

Rekenen met dosisgrootheden

Opgave: Dosis ontvangen in een jaar

a) Zoek op in BiNaS tabel 5: $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Dus $1,3 \text{ pCi/L} = 1,3 \cdot 10^{-12} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/L}$

b) Als er wordt gevraagd naar de dosis wordt in het algemeen de geabsorbeerde dosis bedoeld.

De geabsorbeerde dosis is het aantal joule geabsorbeerde stralingsenergie per kilogram materie.

Splits de vraag wederom op in deelvragen.

Vraag: Hoeveel energie absorberen de longen in een jaar?

Zoek in BiNaS de energie van één α -deeltje op.

→ $5,486 \text{ MeV} = 8,79 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ per α -deeltje

Vraag: Hoeveel α -deeltjes absorberen de longen in een jaar?

Zoek in de tekst van de opgave naar een gegeven dat een uitspraak doet over het aantal α -deeltjes.

→ De activiteit is het aantal radonkernen dat per seconde vervalst, dus ook het aantal α -deeltjes dat per seconde wordt uitgezonden (één kern levert precies één α -deeltje).

Dus worden er $4,8 \cdot 10^{-2}$ α -deeltjes per seconde per liter uitgezonden (zie a).

→ Zoek op internet het gemiddelde volume van de longen.

Bijvoorbeeld: [link naar site](#) ¹⁾

Hieruit volgt 5 tot 7 liter dus neem gemiddeld 6 liter.

→ Schat het aantal seconden dat Boudewijn binnen verblijft.

slapen: 8 uur + werken: 9 uur + avond: 3 uur + eten: 1 uur = 21 uur per dag
= $7,56 \cdot 10^4 \text{ s}$ per werkdag

Aantal werkdagen is ongeveer $365 - 35 \text{ vakantiedagen/feestdagen} - 52 \cdot 2$
weekenddagen = 226 dagen,

dus $226 \cdot 7,56 \cdot 10^4 = 1,7 \cdot 10^7$ seconden in een jaar.

Slapen: 8 uur + avond: 3 uur + eten 2 uur + binnenshuis activiteiten: 3 uur
= 16 uur per dag = $5,76 \cdot 10^4 \text{ s}$ per dag

Aantal vrije dagen is $365 - 226 = 139$ dagen, dus $139 \cdot 5,76 \cdot 10^4 = 8,0 \cdot 10^6$
seconden in een jaar

Dus in totaal $1,7 \cdot 10^7 + 8,0 \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^7 \text{ s}$ per jaar.

Dus worden er $4,8 \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 2,5 \cdot 10^7 = 7,2 \cdot 10^6$ α -deeltjes geabsorbeerd in één jaar (aannemende dat alle uitgezonden α -deeltjes, gezien het kleine doordringende vermogen, in de longen worden geabsorbeerd).

De longen absorberen in één jaar dus $7,2 \cdot 10^6$ α -deeltjes met een energie van $8,79 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ per α -deeltje.

De longen absorberen dus $7,2 \cdot 10^6 \cdot 8,79 \cdot 10^{-13} = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ per jaar.

De massa van de longen bedraagt 860 g.

Er geldt:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{0,860} = 7,36 \cdot 10^{-6} = 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ Gy}$$

(Let op het aantal significante cijfers, zeker in het geval van een schatting niet meer dan 2)



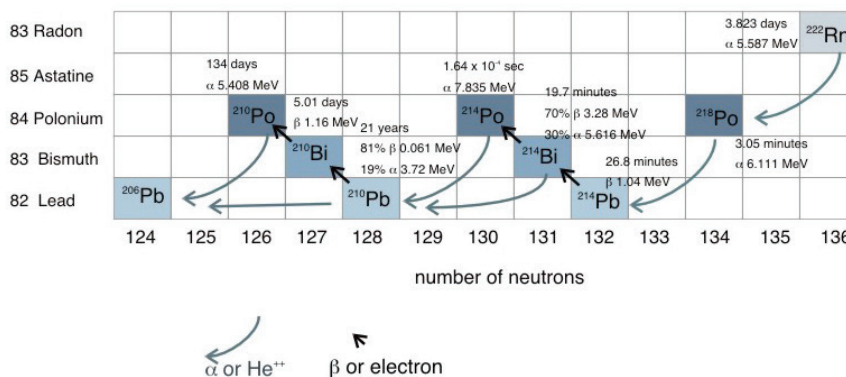
c) De stralingsweegfactor voor α -straling bedraagt 20 (zie BiNaS tabel 27D).

