

33 In de Radon Health Mine in de Amerikaanse staat Montana kunnen mensen radontherapie ondergaan. Tien dagen lang verblijven ze enkele uren per dag in een ondergrondse mijntunnel waar de lucht een hoge concentratie aan radioactief radon bevat. De straling waaraan de mensen worden blootgesteld heeft een heilzame werking, zo wordt beweerd. Het radon in de mijn is de isotoop radon-222. In figuur 11.35 is het verval van Rn-222 in een (A,Z)-diagram weergegeven met een pijl.

- a Leg uit hoe uit figuur 11.35 blijkt dat bij het verval van Rn-222 een α -deeltje vrijkomt.

De kern die bij dit verval ontstaat, is ook instabiel en vervalt korte tijd later. Dit proces herhaalt zich een aantal malen. Bij een mogelijke vervalreeks van deze kern komen zo achtereenvolgens een α -deeltje, een β -deeltje, een β -deeltje en een α -deeltje vrij.

b Bepaal welke isotoop ontstaat door deze vervalreeks. Geef daartoe in figuur 11.35 de vervalreeks weer met pijlen.

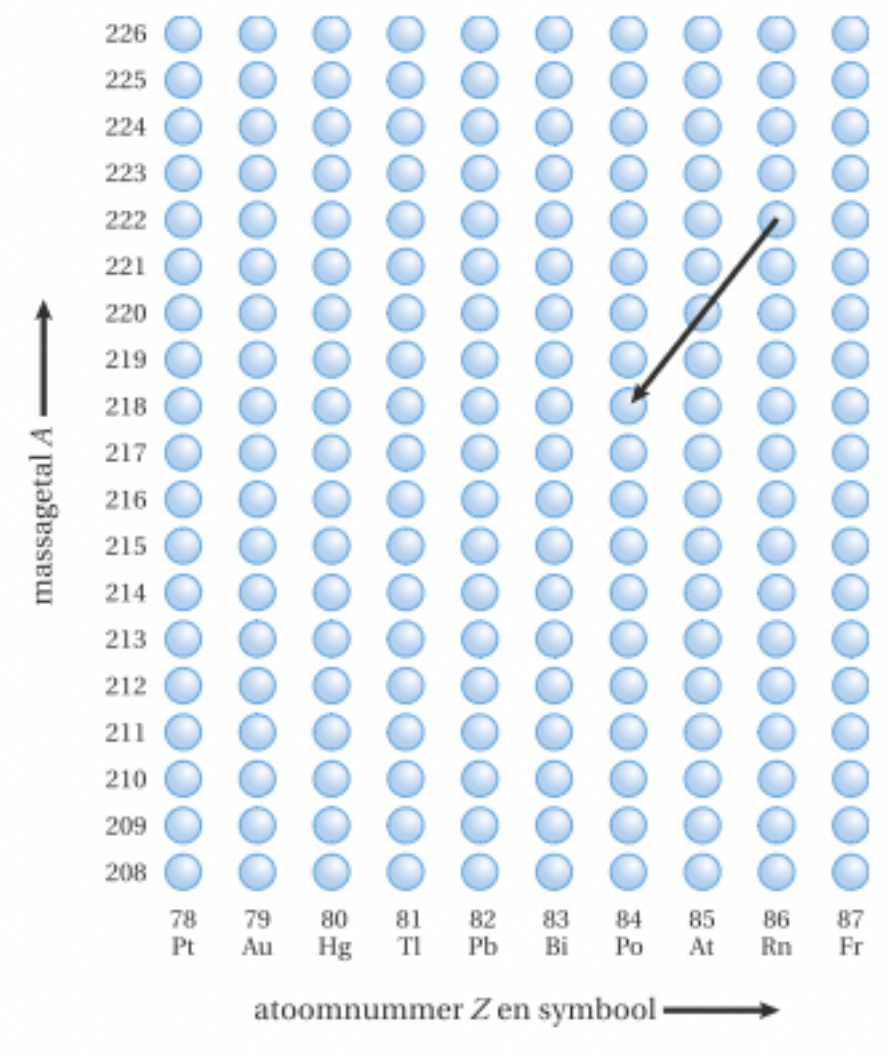
De activiteit van het Rn-222 in de Amerikaanse mijn bedraagt 65 Bq per liter lucht. De α -straling wordt vooral door het longweefsel geabsorbeerd. In de longen van een bepaald persoon bevindt zich (gemiddeld) 6,0 L lucht. Als gevolg van het verval van één Rn-222-kern absorbeert het longweefsel $3,1 \cdot 10^{-12}$ J stralingsenergie.

- c Toon met een berekening aan dat het longweefsel per uur $4,4 \cdot 10^{-6}$ J stralingsenergie absorbeert.

Iemand verblijft tijdens zijn therapie 32 uur in de mijn. De massa van zijn longen is $9,5 \cdot 10^2$ g. De stralingsweegfactor van de α -deeltjes is gelijk aan 20.

d Bereken de equivalente dosis die zijn longen hierdoor ontvangen. Speciaal voor mijnwerkers is al vijftig jaar geleden voor het stralingsniveau ten gevolge van radon en zijn vervalproducten de eenheid WL (working level) ingevoerd. Een stralingsniveau van 1,0 WL wordt acceptabel geacht voor mijnwerkers. 1,0 WL komt overeen met een radonactiviteit van $2,0 \cdot 10^{-9}$ curie per m^3 lucht. De curie is een verouderde eenheid van activiteit. Zie tabel 5 van BINAS.

- e Bereken het stralingsniveau in WL van de Radon Health Mine.

