

**BIJLAGE bij Examen
Stralingsbeschermingsdeskundige op het niveau van
coördinerend deskundige**

Nuclear Research and consultancy Group	NRG
Technische Universiteit Delft	TUD
Rijksuniversiteit Groningen	RUG
Radboudumc	RUMC

examendatum:
11 december 2023
examenduur: 13.30 - 16.30 uur

Instructie:

- ❑ Wanneer u andere gegevens gebruikt dan in deze bijlage zijn genoemd, vermeld dan de herkomst!
- ❑ Deze bijlage omvat 11 doorlopend genummerde pagina's. Controleer dit!

INHOUDSOPGAVE

Bladzijde

- 3-4 Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3e druk 2015), blz. 164 en 165, gegevens ^{131}I
- 5 Depositiefraction (in %) van de geïnhaleerde activiteit voor twee AMAD-waarden
- 6 Equivalente volg dosis voor de schildklier en effectieve volg dosis door inhalatie van I-131 door werknemers
- 7 Vereenvoudigd overzicht van de energie E (in MeV) en emissiewaarschijnlijkheid γ van de meest relevante α -, β - en γ -overgangen in het verval van ^{226}Ra in evenwicht met haar dochters
- 8 Interactiecoëfficiënten voor fotonen in aluminium
- 9 Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3e druk 2015), blz. 90, gegevens ^{75}Se
- 10 Gammaspectrum van de kalibratiemeting ^{152}Eu -bron, A = 206,8 kBq
- 11 Resultaten kalibratiemeting ^{152}Eu bron, A = 206,8 kBq

Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3^e druk 2015), blz. 164 en 165, gegevens ¹³¹I

¹³¹I

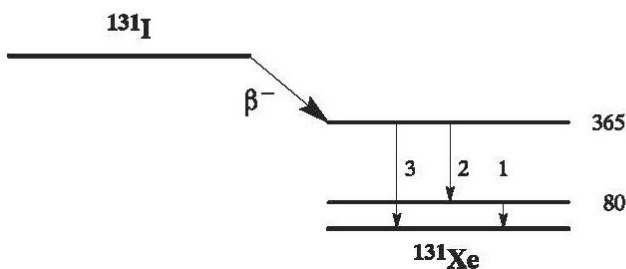
Z = 53

Halveringstijd en vervalconstante

$$T_{1/2} = 8,021 \text{ d} = 6,93 \times 10^5 \text{ s}$$

$$\lambda = 1,00 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

Vervalschema (vereenvoudigd)



Belangrijkste uitgezonden straling

Straling	$y \text{ (Bq}\cdot\text{s)}^{-1}$	$E \text{ (keV)}$
β^-	0,894	192 606
γ_1	0,026	80
ce K γ_1	0,036	46
γ_2	0,061	284
γ_3	0,812	365

Bronconstanten

Kermatempo in lucht	$k = 0,052 \text{ } \mu\text{Gy/h per MBq/m}^2$
Omgevingsdosisequivalenttempo	$h = 0,066 \text{ } \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$

Diversen

Specifieke activiteit	$A_{sp} = 4,60 \times 10^{15} \text{ Bq/g}$
Vrijstellingsgrenzen	$C_v = 10^2 \text{ Bq/g}$ en $A_v = 10^6 \text{ Bq}$
Huidbesmetting	$H_{\text{huid}} = 4 \times 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$
Wondbesmetting; Injectie	$e(50) = 2,2 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$
Vervoer	$A_1 = 3 \text{ TBq}$ $A_2 = 0,7 \text{ TBq}$

Productie en toepassingen

Het radionuclide ¹³¹I is een belangrijk splijtingsproduct. Het wordt veelvuldig toegepast in de diagnostische en therapeutische nucleaire geneeskunde.

N = 78

131I

Metabool model

Voor stralingshygiënische doeleinden wordt aangenomen dat jodium zich vanuit het bloed als volgt verdeelt: 70% directe uitscheiding en 30% naar de schildklier. Jodium in de schildklier verblijft aldaar met een biologische halveringstijd van 80 dagen, van waaruit het in de vorm van organisch jodium homogeen over het lichaam wordt verdeeld. Het verblijf in andere organen/weefsels dan de schildklier geschiedt met een halveringstijd van 12 dagen. Een tiende van het organisch jodium wordt onmiddellijk uitgescheiden via de faeces, terwijl de rest (90%) terugkeert in het transfercompartiment. Zodoende wordt de biologische halveringstijd in de schildklier effectief gelijk aan 90 dagen.

N.B. Dit model geldt niet voor patiënten, zie pagina 14.

