

Uitwerkingen

**Gecoördineerd examen stralingsbescherming
Deskundigheidsniveau 3**

12 december 2011

Vraagstuk 1**Dosismeting bij een I-CAT****Vraag 1**

Bereken de equivalente dosis voor het gehele orgaan huid, voor respectievelijk de I-CAT en de OPG.

I-CAT:

$$H_{\text{huid}} = D \times w_R = 650 \text{ cm}^2 / 17.800 \text{ cm}^2 \times 7,8 \times 1 = 0,28 \text{ mSv}$$

OPG:

$$H_{\text{huid}} = D \times w_R = 100 \text{ cm}^2 / 17.800 \text{ cm}^2 \times 0,53 \times 1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mSv}$$

Vraag 2

Bereken de effectieve dosis voor een patiënt bij een I-CAT en een OPG-opname, gebaseerd op de equivalente doses van de huid, keel en de schildklier.

I-CAT

$$H_{\text{huid}} = 0,28 \text{ mSv}$$

$$H_{\text{keel}} = D_{\text{keel}} \times 1 = 1,0 \text{ mSv}$$

$$H_{\text{schildklier}} = D_{\text{schildklier}} \times 1 = 1,3 \text{ mSv}$$

$$E_{\text{I-CAT}} = 0,28 \times 0,01 + 1,0 \times 0,05 + 1,3 \times 0,05 = 0,0028 + 0,05 + 0,065 = 0,12 \text{ mSv}$$

OPG

$$H_{\text{huid}} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mSv}$$

$$H_{\text{keel}} = D_{\text{keel}} = 0,032 \text{ mSv}$$

$$H_{\text{schildklier}} = D_{\text{schildklier}} = 0,041 \text{ mSv}$$

$$E_{\text{OPG}} = 3,0 \cdot 10^{-3} \times 0,01 + 0,032 \times 0,05 + 0,041 \times 0,05 = 3 \cdot 10^{-5} + 1,6 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-3} = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ mSv}$$

Vraag 3

Maak een schatting van de effectieve dosis voor de tandarts in deze situatie

Uit bijlage 2: kerma als gevolg van verstrooide straling op 50 cm afstand van het verstrooiende oppervlak is 0,23% per 100 cm²

$$D_{\text{bestraald oppervlak}} = 7,8 \text{ mGy}$$

$$D_{\text{tandarts}} = 7,8 \text{ mGy} \times (650 \text{ cm}^2 / 100 \text{ cm}^2) \times (0,23/100) \times (50 \text{ cm} / 200 \text{ cm})^2 = 0,0073 \text{ mGy}$$

$$E_{\text{tandarts}} = 0,0073 \text{ mGy} \times 1 \times 1 = 0,0073 \text{ mSv} = 7,3 \text{ } \mu\text{Sv}$$

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	4
2	5
3	5
Totaal	14

Vraagstuk 2 Afscherming bij isotopen-implantatie

Vraag 1

poeder, niet in gesloten systeem $p = -4$

B-laboratorium $q = +3$

handschoenenkast $r = +3$

$$X_{\max} = 0,02 \times 10^{p+q+r} = 0,02 \times 10^2 = 2 \text{ Re}_{\text{inh}}$$

$1 \text{ Re}_{\text{inh}}(w) = 240 \text{ MBq}$ (Handboek Radionucliden, klasse M)

$$A_{\max} = 2 \times 240 \text{ MBq} = 480 \text{ MBq} > 370 \text{ MBq} \rightarrow \text{het is toegestaan}$$

Vraag 2

handelingstijd = 90 s = 0,025 h

$$H^* = 12 (\text{j}^{-1}) \times 0,093 (\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{m}^2) \times 370 (\text{MBq}) \times 0,025 (\text{h}) / (0,5 \text{ m})^2 \\ = 41 \mu\text{Sv} = 0,041 \text{ mSv}$$