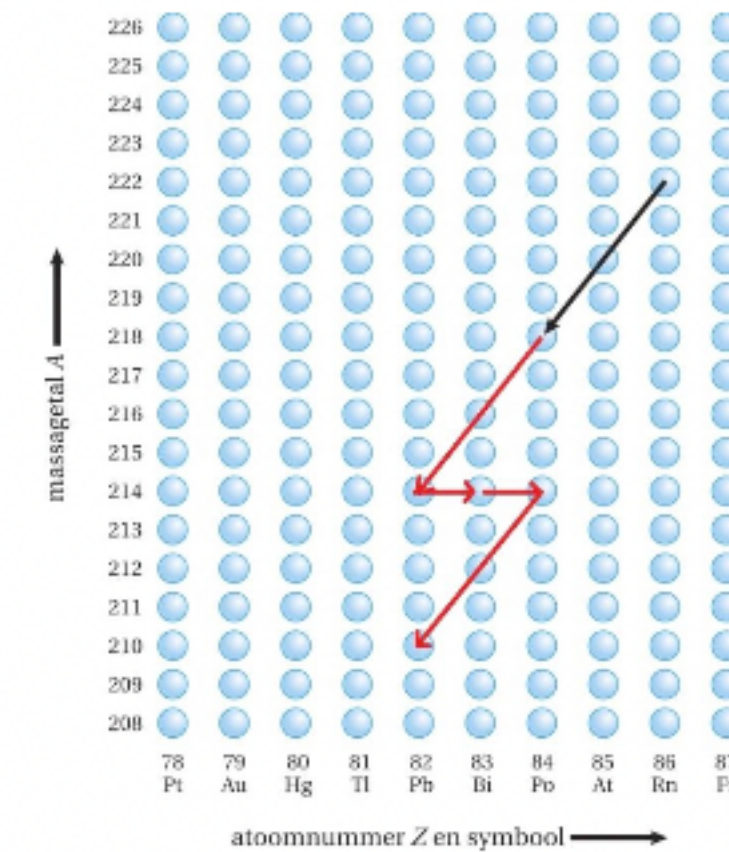


Figuur 11.35

11.6 Afsluiting

Opgave 33

- a Een alfadeeltje is ${}^4_2\text{He}$. Komt er een alfadeeltje vrij, dan neemt het atoomnummer dus af met 2 en het massagetal neemt af met 4. Dit komt overeen met figuur 11.35 in het boek.
- b Bij bètaverval verandert in de kern een neutron in een proton en een elektron. Het atoomnummer neemt dus met 1 toe en het massagetal blijft gelijk. In figuur 11.8 hieronder zie je de vervalreeks weergegeven. De isotoop die ontstaat is lood-210.



Figuur 11.8

- c De hoeveelheid geabsorbeerde stralingsenergie per uur bereken je met de totale activiteit van het longweefsel en de hoeveelheid energie die longweefsel per vervallen kern Rn-222 absorbeert. De activiteit van het longweefsel bereken je met de activiteit per liter lucht en de inhoud van de longen.

De activiteit is 65 Bq per liter lucht. De longen bevatten 6,0 liter lucht. De totale activiteit van de lucht in de longen is dus gelijk aan $65 \times 6,0 = 390$ Bq. De activiteit is het aantal kernen dat elke seconde vervalt. Per vervallen kern absorbeert het longweefsel $3,1 \cdot 10^{-12}$ J. De totale hoeveelheid geabsorbeerde stralingsenergie per seconde is dus gelijk aan $390 \times 3,1 \cdot 10^{-12} = 1,21 \cdot 10^{-9}$ J. Per uur is dat $3600 \times 1,21 \cdot 10^{-9} = 4,4 \cdot 10^{-6}$ J.

- d De equivalente dosis bereken je met de formule voor de dosisequivalent. De stralingsdosis bereken je met de formule voor de (geabsorbeerde stralings)dosis. De geabsorbeerde stralingsenergie bereken je met de tijd en het antwoord van vraag c.

$$E = 32 \times 4,4 \cdot 10^{-6} = 1,408 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

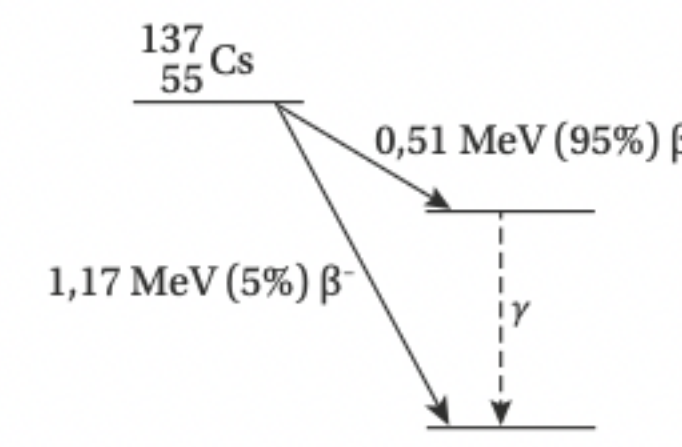
$$D = \frac{E}{m}$$

$$m = 9,5 \cdot 10^2 \text{ g} = 0,95 \text{ kg}$$

Over methode 2

Bij de tweede methode wordt gekeken naar Cs-137, dat vervalt onder uitzending van β -deeltjes. 95% van de kernen van Cs-137 vervalt naar een metastabiele toestand, waarna de kernen onder uitzending van een γ -foton de grondtoestand bereiken. Zie figuur 11.38.

- c Geef de vergelijking van het meest voorkomende verval van Cs-137 naar de grondtoestand.
- d Bereken de golflengte van het γ -foton.



Figuur 11.38

Van een groot aantal Franse wijnen waarvan het productiejaar met zekerheid is vastgesteld, is de activiteit van de α -straling gemeten. De gemeten activiteiten zijn