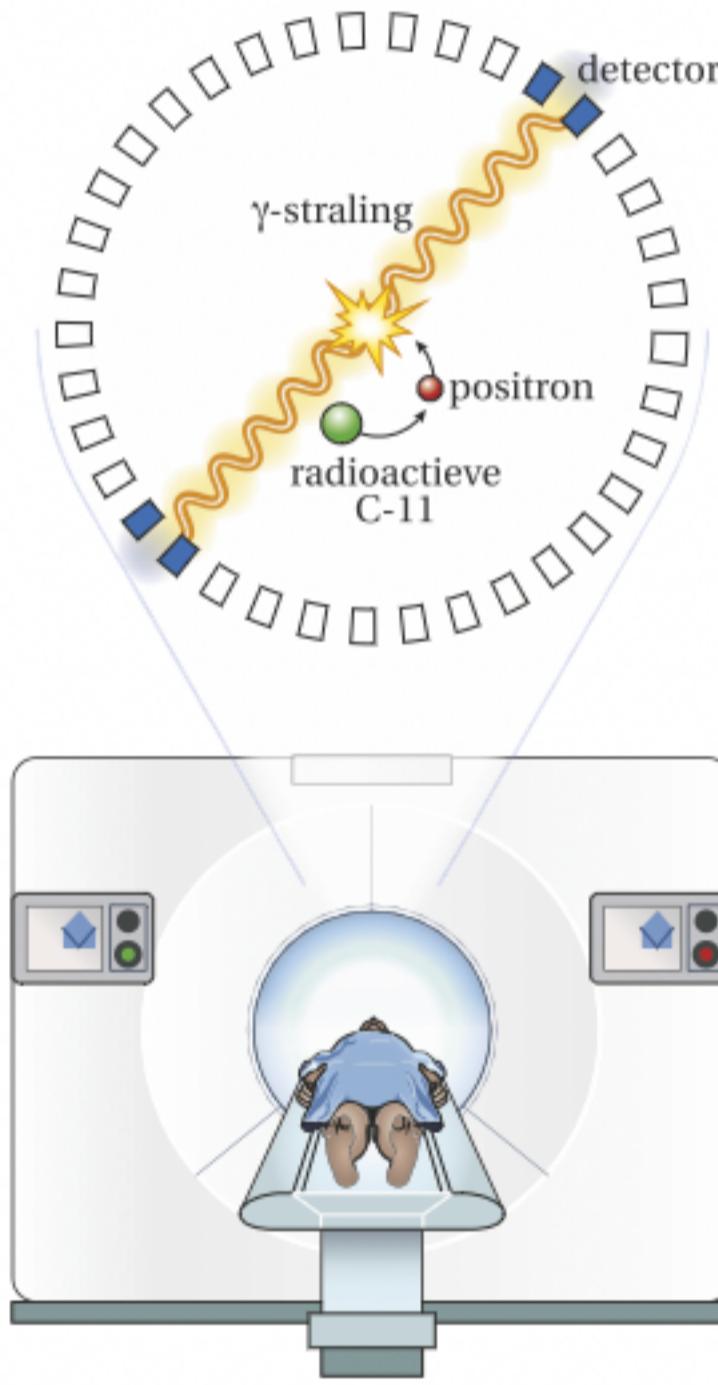
- a Geef de kernreactievergelijking van de productie van C-11.

De C-11 vervalt onder uitzending van een positron.

- b Leg uit of bij deze vervalreactie een neutrino of een antineutrino ontstaat.

Het positron dat ontstaat, remt in het hersenweefsel af tot (bijna) stilstand, en annihielt dan op die plaats met een elektron. Daarbij worden twee gammafotonen met dezelfde frequentie in tegengestelde richting uitgezonden. Zie figuur 28.

- c Leg uit waarom de twee gammafotonen in tegengestelde richting bewegen.



Figuur 28

Als twee gammafotonen binnen een tijdsduur Δt de ringvormige detector bereiken, neemt men aan dat ze afkomstig zijn van dezelfde annihilatie.

- d Bereken de orde van grootte van de tijdsduur Δt . Maak daarbij een schatting en neem aan dat de fotonen overal bewegen met de lichtsnelheid in vacuüm.

De stralingsbelasting bij een PET-scan voor de patiënt is het gevolg van het afremmen van de positronen. De stralingsbelasting ten gevolge van de gammastraling is te verwaarlozen.

In figuur 29 is de grootte van de activiteit van de ingespoten stof in de hersenen uitgezet tegen de tijd.

