

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

Jood-123 (atoomnummer 53) wordt onder andere gebruikt voor behandeling van schildklierziekten.

Jood-123 vertoont bèta-afval en heeft een halveringstijd van 13 uur.

Men heeft voor een onderzoek aan een patiënt een preparaat nodig met een activiteit van precies 150 MBq.

De behandeling wordt om 8:00 uur 's ochtends uitgevoerd.

Het jood-123 preparaat wordt de dag tevoren om 6:00 uur 's ochtends verstuurd.

- Geef de vervalvergelijking voor het verval van jood-123.
- Bereken** de activiteit die het preparaat op het moment van versturen moet hebben om precies de gewenste activiteit te hebben op het moment van de behandeling.

Het preparaat (activiteit van 150 MBq) bevat  $10^{13}$  kernen radioactief jood-123.

65% van dit aantal jodiumkernen wordt opgenomen in de schildklier (massa = 15 g).

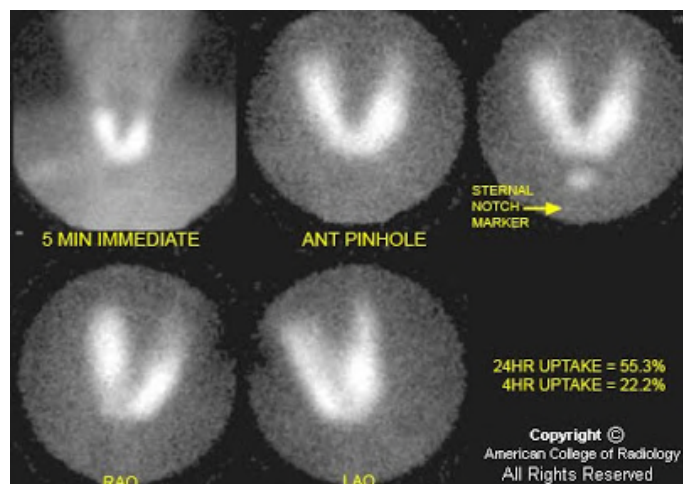
De rest zal via de urine het lichaam verlaten.

De gemiddelde energie van een bèta-deeltje bedraagt  $1,9 \cdot 10^{-13}$  J. De kwaliteitsfactor (stralingsweegfactor) voor deze bèta-straling bedraagt 2.

- Bereken** de equivalente dosis die de schildklier op den duur zal ontvangen ten gevolge van deze behandeling.

Patiënten zullen in totaal 35% van het radioactieve jodium via hun urine uitscheiden. De eerste twee keer dat de patiënten na de behandeling naar toilet gaan zullen zij 90% van deze hoeveelheid uitscheiden. In een ziekenhuis worden al gauw 10 van deze behandelingen per dag uitgevoerd.

Daar ziekenhuizen niet zomaar radioactiviteit op het grondwater mogen lozen, wordt op radiologische afdelingen het toiletspoelwater in de kelder opgevangen in opslagtanks. Een ziekenhuis mag het afvalwater lozen als de concentratie radioactiviteit niet meer dan 100 Bq per liter bedraagt.



Neem aan dat patiënten uit het ziekenhuis worden ontslagen nadat zij twee keer naar toilet zijn geweest. Neem tevens aan dat zij vrij snel na de behandeling twee keer naar toilet moeten, zodat de effecten van radioactief verval op de activiteit kunnen worden verwaarloosd.

d) **Bereken** de activiteit die 10 patiënten aan de opslagtank toevoegen.

De capaciteit van één opslagtank bedraagt 500 L. De activiteit in de tank bedraagt op een zeker moment 409,6 MBq.

e) **Bereken** hoe lang de tank minimaal moet staan voordat deze op het riool mag worden geloosd.

