

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

### Opgave 1

In ziekenhuizen wordt gebruik gemaakt van de technetium isotoop  $^{99m}\text{Tc}$  voor radiodiagnostiek. De 'm' achter het massagetal betekent dat de kern in een aangeslagen toestand is. Bij terugvallen uit deze aangeslagen toestand komt  $\gamma$ -straling vrij. De energie per  $\gamma$ -foton is 340 keV.

a) **Bereken** de frequentie van deze  $\gamma$ -straling.

Het technetium ontstaat in het laboratorium van het ziekenhuis als vervalproduct van een  $\beta$ -straler.

b) Geef de reactievergelijking van dit verval.

Als het technetium direct in de grondtoestand ontstaat, hebben de  $\beta$ -deeltjes maximaal een energie van 1,23 MeV.

c) **Bereken** de energie die de  $\beta$ -deeltjes maximaal kunnen hebben als het technetium in de gewenste aangeslagen toestand  $^{99m}\text{Tc}$  ontstaat.

De halveringstijd van het  $\gamma$ -verval van de isotoop  $^{99m}\text{Tc}$  is 6,0 uur. Bij toepassing in de medische praktijk is ook de biologische halveringstijd van belang. Dit is de tijd die het lichaam gemiddeld nodig heeft om de helft van de aanwezige hoeveelheid technetium uit te scheiden. Deze biologische halveringstijd is 3,0 uur. Iemand krijgt een injectie met een  $^{99m}\text{Tc}$  houdende oplossing. De activiteit van deze injectie is 50 MBq. De patiënt kan nu opgevat worden als een stralingsbron. Door de invloed van de biologische halveringstijd neemt de activiteit van deze stralingsbron sneller af dan wanneer alleen het radioactieve verval van  $^{99m}\text{Tc}$  een rol zou spelen. Neem aan dat alle  $\gamma$ -fotonen het lichaam verlaten. Het bezoeken begint 5,0 uur na de injectie.



d) **Bereken** de activiteit van de patiënt op dat moment.

### Opgave 2

Ir-192 blijkt te kunnen vervallen tot Pt-192.

De atoommassa van Pt-192 is 191,961019 u.

a) Geef de reactievergelijking voor dit verval.

b) **Bereken** de bindingsenergie per nucleon in een Pt-192-kern.

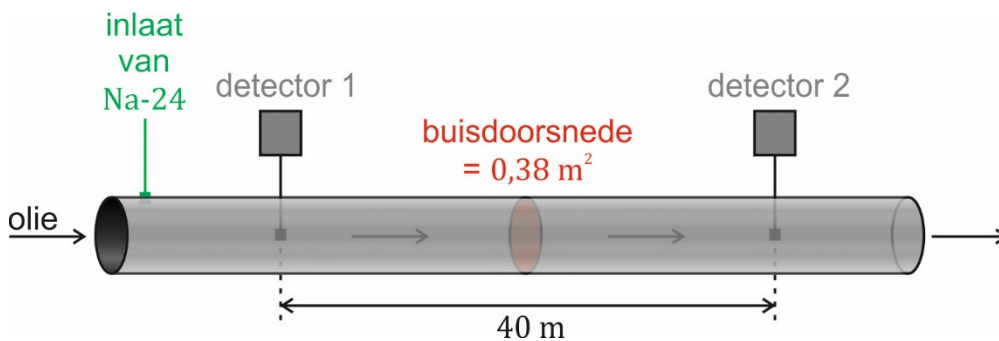
### Opgave 3

Röntgenstraling van 100 keV valt op een plaatje ijzer. Het plaatje ijzer is  $2,8 \text{ g/cm}^2$  en laat 12,5% van de straling door.

- Bereken** de dikte van het plaatje ijzer.
- Bereken** de halveringsdikte.

### Opgave 4

Om de snelheid te bepalen waarmee olie door een buis stroomt, wordt uit een voorraadvat een zeer kleine hoeveelheid radioactief natrium-24 in de olie gespoten. Verderop staan twee detectoren langs de buis, op een onderlinge afstand van 40 m. Deze detectoren meten de activiteit van de langsstromende olie (zie onderstaande afbeelding).



Bij elke detector wordt het tijdstip genoteerd waarop de activiteit in de langsstromende olie maximaal is. Er wordt een tijdsverschil van 80 s gemeten.

De dichtheid van de olie is  $0,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

- Bepaal** de massa van de olie die per seconde door de buisdoorsnede stroomt.
- Geef de vervalvergelijking van natrium-24.

Bij het begin van de metingen is de activiteit van het radioactieve materiaal in het voorraadvat  $28 \text{ kBq/cm}^3$ . Het voorraadvat moet vervangen worden als de activiteit per  $\text{cm}^3$  radioactief materiaal gedaald is tot 875 Bq.

- Bereken** na hoeveel tijd het voorraadvat vervangen moet worden als er in de tussentijd geen natrium-24 uit het voorraadvat gehaald wordt.