

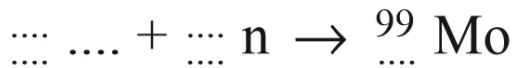
Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

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

Opgave 1

In Petten staat een kerncentrale waar isotopen voor medische toepassingen worden geproduceerd. Eén van de belangrijkste producten is molybdeen-99 ($Mo-99$).

$Mo-99$ wordt geproduceerd door een neutron in de kern van een andere isotoop te schieten. In onderstaande afbeelding staat de reactie hiervan deels weergegeven.



a) Maak de vergelijking van deze reactie compleet.

$Mo-99$ wordt naar ziekenhuizen getransporteerd. Ondertussen vervalt een deel tot technetium-99m ($Tc-99m$), dat gebruikt wordt voor medische behandelingen. Iedere keer als men $Tc-99m$ nodig heeft voor een behandeling, wordt dit afgescheiden van het molybdeen. In ziekenhuizen wordt wekelijks een nieuwe voorraad $Mo-99$ aangevoerd.

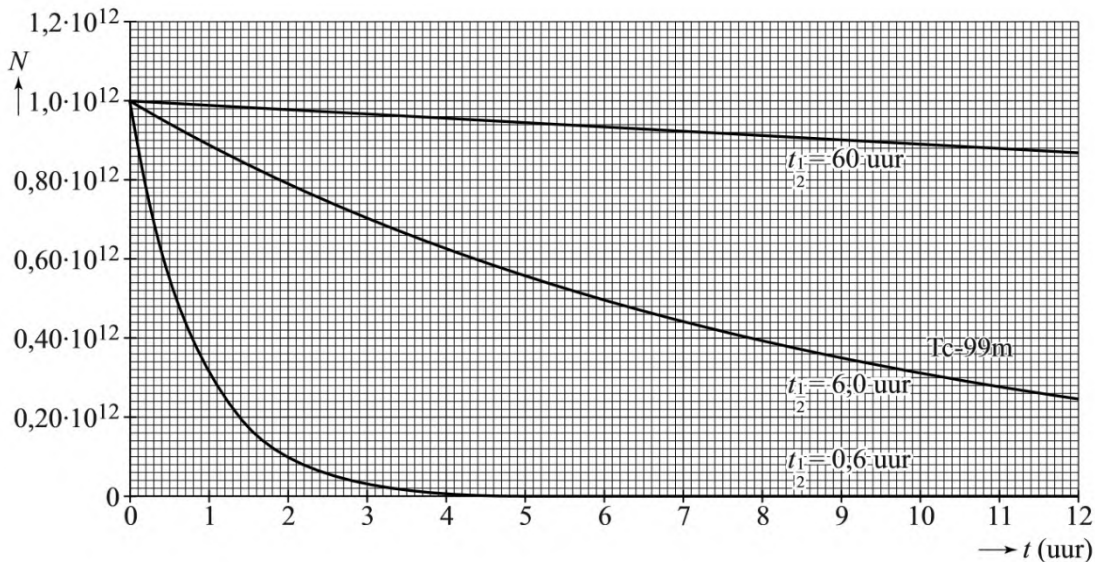
b) Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid $Mo-99$ is er na een week nog over?

- A minder dan 25%
- B tussen 25% en 50%
- C tussen 50% en 75%
- D meer dan 75%

$Tc-99m$ is metastabiel. Dit betekent dat de protonen en neutronen in de kern van een $Tc-99m$ atoom zich kunnen herschikken tot een toestand met een lagere energie. Bij het verval van $Tc-99m$ naar $Tc-99$ komt een foton vrij met een energie van 0,141 MeV.

c) **Bereken** de golflengte van dit foton.

Door deze fotonen is Tc-99m geschikt als tracer. Een voorwaarde voor een radioactieve tracer is dat de totale dosis voor de patiënt zo laag mogelijk blijft. Een arts kan voor een behandeling kiezen uit tracers met verschillende halveringstijden. In onderstaand diagram staat het verval in de eerste 12 uur voor Tc-99m. In dit diagram is ook het verval voor twee tracers met andere halveringstijden weergegeven.