$$H = w_R \cdot D = 20 \cdot 7,36 \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Sv} = 0,15 \text{ mSv}$$

d) De orgaanweegfactor voor longen bedraagt 0,12 (zie BiNaS tabel 27D).

$$E = w_t \cdot H = 0,12 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$$

Om een volledig beeld te krijgen van de dosis ten gevolge van blootstelling aan radon-222 is het natuurlijk van belang ook de dochterkernen in de beschouwing mee te nemen. Er zijn namelijk nogal wat α -stralers onder deze dochters en vele daarvan met een korte halveringstijd (zie nevenstaande afbeelding).



Bron: <http://ees2.geo.rpi.edu/radon/decay%20pathway.html>

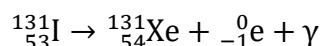
In de aardkern komen vier van dit soort grote vervalreeksen voor. In de applet onder onderstaande link kun je deze reeksen bekijken.

[link naar applet](#) ¹⁾

Opgave: Dosis ontvangen op den duur

a) Zoek in BiNaS het atoomnummer (53) en het symbool voor jood (I).

Bij bètaverval wordt een neutron omgezet in een proton, dat betekent het atoomnummer (aantal protonen in de kern) met 1 wordt verhoogd en het massagetal (totale aantal deeltjes in de kern) gelijk blijft.



- Let op het gebruik van hoofdletters en kleine letters.
- Let erop dat het totale aantal protonen + neutronen links en rechts van de reactiepijl gelijk moet zijn ($131 = 131 + 0$).
- Let erop dat na radioactief verval altijd een nieuwe stof ontstaat (jood wordt xenon).

b) Er geldt:

$$A = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot N = \frac{\ln(2)}{8,0 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 4,6 \cdot 10^7 = 1,00 \cdot 10^{-6} \cdot 4,6 \cdot 10^7 = 46 \text{ Bq}$$



- c) Als er wordt gevraagd naar de equivalente dosis moet allereerst de geabsorbeerde dosis worden uitgerekend.

De geabsorbeerde dosis is het aantal joule geabsorbeerde stralingsenergie per kilogram materie.

Splits de vraag wederom op in deelvragen.

Vraag: Hoeveel energie absorbeert de schildklier op den duur?

Zoek in BiNaS de energie van één β -deeltje op.

→ $0,60 \text{ MeV} = 9,61 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ per β -deeltje.

Vraag: Hoeveel β -deeltjes absorbeert de schildklier op den duur?

Zoek in de tekst van de opgave naar een gegeven dat een uitspraak doet over het aantal β -deeltjes.

→ β -deeltjes worden uitgezonden door de jood-kernen (één β -deeltje per jood-kern).

→ Er worden $0,60 \cdot (30 \cdot 1,04,6 \cdot 10^7) = 8,28 \cdot 10^8$ jood-131-atomen opgenomen in de schildklier.

Dus worden er *op den duur* in de schildklier $8,28 \cdot 10^8$ β -deeltjes geabsorbeerd (aannemende dat alle uitgezonden β -deeltjes, in de schildklier worden geabsorbeerd), want *op den duur* zullen alle radioactieve jood-131-kernen die in de schildklier zijn opgenomen vervallen. Dit komt omdat de halveringstijd van jood-131 veel korter is dan de levensverwachting van de baby.

De schildklier absorbeert op den duur dus $8,28 \cdot 10^8$ β -deeltjes met een energie van $9,61 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ per β -deeltje.

De schildklier absorbeert op den duur dus $8,28 \cdot 10^8 \cdot 9,61 \cdot 10^{-14} = 7,960 \cdot 10^{-5} \text{ J}$.

De massa van de schildklier bedraagt $15 \text{ g} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$.

Er geldt:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{7,960 \cdot 10^{-5}}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 5,306 \cdot 10^{-3} \text{ Gy}$$

De stralingsweegfactor voor β -straling bedraagt 1 (zie BiNaS tabel 27D).

$$H = w_r \cdot D = 1 \cdot 5,306 \cdot 10^{-3} = 5,306 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} = 5,3 \text{ mSv}$$