6 Afsluiting

Opgave 28

- a ${}^1\text{p} + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^1\text{C} + {}^4\text{He}$
- b Het positron heeft het leptongetal -1. Volgens de wet van behoud van leptongetal moet dus ook een deeltje met leptongetal +1 ontstaan. Er ontstaat dus een neutrino.
- c Het positron en het elektron staan (nagenoeg) stil. Dus de totale impuls vóór de reactie is (nagenoeg) gelijk aan 0. Volgens de wet van behoud van impuls moet de totale impuls na de reactie dan ook gelijk zijn aan 0.
- d Dit kan alleen als de twee fotonen in tegengestelde richting bewegen.
- e De orde van grootte van de tijdsduur Δt bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid. De gemiddelde snelheid volgt uit de snelheid van fotonen.

$$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v_{\text{gem}} = c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$\Delta x = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ (schatting van de diameter van het hoofd)

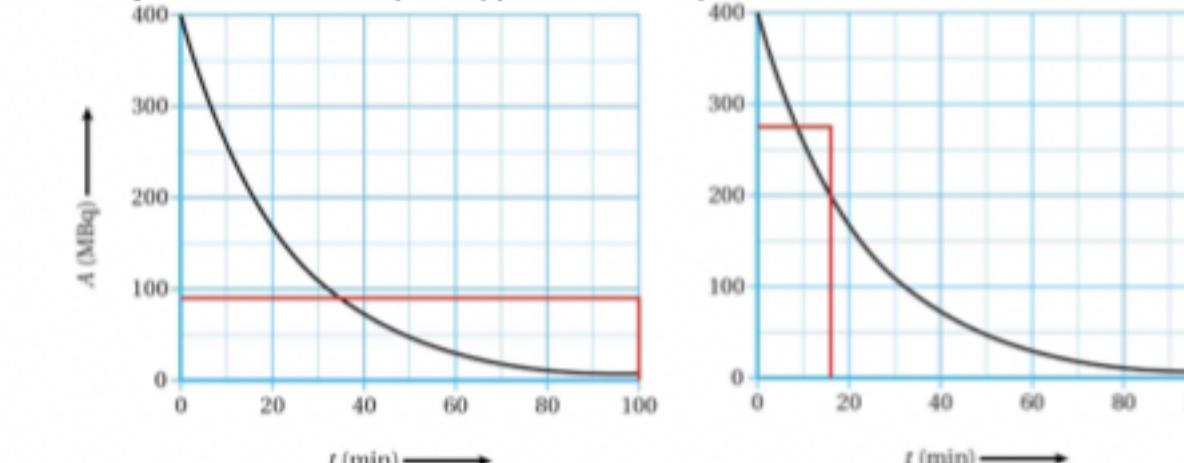
$$3,0 \cdot 10^8 = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 6,67 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

Dus de orde van grootte is 10^{-9} s .

- e De stralingsdosis bereken je met de formule voor de (geabsorbeerde stralings-)dosis. De hoeveelheid geabsorbeerde energie bereken je met de gemiddelde energie die een positron afgeeft en het aantal positronen dat is ontstaan. Het aantal positronen dat is ontstaan volgt uit de oppervlakte onder de (A, t) -grafiek.

Er zijn twee manieren op de oppervlakte te bepalen.



Figuur 2

Zie figuur 2a.

De oppervlakte onder de grafiek is gelijk aan $N = 90 \cdot 10^6 \times 100 \times 60 = 5,4 \cdot 10^{11}$.

Zie figuur 2b.

In de tijd totaalan de halveringstijd vervallen evenveel deeltjes als in de rest van de tijd.

De halveringstijd is 16 minuten.

Totale oppervlakte is dan $N = 2 \times 275 \cdot 10^6 \times 16 \times 60 = 5,28 \cdot 10^{11}$

Voor de totaal geabsorbeerde energie geldt:

$$E = N \cdot E_{\text{positron}}$$

$$E_{\text{positron}} = 0,4 \text{ MeV} = 0,4 \cdot 10^6 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 6,4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

$$\text{Volgens figuur 2a: } E = 5,4 \cdot 10^{11} \times 6,4 \cdot 10^{-14} = 3,45 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$D = \frac{E}{m}$$

$$D = \frac{3,45 \cdot 10^{-2}}{1,5} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ Gy}$$

Afgerond: 0,02 Gy.

f Een deel van de C-11 isotopen verlaten gedurende de tijd de hersenen.

$$\text{Volgens figuur 2b: } E = 5,28 \cdot 10^{11} \times 6,4 \cdot 10^{-14} = 3,37 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$D = \frac{3,37 \cdot 10^{-2}}{1,5} = 2,24 \cdot 10^{-2} \text{ Gy}$$