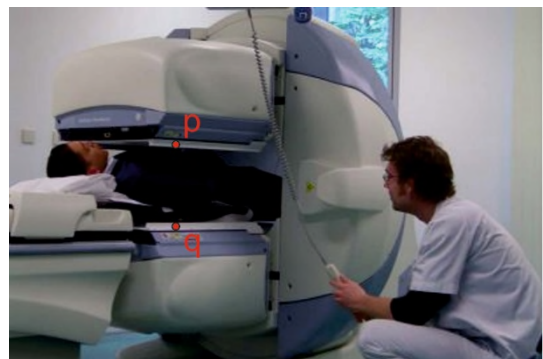


Voor een bepaalde diagnose is 3,0 uur na het toedienen van de radioactieve tracer ($N = 1,0 \cdot 10^{12}$ op $t = 0$ uur) een activiteit nodig van minimaal $2,0 \cdot 10^7$ Bq.

d) Voer de volgende opdrachten uit:

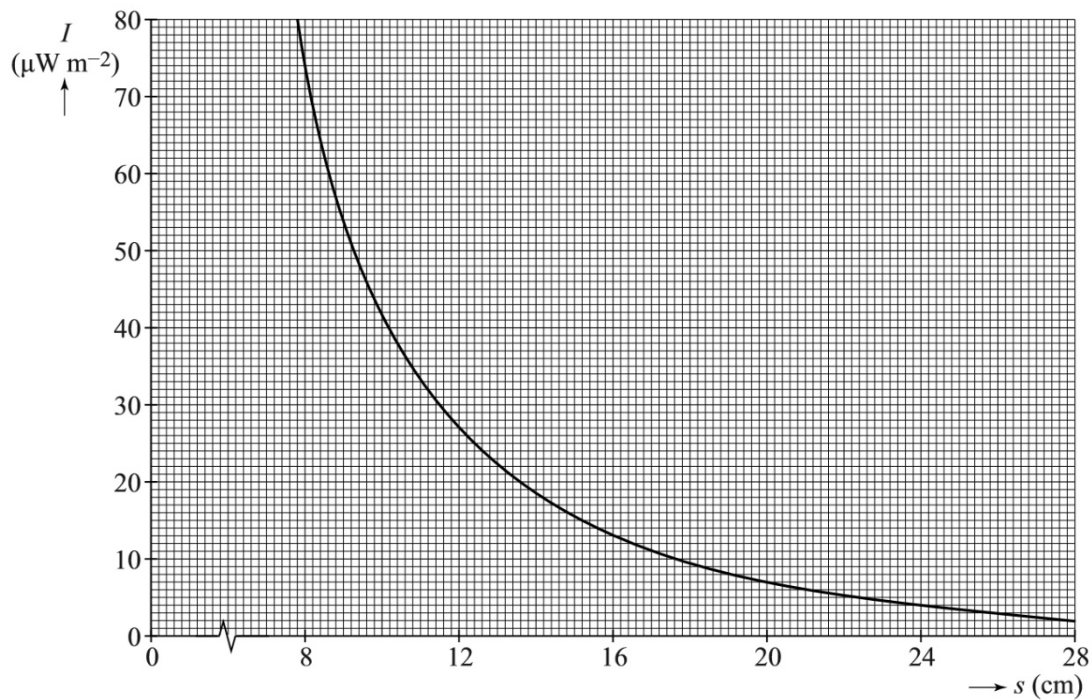
- **Bepaal** Tc-99m aan deze eis voldoet.
- **Leg** met behulp van bovenstaand diagram **uit** waarom er meer tracer toegediend moet worden bij stoffen met halveringstijden van 60 uur en 0,6 uur om tot dezelfde activiteit te komen 3,0 uur na het toedienen.

