

## Molybdeen-99

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. Op de uitwerkbijlage staat de reactie hiervan deels weergegeven.

- 3p 7 Maak de vergelijking van deze reactie op de uitwerkbijlage 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. In ziekenhuizen wordt wekelijks een nieuwe voorraad Mo-99 aangevoerd.

- 1p 8 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.

- 4p 9 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.

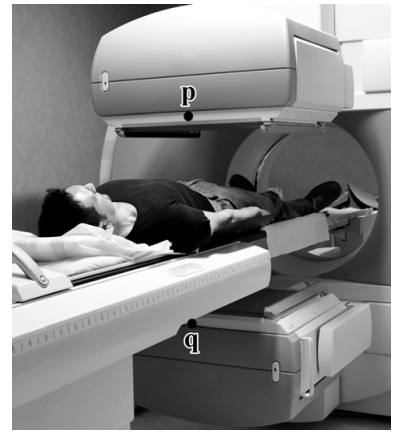
In de figuur op de uitwerkbijlage staat het verval in de eerste 12 uur voor Tc-99m. In de figuur is ook het verval voor twee tracers met andere halveringstijden weergegeven.

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.

- 4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of Tc-99m aan deze eis voldoet.
  - Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage 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.

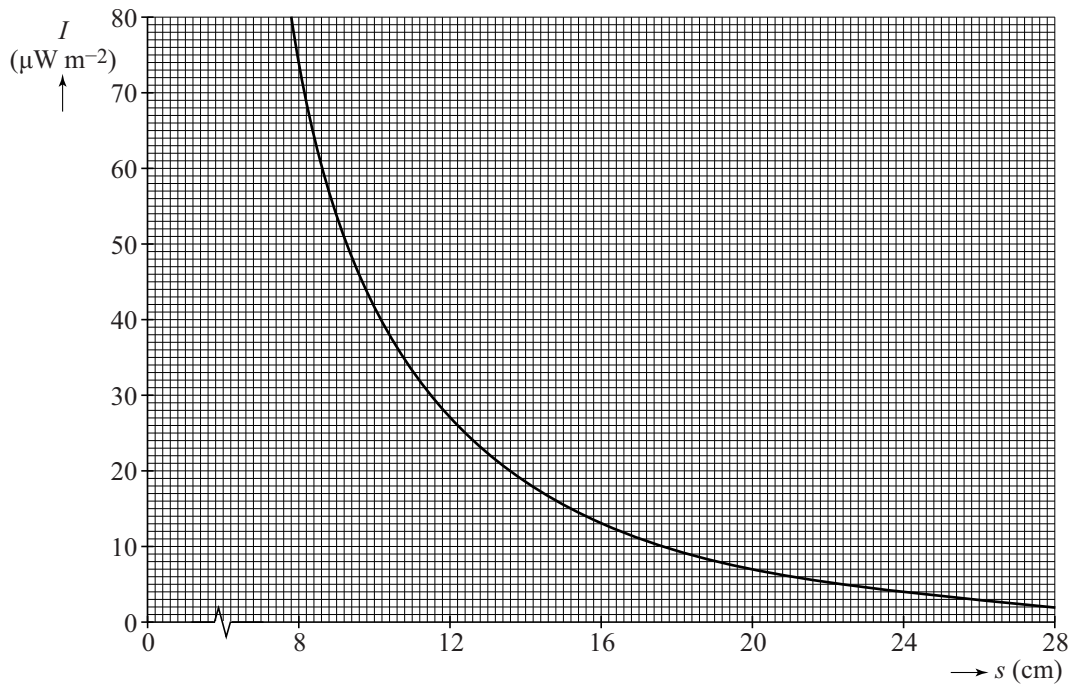
De plaats van de tracer kan worden bepaald door twee fotodetectoren p en q rond de patiënt te plaatsen, zie figuur 1. Deze detectoren meten de intensiteit van de uitgezonden straling.

figuur 1



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 figuur 2.