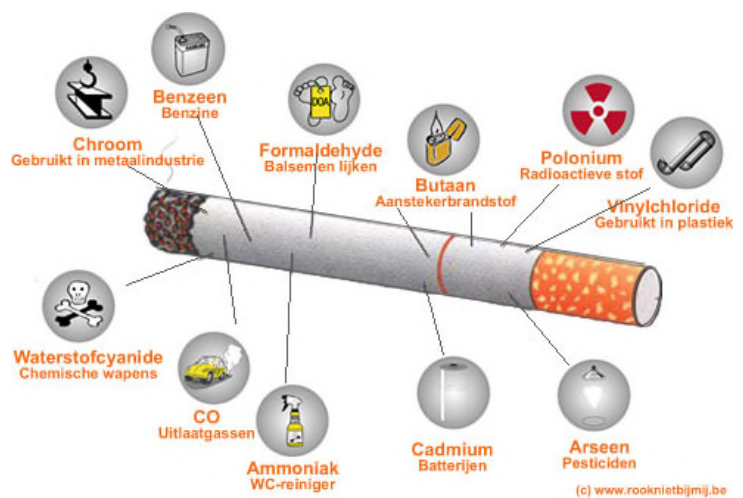
## Opgave 2

Lees onderstaand artikel.

### Radioactieve tabak

Tabak bevat onder andere een kleine hoeveelheid radioactieve stof die door roken ingeademd wordt. Volgens de Amerikaanse arts Everett Koop is die radioactiviteit de belangrijkste oorzaak van het ontstaan van longkanker door roken.

De verantwoordelijke stof is polonium-210 dat duizenden keren radioactiever is dan radium-226, dat betrekkelijk veel in de natuur voorkomt. De alfastraling die door het polonium wordt afgegeven, beschadigt het longweefsel waardoor zich kankercellen kunnen vormen. Het polonium wordt door de tabaksplanten opgenomen uit de kunstmest die men gebruikt.



Polonium-210 (Po-210) zendt bij verval een  $\alpha$ -deeltje uit.

a) Geef de vervalreactie van polonium-210.

In het artikel wordt de activiteit van polonium-210 vergeleken met die van radium-226.

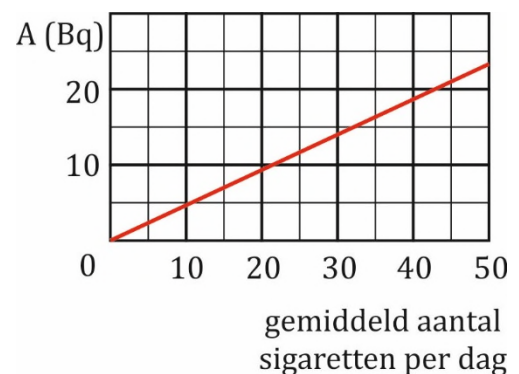
b) **Leg uit** waarom polonium-210 een veel grotere activiteit heeft dan radium-226.

Ga uit van een gelijk aantal kernen bij beide stoffen.

Een roker krijgt bij elke sigaret een hoeveelheid Po-210 binnen. De activiteit van Po-210 in de longen hangt af van het gemiddeld aantal sigaretten dat deze persoon per dag rookt. Zie nevenstaande afbeelding.

Bij een bepaalde roker wordt door Po-210 in een jaar  $3,4 \cdot 10^{-4}$  J stralingsenergie aan de longen afgegeven. Een  $\alpha$ -deeltje dat vrijkomt bij het verval van Po-210 heeft een energie van  $8,6 \cdot 10^{-13}$  J.

c) **Bepaal** hoeveel sigaretten deze persoon gemiddeld per dag rookt.



De massa van het bestraalde longweefsel bedraagt bij deze persoon 8,0 g.

d) **Bereken** de equivalente dosis die het bestraalde longweefsel in een jaar oploopt.

De weegfactor voor de  $\alpha$ -straling bedraagt 20.

De massa van het bestraalde longweefsel is veel kleiner dan de totale massa van de longen.

e) **Leg uit** waarom slechts een klein deel van de longen wordt bestraald.

In de kunstmest die men op de tabaksplantages gebruikt, zit fosfaathoudend gesteente.

Dit gesteente bevat van nature een kleine hoeveelheid uranium-238 (U-238). U-238 vervalt in stappen; Po-210 is een van de tussenisotopen.

In de vervalreeks van U-238 wordt steeds of een  $\alpha$ -deeltje of een  $\beta^-$ -deeltje uitgezonden (al of niet in combinatie met  $\gamma$ -straling).

Bij het verval van U-238 naar Po-210 is zeven keer een  $\alpha$ -deeltje uitgezonden.

f) **Toon** dat **aan**. Maak daarbij uitsluitend gebruik van massagetallen.

Bij het verval van U-238 naar Po-210 is ook zes keer een  $\beta^-$ -deeltje uitgezonden.

g) **Toon** dat **aan**.