De plaats van de tracer kan worden bepaald door twee fotodetectoren p en q rond de patiënt te plaatsen, zie nevenstaande afbeelding. Deze detectoren meten de intensiteit van de uitgezonden straling.

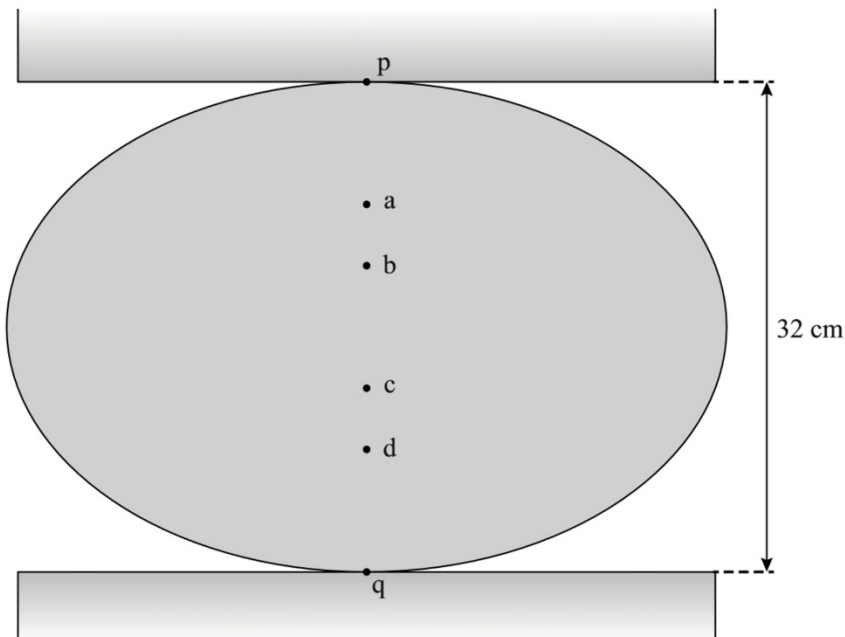


De detector meet een lagere intensiteit I van de straling als de afstand tot de tracer groter is. Het verband tussen de intensiteit van de straling en de afstand die deze straling heeft afgelegd in menselijk weefsel is weergegeven in onderstaand diagram.

e) Geef een reden voor het afnemen van de intensiteit I als de afstand tot de tracer toeneemt.



Tijdens een meting worden detectoren p en q tegen de patiënt geschoven. De afstand tussen p en q is dan 32 cm. In onderstaande afbeelding is dit schematisch en op schaal weergegeven. In de tekening komt 1 cm overeen met 5 cm in werkelijkheid.



De intensiteit I die detector p meet, is 4 keer zo groot als de intensiteit I die detector q meet.

f) **Beredeneer** of de tracer zich in a, b, c of d bevindt.

Opgave 2

In het spierweefsel van een volwassene bevindt zich kalium, dat voor een klein deel uit de isotoop kalium-40 bestaat. Kalium-40 is radioactief en vervalft onder uitzending van β -straling.

a) Geef de reactievergelijking van dit verval.

De massa van al het kalium in het spierweefsel van een volwassene bedraagt 98 g. Er zitten in kalium $1,54 \cdot 10^{22}$ atomen per gram. Kalium bestaat voor 0,012% uit het radioactieve kalium-40.

De activiteit van een radioactieve stof hangt af van het aantal radioactieve kernen en de halveringstijd. Er geldt:

$$A = \frac{0,693}{t_{1/2}} \cdot N$$

b) **Bereken** de gemiddelde activiteit van kalium-40 in het spierweefsel van een volwassene.

De energie die een β -deeltje uit de kaliumkern afstaat aan het spierweefsel is gemiddeld $2,1 \cdot 10^{-13}$ J. Een volwassene heeft gemiddeld 30 kg spierweefsel.

c) **Bereken** de stralingsdosis (geabsorbeerde dosis) die het spierweefsel in een jaar van dit kalium-40 absorbeert.