Ingestie- en longzuiveringsklassen**Ingestie**

Alle verbindingen $f_1 = 1$

Inhalatie

Damp (I ₂)	$f_1 = 1$	Klasse SR-1
Damp (CH ₃ I)	$f_1 = 1$	Klasse SR-1 70% depositie
Overige verbindingen	$f_1 = 1$	Klasse F

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

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

Gegevens voor schildkliertelling (na eenmalige inname)

Tijd (d)	Activiteit in schildklier (Bq per Bq inname)			
	$f_1 = 1$	F	I ₂	CH ₃ I
0,25	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$
1	$2,4 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^{-1}$
2	$2,5 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-1}$	$1,7 \times 10^{-1}$
3	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$2,0 \times 10^{-1}$	$1,6 \times 10^{-1}$
5	$1,9 \times 10^{-1}$	$9,0 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-1}$
7	$1,6 \times 10^{-1}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-1}$

Depositiefractione (in %) van de geïnhaleerde activiteit voor twee AMAD-waarden

Compartiment	Fractie (%)	
	AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm
ET1	16,5	33,9
ET2	21,1	39,9
BB	1,2	1,8
bb	1,7	1,1
AI	10,7	5,3
Totaal	51,2	82

(ontleend aan: Inleiding tot de stralingshygiëne, Bos et al, tabel 9.6)

Equivalente volgdoos voor de schildklier en effectieve volgdoos door inhalatie van I-131 door werknemers

I-131, adult worker

Inhalation of particulate aerosol: AMAD = 5.000 micron, absorption Type F, f1 = 1.0

Remainder formulation: default

Time after intake	1 day	7 days	1 year	5 years	10 years	50 years
Thyroid	1.2E-08	9.7E-08	2.1E-07	2.1E-07	2.1E-07	2.1E-07
Effective dose	6.6E-10	4.9E-09	1.1E-08	1.1E-08	1.1E-08	1.1E-08

Deze tabel is ontleend aan de ICRP68_72 tool (ICRP database v3.0, meegeleverd met ICRP publicatie 72) en is gebaseerd op ICRP-60. Alle getallen zijn gegeven in Sv per Bq inname.

Vereenvoudigd overzicht van de energie E (in MeV) en emissiewaarschijnlijkheid y van de meest relevante α -, β - en γ -overgangen in het verval van ^{226}Ra in evenwicht met haar dochters

Nuclide	E_α (MeV)	y_α	$E_{\beta,\text{max}}$ (MeV)	y_β	E_γ (MeV)	y_γ
^{226}Ra	4,784	1,0				
^{222}Ra	5,490	1,0				
^{218}Po	6,003	1,0				
^{214}Pb			0,7	0,85	0,295 0,352	0,2 0,4
^{214}Bi			1,5 3,3	0,35 0,19	0,609 1,120 1,765	0,5 0,3 0,4
^{214}Po	7,687	1,0				
^{210}Pb					0,046	0,04
^{210}Bi			1,2	1,0		
^{210}Po	5,297	1,0				

Bron: Handboek Radionucliden, A.S. Keeverling Buisman (3^e druk, 2015)

Interactiecoëfficiënten voor fotonen in aluminium

Fotonenergie (MeV)	Aluminium $\rho = 2,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$		
	μ/ρ ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	μ_{tr}/ρ ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	μ_{en}/ρ ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$)
0,04	0,565	0,357	0,357
0,05	0,367	0,184	0,184
0,06	0,277	0,111	0,111
0,08	0,201	0,0562	0,0562
0,10	0,170	0,0386	0,0386
0,15	0,138	0,0285	0,0285
0,2	0,122	0,0276	0,0276
0,3	0,104	0,0282	0,0282
0,4	0,0926	0,0287	0,0287
0,5	0,0844	0,0287	0,0286

Ontleend aan 'Inleiding tot de stralingshygiëne' (Bos et al., 2^e druk, 2007)

Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3e druk 2015), blz. 90, gegevens ^{75}Se

^{75}Se

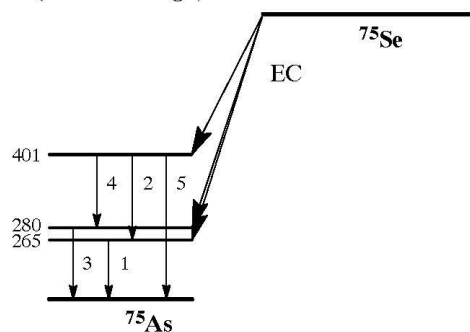
$Z = 34$

Halveringstijd en vervalconstante

$$T_{1/2} = 119,76 \text{ d} = 1,03 \times 10^7 \text{ s}$$

$$\lambda = 6,70 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

Vervalschema (vereenvoudigd)



Belangrijkste uitgezonden straling

Straling	$y \text{ (Bq}\cdot\text{s)}^{-1}$	$E \text{ (keV)}$	Straling	$y \text{ (Bq}\cdot\text{s)}^{-1}$	$E \text{ (keV)}$
γ_1	0,594	265	K_{α}	0,481	11
γ_2	0,606	136	K_{β}	0,047	12
γ_3	0,252	280	KLL	0,315	9
γ_4	0,177	121	KLX	0,099	10
γ_5	0,113	401	LMX	1,309	1

Bronconstanten

Kermatempo in lucht	$k = 0,15 \text{ } \mu\text{Gy/h per MBq/m}^2$
Omgevingsdosisequivalenttempo	$h = 0,072 \text{ } \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$

