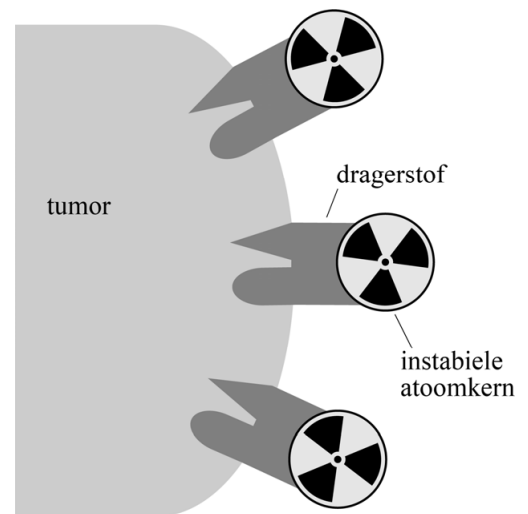


In de nuclidetherapie worden tumoren van binnen in het lichaam bestraald met behulp van instabiele atoomkernen. Deze atoomkernen kunnen alfa- of bètastralers zijn.

Door de instabiele atoomkernen te koppelen aan een zogenaamde dragerstof, een stof die zich specifiek aan de tumor kan hechten, kan een heel gerichte bestraling worden bereikt. Zie figuur 1.

Bij het afremmen van de alfa- of bètadeeltjes tijdens hun weg door het tumorweefsel, komt energie vrij. Wanneer deze energie plaatselijk groot genoeg is, zal dat leiden tot het afsterven van tumorcellen.

figuur 1



De hoeveelheid energie die een ioniserend deeltje per eenheid van weglengte afgeeft aan de omringende materie wordt de *LET*-waarde genoemd. *LET* staat voor 'lineaire energie-overdracht' en is gedefinieerd volgens:

$$LET\text{-waarde} = -\frac{dE}{dx} \quad (1)$$

Hierin is:

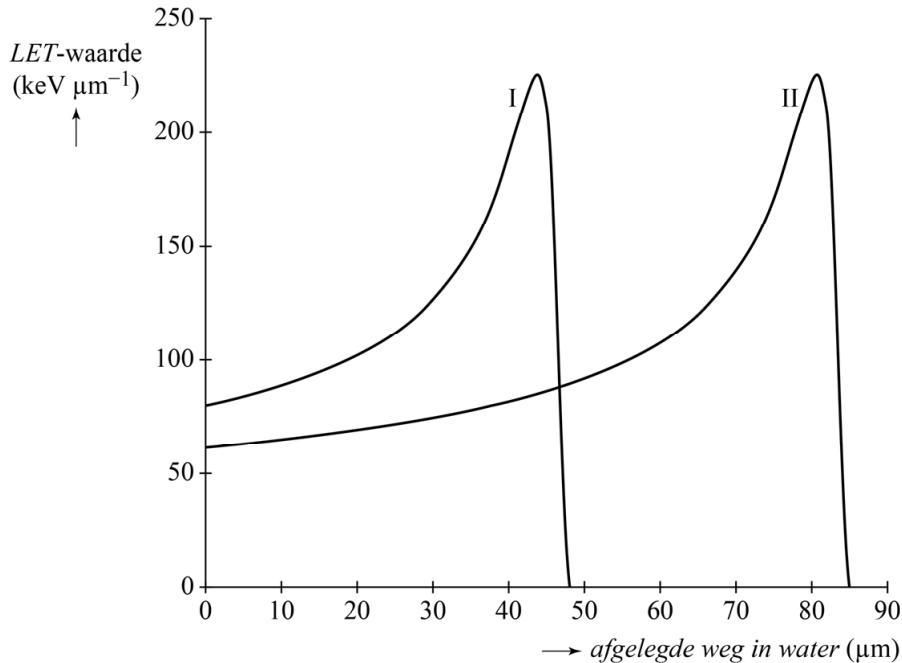
- E de energie in keV
- x de weglengte in μm

De *LET*-waarde kan ook geïnterpreteerd worden als de 'stopkracht' die werkt op het deeltje. De eenheid van *LET*-waarde is $\text{keV } \mu\text{m}^{-1}$.

2p 14 Leid af dat ook newton (N) een eenheid van *LET*-waarde is.