Vraag 3

tabel 1 geeft $(\mu/\rho)_{\text{ijzer}} = 0,084 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ voor 0,5 MeV

$$\mu_{\text{ijzer}} = (\mu/\rho)_{\text{ijzer}} \times \rho_{\text{ijzer}} = 0,084 (\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}) \times 7,87 (\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}) = 0,66 \text{ cm}^{-1}$$

$$d_{\text{ijzer}} = 1 \text{ mm} = 0,1 \text{ cm}$$

$$\mu d = 0,66 (\text{cm}^{-1}) \times 0,1 (\text{cm}) = 0,066$$

$$T = B e^{-\mu d} = 1 \cdot e^{-0,066} = 0,936$$

Beginactiviteit in ionenbron en op extractor = 370 MBq

Eindactiviteit in ionenbron en op extractor = $0,98 \times 370 \text{ MBq} = 362,6 \text{ MBq}$

Gemiddelde activiteit in bron en op extractor = $0,5 \times (370 + 362,6) = 366,3 \text{ MBq}$

Voor de activiteit in ionenbron en op extractor wordt uitgegaan van dezelfde afstand tot de werknemer

$H^*_{\text{bron+extractor}} =$

$$12 (\text{j}^{-1}) \times 0,093 (\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{m}^2) \times 366,3 (\text{MBq}) \times 5 (\text{h}) \times 0,936 / (3,5 \text{ m})^2 = \\ 156 \mu\text{Sv}\cdot\text{j}^{-1}$$

Beginactiviteit op ijzerfolie = 0 MBq

Eindactiviteit op ijzerfolie = $0,02 \times 370 \text{ MBq} = 7,4 \text{ MBq}$

Gemiddelde activiteit op ijzerfolie = $0,5 \times (0 + 7,4) = 3,7 \text{ MBq}$

$H^*_{\text{ijzerfolie}} =$

$$12 (\text{j}^{-1}) \times 0,093 (\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{m}^2) \times 3,7 (\text{MBq}) \times 5 (\text{h}) \times 0,936 / (1 \text{ m})^2 = \\ 19 \mu\text{Sv}\cdot\text{j}^{-1}$$

$$H^*_{\text{totaal}} = 156 (\mu\text{Sv}\cdot\text{j}^{-1}) + 19 (\mu\text{Sv}\cdot\text{j}^{-1}) = 175 (\mu\text{Sv}\cdot\text{j}^{-1})$$

Vraag 4

$$T = 0,1 (\text{mSv}\cdot\text{j}^{-1}) / 0,175 (\text{mSv}\cdot\text{j}^{-1}) = 0,571$$

$$= B e^{-\mu d} = e^{-\mu d} \quad (B=1)$$

$$\mu d = -\ln(0,571) = 0,560$$

$$\mu_{\text{lood}} = (\mu/\rho)_{\text{lood}} \times \rho_{\text{lood}} = 0,1614 (\text{cm}^2/\text{g}) \times 11,34 (\text{g}/\text{cm}^3) = 1,83 \text{ cm}^{-1}$$

$$d_{\text{lood}} = 0,560 / \mu_{\text{lood}} = 0,560 / 1,83 (\text{cm}^{-1}) = 0,31 \text{ cm}$$

afgerond 0,5 cm.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 2	
Vraag	Punten
1	3
2	3
3	6
4	5
Totaal	<i>17</i>

Vraagstuk 3 Besmetting in een papiercontainer

Vraag 1

Volgens tabel 1 is μ/ρ voor 1,25 MeV fotonen in ijzer gelijk aan $0,0535 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

$$\mu = 0,0535 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 7,87 \text{ g cm}^{-3} (= \rho_{\text{ijzer}}) = 0,421 \text{ cm}^{-1}.$$

$$T = e^{-\mu d}$$

$$T = e^{-0,421 \cdot 0,2} = 0,95 \text{ dus } 95\% \text{ van de straling zal door de ijzeren wand van de container gaan.}$$

Het minimale omgevingsdosisequivalenttempo dat gemeten moet kunnen worden is $20 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1}$.

