

## Medische kwakzalverij

In het midden van de twintigste eeuw werd een uitgemergelde 52 jaar oude patiënt in een ziekenhuis opgenomen. De man vertelde dat hij sinds vijf jaar op advies van zijn natuurarts iedere dag een fles "radiumwater" dronk. Een week na opname overleed de patiënt<sup>1</sup>.

U wilt retrospectief enkele vragen beantwoorden aan de hand van huidige gegevens en regelgeving.

### Gegevens:

- een fles "radiumwater" bevatte 200 mL water;
- het "radiumwater" bleek bij analyse 10 ppb (massa) <sup>226</sup>Ra te bevatten [1 ppb (massa) = 1 gram op 10<sup>9</sup> gram];
- de referentiemens heeft een botmassa van 5000 g;
- biologische halveringstijden voor radium in het skelet (zie tabel 1 hieronder);
- **bijlage:** Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (2<sup>e</sup> druk 2007), blz. 230-231, gegevens <sup>226</sup>Ra (overgenomen met toestemming van de uitgever)

**Tabel 1.** Retentie van radium in het skelet<sup>2</sup>.

fractie	t <sub>1/2</sub> biologisch (d)
0,30	2
0,08	40
0,03	4000

### Vraag 1

Bereken de radiumactiviteit per fles "radiumwater", zoals gedronken door de patiënt.

### Vraag 2

Bereken de effectieve volg dosis voor een volwassene, als gevolg van de inname van één fles "radiumwater".

Mocht u het antwoord van vraag 1 niet hebben gevonden, neem dan aan dat de radiumactiviteit per fles gelijk aan 80 kBq is.

---

<sup>1</sup> Ontleend aan 'Radiation: what it is and how it affects you' – Jack Schubert & Ralph E. Lapp – Viking Press (New York), 1957.

<sup>2</sup> Gebaseerd op figuur A5 van ICRP-67.

## Nascholingsmiddag stralingsdeskundigheid, 15 november 2012

---

Na overlijden werd er sectie op het lichaam verricht. De doodsoorzaak bleek stralingsziekte, waarschijnlijk als gevolg van het consumeren van de vele flessen radiumhoudend water.

### Vraag 3

Bereken de hoeveelheid  $^{226}\text{Ra}$  (in  $\mu\text{g}$ ) die destijds in het skelet werd aangetroffen. De berekening mag beperkt worden tot de retentiefraction met de langste biologische halveringstijd; er kan namelijk worden aangetoond dat alleen deze term vanwege de lange accumulatieperiode wezenlijk bijdraagt tot de activiteit in het skelet.

### Vraag 4

Stel dat eenzelfde overlijden zich recent heeft voorgedaan en dat er is besloten tot crematie van het lichaam, zou de as dan volgens de Kernenergiewet vergunningsplichtig zijn? Motiveer uw antwoord. Er mag worden uitgegaan van de veronderstelling dat de massa van de as gelijk is aan de botmassa. En tevens van de veronderstelling dat de hoeveelheid radium in de rest van het lichaam verwaarloosbaar is.

Mocht u het antwoord op vraag 3 niet hebben, ga dan uit van 25  $\mu\text{g}$  radium in de botten.

---

Dit vraagstuk is overgenomen uit het niveau 3 examen van 7 mei 2012.