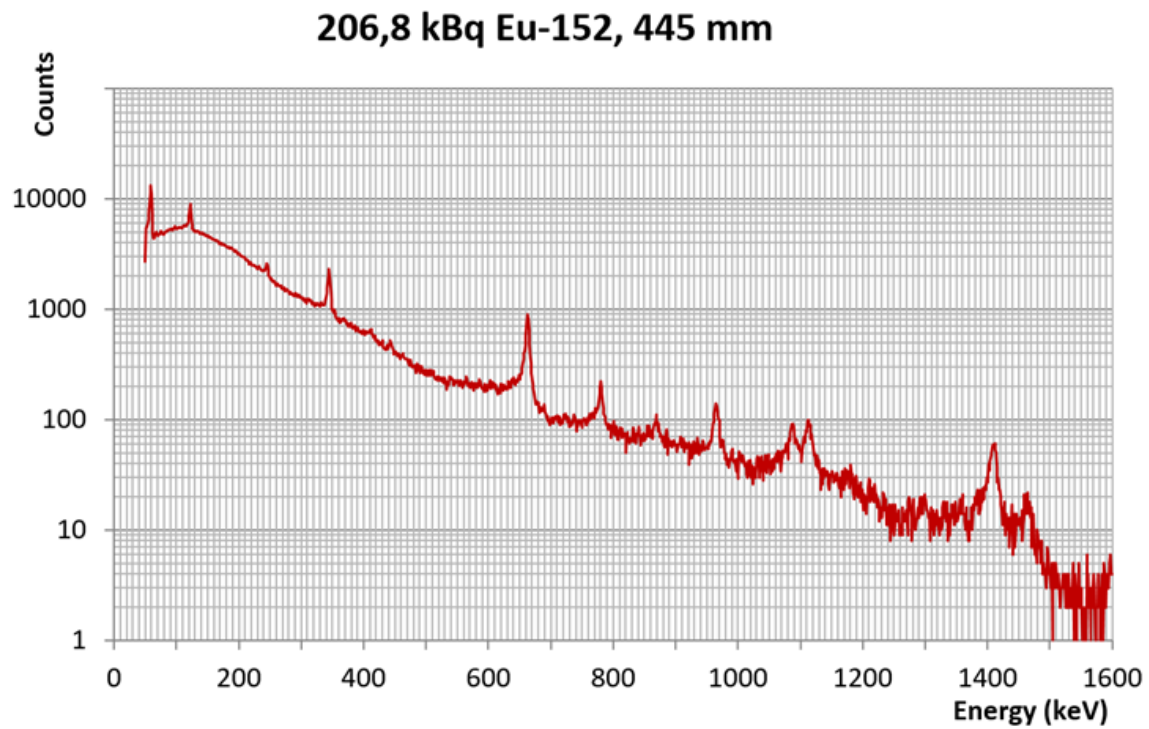
Diversen

Specifieke activiteit	$A_{sp} = 5,37 \times 10^{14} \text{ Bq/g}$
Vrijstellingsgrenzen	$C_v = 10^2 \text{ Bq/g}$ en $A_v = 10^6 \text{ Bq}$
Huidbesmetting	$H_{\text{huid}} = 4 \times 10^{-11} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$
Wondbesmetting; Injectie	$e(50) = 2,5 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$
Vervoer	$A_1 = 3 \text{ TBq}$
	$A_2 = 3 \text{ TBq}$

Productie en toepassingen

Het radionuclide ^{75}Se is een activeringsproduct: $^{74}\text{Se}(n,\gamma)^{75}\text{Se}$. Het wordt gebruikt voor neutronen-activeringsanalyse, in de nucleaire geneeskunde en bij gammagrafie.

Gammaspectrum van de kalibratiemeting ^{152}Eu -bron, A = 206,8 kBq



Resultaten kalibratiemeting ^{152}Eu bron, A = 206,8 kBq

Energie piek (keV)	Yield γ (%)	Aantal gamma's met deze energie per sec (A · yield)	Achtergrond piek N_a (counts)	Netto counts piek	Netto piek teltempo (counts/s)	Efficiëntie ϵ (counts per foton)
121,78	28,41%	58752	5400			
244,7	7,55%	15613	2100	504	1,40E-01	8,97E-06
344,28	26,59%	54988	950	1348	3,59E-01	6,81E-06
411,12	2,23%	4620	569	87	2,41E-02	5,23E-06
443,96	2,82%	5834	420	97	2,69E-02	4,62E-06
778,9	12,97%	26822	90	133	3,69E-02	1,38E-06
869	4,24%	8775	69	42	1,16E-02	1,33E-06
964,5	14,50%	29986	56	85	2,36E-02	7,87E-07
1085,9	10,13%	20949	45	46	1,27E-02	6,10E-07
1112,1	13,41%	27732	36	63	1,75E-02	6,31E-07
1408	20,85%	43118	16	45	1,25E-02	2,90E-07