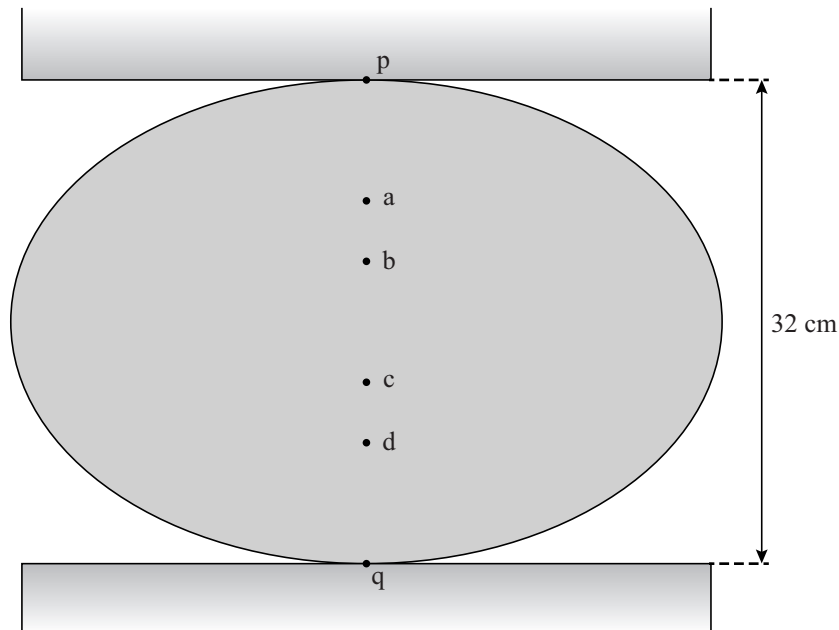
figuur 2



- 1p 11 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 figuur 3 is dit schematisch en op schaal weergegeven. In de tekening komt 1 cm overeen met 5 cm in werkelijkheid.

**figuur 3**



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

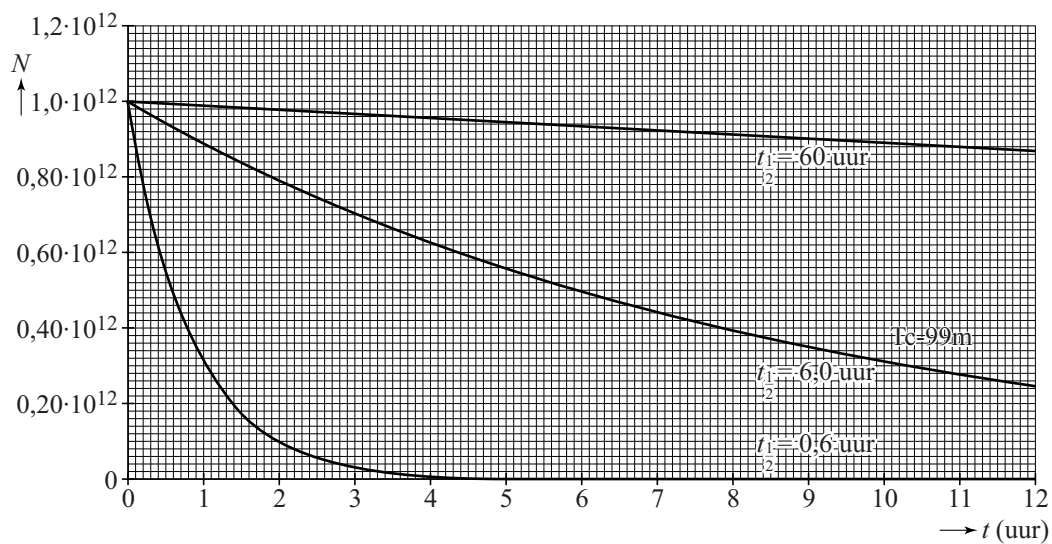
Figuren 2 en 3 staan ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 12 Beredeneer met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage of de tracer zich in a, b, c of d bevindt.

uitwerkbijlage



10



12