Alfastralers leiden in het algemeen tot hogere LET -waarden dan bètastralers, en zijn om die reden geschikter voor nuclidetherapie. Van twee alfastralers, I en II, is gemeten hoe de LET -waarde varieert met de afgelegde weg in water. Zie figuur 2. Het gedrag in water is vergelijkbaar met dat in weefsel.

figuur 2



In figuur 2 is te zien dat de LET -waarde een maximum heeft. Voordat dit maximum bereikt wordt, geldt voor een alfadeeltje: hoe lager de snelheid, hoe hoger de LET -waarde.

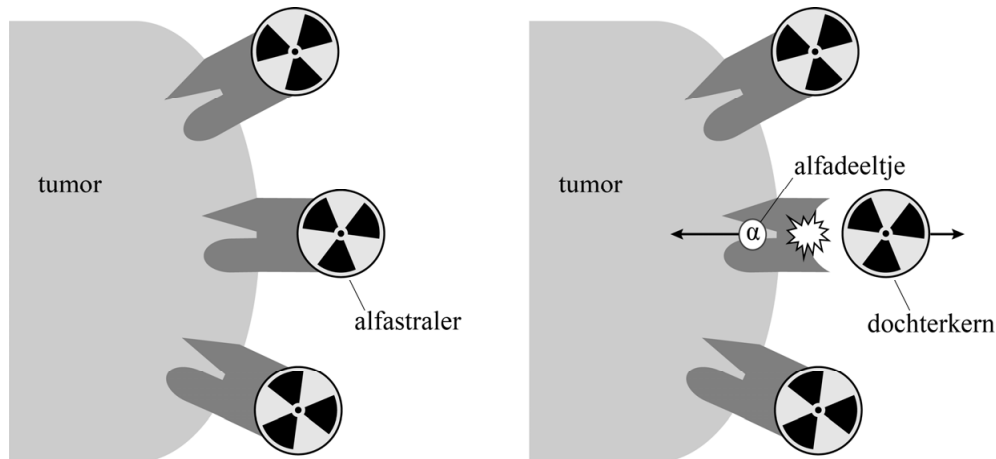
2p **15** Leg dit uit met behulp van figuur 2.

De alfadeeltjes van alfastraler I hebben bij binnenkomst een hogere LET -waarde dan de alfadeeltjes van alfastraler II. Alfadeeltjes van alfastraler I komen dus met een lagere kinetische energie het water in dan alfadeeltjes van alfastraler II.

4p **16** Leg uit op welke andere **twee** manieren dat is af leiden uit figuur 2.

Alfastralers zijn geschikter voor nuclidetherapie dan bètastralers, maar ze kennen ook een praktisch nadeel dat bij het gebruik van bètastralers niet optreedt. Het uitzenden van een alfadeeltje leidt tot een grote terugslag van de dochterkern. Door deze terugslag kan de dochterkern zich losrukken van de dragerstof. Een dochterkern is zelf vaak ook instabiel. Zie de schematische weergave in figuur 3.

figuur 3



- 2p 17 Leg uit welk nadeel er optreedt voor de patiënt wanneer de dochterkern loskomt van de dragerstof.

De grootte van de terugslag is recht evenredig met de grootte van de impuls van het uitgezonden deeltje.
Voor de impuls van een deeltje geldt:

$$p = \sqrt{2E_k m} \quad (2)$$

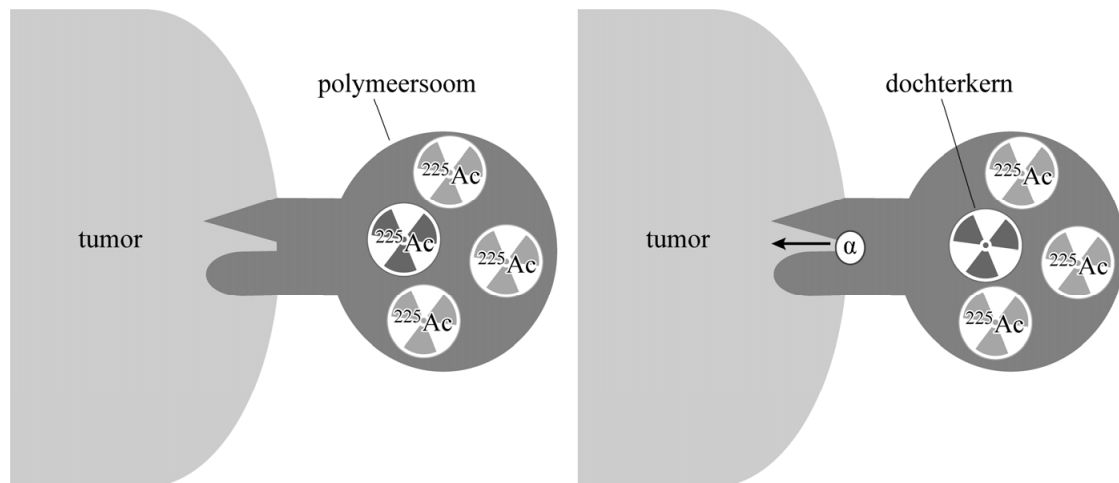
Hierin is:

