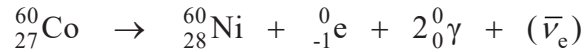


## Gamma-chirurgie

### 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- elektron (en anti-neutrino) rechts van de pijl 1
- inzicht in het vrijkomen van twee  $\gamma$ -fotonen 1
- nikkel-60 als vervalproduct mits verkregen via een kloppende reactievergelijking 1

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $\lambda_2 = 9,32 \cdot 10^{-13}$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van foton  $\gamma_2$  geldt:  $E_{\gamma_2} = 1,33$  MeV.

Voor de golflengte geldt:

$$E_{\gamma_2} = \frac{hc}{\lambda_2} \rightarrow \lambda_2 = \frac{hc}{E_{\gamma_2}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{1,33 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}} = 9,32 \cdot 10^{-13} \text{ m.}$$

- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- fotonenergie in joule 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $m = 2,6 \cdot 10^{-5}$  kg

voorbeeld van een berekening:

Het aantal atoomkernen kan berekend worden met behulp van de activiteit:

$$A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N \rightarrow N = \frac{A t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2}$$

Voor de halveringstijd van cobalt-60 geldt:  $t_{\frac{1}{2}} = 5,27 \text{ jr} = 1,66 \cdot 10^8 \text{ s}$ .

Voor het aantal atoomkernen geldt daarmee:

$$N = \frac{A t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{1,1 \cdot 10^{12} \cdot 1,66 \cdot 10^8}{\ln 2} = 2,64 \cdot 10^{20}$$

De massa van het cobalt-60 in een bron kan berekend worden met de atoommassa:  $m = N m_{\text{at}} = 2,64 \cdot 10^{20} \cdot 60 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ .

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- opzoeken van de halveringstijd van cobalt-60 1
- inzicht dat  $m = N m_{\text{at}}$  1
- completeren van de berekening 1

**24 maximumscore 5**

uitkomst:  $t = 1,5 \cdot 10^3$  s (= 25 min)

voorbeeld van een berekening:

Voor het volume van de bolvormige tumor geldt:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot (0,015)^3 = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

De massa van de tumor bedraagt dan:

$$m = \rho V = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{-5} = 0,0141 \text{ kg}.$$

Per radioactief verval van cobalt-60 komen twee  $\gamma$ -fotonen vrij: een  $\gamma$ -foton met een energie van  $1,48 - 0,31 = 1,17$  MeV en een  $\gamma$ -foton met een energie van  $1,33$  MeV. Per verval komt er dus  $2,50$  MeV aan energie vrij in de vorm van  $\gamma$ -straling.

De hoeveelheid geabsorbeerde energie in de tumor in één seconde bedraagt:

$$E = 3,5 \cdot 10^9 \cdot 2,50 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

Voor de stralingsdosis in één seconde geldt dan:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,40 \cdot 10^{-3}}{0,0141} = 0,0994 \text{ Gy}.$$

Voor de tijd die de patiënt bestraald moet worden, geldt dan:

$$t = \frac{150}{0,0994} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ s (= 25 min)}.$$

- gebruik van  $m = \rho V$  1
- gebruik van  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  1
- inzicht dat de energie per verval gelijk is aan de optelling van de twee  $\gamma$ -foton-energieën 1
- gebruik van  $D = \frac{E}{m}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat voor water uitgaat van  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , dit goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**25 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Vanwege het radioactieve verval van cobalt-60 zal de activiteit in de loop van de tijd afnemen. (Dit betekent dat er minder energie zal worden uitgestraald door de bronnen en er dus ook minder energie zal worden geabsorbeerd door de tumor.) Dit kan gecompenseerd worden door een langere bestralingstijd.

- |   |   |
|---|---|
| • inzicht in een afname van de activiteit van de radioactieve bronnen | 1 |
| • consequente conclusie   | 1 |

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 24 juni.