# $^{226}\text{Ra}$ (+ dochters)

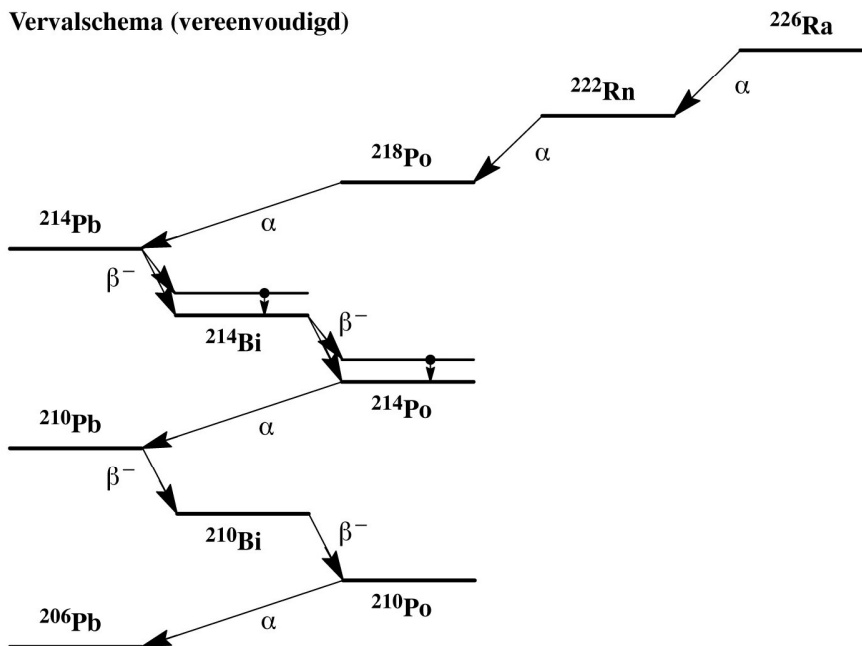
$Z = 88$

## Halveringstijd en vervalconstante

$$T_{1/2} = 1,60 \times 10^3 \text{ j} = 5,05 \times 10^{10} \text{ s}$$

$$\lambda = 1,37 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

## Vervalschema (vereenvoudigd)



## Bronconstanten (inclusief dochters)

Kermatempo in lucht	$k = 0,28 \text{ } \mu\text{Gy/h per MBq/m}^2$
Omgevingsdosisequivalenttempo	$h = 0,26 \text{ } \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$

## Diversen (inclusief dochters)

Specifieke activiteit (alleen $^{226}\text{Ra}$ )	$A_{\text{sp}} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq/g}$ (1 g Ra $\equiv$ 1 Ci !)
Vrijstellingsgrenzen	$C_v = 10^0 = 1 \text{ Bq/g}$ en $A_v = 10^4 \text{ Bq}$
Huidbesmetting	$H_{\text{huid}} = 6 \times 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$
Wondbesmetting; Injectie	$e(50) = 4,3 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$
Vervoer	$A_1 = 0,2 \text{ TBq}$ en $A_2 = 0,003 \text{ TBq}$

## Productie en toepassingen

Het radionuclide  $^{226}\text{Ra}$  is een natuurproduct. Het komt voor in de uraniumvervalreeks. Er is een reeks van toepassingen geweest, toen het nuclide de enige radioactieve stof was

N = 138

$^{226}\text{Ra}$

met een aanzienlijke activiteit. Toepassingen waren: radiotherapie, lichtgevende verf, bliksemafleiders, medische kwakzalverij. Vanwege de hoge radiotoxiciteit is het langzamerhand verdrongen door minder toxische radionucliden.

**Halveringstijden en belangrijkste uitgezonden straling**

Radionuclide	$T_{1/2}$	$E_{\alpha}$ (keV)	$E_{\beta,\text{gem}}$ (keV)	$E_{\beta,\text{max}}$ (keV)	$E_{\gamma}$ (keV)
$^{226}\text{Ra}$	1600 j	4784			
$^{222}\text{Rn}$	3,82 d	5490			
$^{218}\text{Po}$	3,05 min	6003			
$^{214}\text{Pb}$	26,8 min		207	672	352
			227	729	295
$^{214}\text{Bi}$	19,9 min		525	1505	609
			539	1540	1120
			1269	3270	1765
$^{214}\text{Po}$	0,164 ms	7687			
$^{210}\text{Pb}^*$	22,3 j		4	16	46
			16	63	
$^{210}\text{Bi}$	5,01 d		389	1161	
$^{210}\text{Po}^*$	138,4 d	5297			

\* Deze radionucliden zijn tevens apart opgenomen (zie aldaar).

**Ingestie- en longzuiveringsklassen**

Ingestie

Alle verbindingen  $f_1 = 0,2$

Inhalatie

Als natuurlijke (rest)stof  $f_1 = 0,01$  Klasse S

Overige verbindingen  $f_1 = 0,2$  Klasse M

**Dosisconversiecoëfficiënt en radiotoxiciteitsequivalent voor werknemers (w) en voor leden van de bevolking (b)**

	Ingestie $f_1 = 0,2$	Inhalatie M*	Inhalatie S*	Inhalatie S**	
$e(50)(w)$	$2,8 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-6}$	$4,0 \times 10^{-5}$	Sv/Bq
$A_{Re}(w)$	$3,6 \times 10^6$	$4,5 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$2,5 \times 10^4$	Bq
$e(50)(b)$	$2,8 \times 10^{-7}$	$3,5 \times 10^{-6}$	$9,5 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-5}$	Sv/Bq
$A_{Re}(b)$	$3,6 \times 10^6$	$2,9 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$2,0 \times 10^4$	Bq

\* aangenomen dat dochter  $^{222}\text{Rn}$  grotendeels ontsnapt uit het ingeademde deeltje

\*\* aangenomen dat het  $^{222}\text{Rn}$  niet ontsnapt uit het ingeademde deeltje en met alle dochters in radiologisch evenwicht