- p de impuls in kg m s^{-1}
- E_k de kinetische energie in J
- m de massa in kg

- 5p 18 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid formule (2) af gebruikmakend van formules uit een tabellenboek.
 - Toon aan dat, bij gelijke energieën, de impuls van een alfadeeltje 85 maal zo groot is als de impuls van een bètadeeltje.

Om te voorkomen dat de dochterkern zich losrukt van de dragerstof, is aan de TU Delft onderzocht of het mogelijk is om alfastralers in te kapselen in kleine bolletjes, zogenaamde polymeersomen. De dochterkernen van de alfastralers blijven dan gevangen in het polymeersoom. Als alfastraler wordt vaak Actinium-225 gebruikt. In figuur 4 is dit schematisch weergegeven.

figuur 4

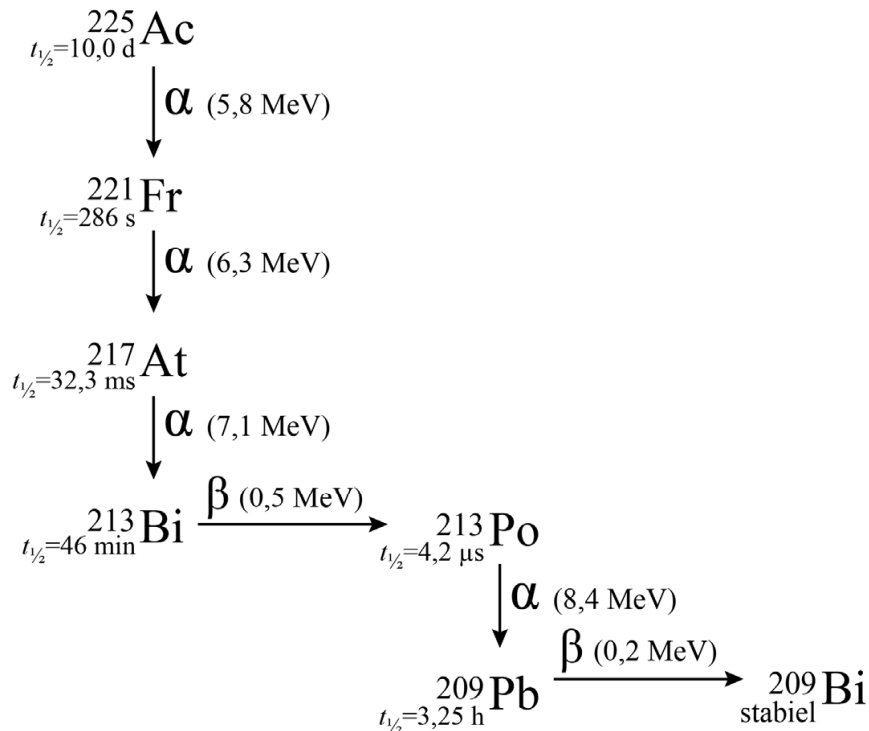


Er zijn tests uitgevoerd met polymeersomen die bij inbreng in het lichaam elk een hoeveelheid Actinium-225 bevatten met een activiteit van 0,10 kBq.

- 4p **19** Bereken de massa Actinium-225 per polymeersoom bij inbreng in het lichaam.

In figuur 5 is de meest voorkomende vervalreeks gegeven van Actinium-225 tot aan het stabiele Bismuth-209.

figuur 5



Het dosisequivalent dat de tumor ontvangt, wordt groter doordat de dochterkernen van Actinium-225 gevangen blijven in het polymeersoom.

4p 20 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef twee redenen waarom er in de bepaling van het dosisequivalent alleen rekening gehouden hoeft te worden met het alfaverval.
- Bepaal, met behulp van figuur 5, hoeveel keer zo groot dit dosisequivalent is bij gebruik van een polymeersoom.