Dat betekent zonder afscherming van de containerwand:

$$20/0,95 = 21 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1} = 21 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$h = 0,36 \mu\text{Sv m}^2 \text{ h}^{-1} \text{ MBq}^{-1}$$

$$A = 21 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \times (2,25 \text{ m})^2 / 0,36 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1} = 0,30 \text{ MBq}$$

De activiteit die kan worden gemeten van fotonen van 1,25 MeV: $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ MBq}$

Rendement van de scintillatiedetector is 80%

$$A = 3,1 \cdot 10^{-1} \text{ MBq} / 0,8 = 3,9 \times 10^{-1} \text{ MBq} = 390 \text{ kBq}$$

Vraag 2

Men meet 40 nSv h^{-1} van het nuclide ^{131}I op 13 maart 2011. Wat was de activiteit op 18 maart 2011?

Fotonen van ^{131}I hebben een energie van 0,365 MeV, $\mu/\rho = 0,1 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$

$$\mu = 0,1 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 7,87 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,787 \text{ cm}^{-1}$$

$$T = e^{-\mu d} \rightarrow T = e^{-0,787 \cdot 0,2} = 0,85, \text{ dus } 85\% \text{ komt door de ijzeren wand van de container.}$$

Het door de detector gemeten omgevingsdosistempo zonder de afscherming van de container is dan

$$40 \text{ nSv h}^{-1} \times \frac{100}{85} = 47 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$H^*(10) = \frac{h \times A}{r^2} \rightarrow 47 \times 10^{-3} = \frac{0,066 \times A}{(2,25)^2} \rightarrow A = \frac{0,238}{0,066} = 3,61 \text{ MBq gemeten op 13}$$

maart.

Het rendement van de scintillatiedetector voor I-131 is 40%.

$$A = 3,61 \text{ MBq} / 0,4 = 9,03 \text{ MBq}$$

Op 8 maart was de activiteit:

$$A(t) = A(0) \quad \text{MBq}$$

Vraag 3

Uit bijlage 1 volgt dat de vrijstellingsgrenzen voor ^{131}I zijn: activiteitsconcentratie

$100 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ en totale activiteit 1 MBq .

De bepaalde totale activiteit is 13,9 MBq, de activiteitsconcentratie is 7,0 MBq/g.

Beide normen worden overschreden.

De afvoer van dit stukje kauwgom was dus vergunningsplichtig. Meldingsplicht geldt niet voor kunstmatige radionucliden.

Vraag 4

Suggesties ter voorkoming van dit incident: aanpassen voorlichting aan patiënten, afvalbakken apart verzamelen en controleren

Puntenwaardering:

Vraagstuk 3	
Vraag	Punten
1	6
2	6
3	4
4	2
Totaal	18

Vraagstuk 4 Besmette vissen

Vraag 1

Het fysische verval is te verwaarlozen, omdat tussen het tijdstip van vangst en opeten maximaal 1 dag zit. De halveringstijd voor ^{90}Sr is daarentegen 28,7 jr.

De meest conservatieve schatting van de activiteitsconcentratie van de vis is de hoogste waarde uit tabel 1, te weten $C = 10,0 \text{ Bq/kg}$.

Per maaltijd: —

Vraag 2

Per maaltijd is de ingenomen activiteit 2,5 Bq.

Over 50 jaar is de vervalconstante de som van de biologische en de fysische vervalconstante.

Er gaat 50% naar elk bronorgaan. U_s per bronorgaan is $0,21 \cdot 10^9 \text{ Bq}\cdot\text{s}$

Vraag 3

$E_{\text{gem}} = 0,196 \text{ MeV}$ (handboek Radionucliden), dus kleiner dan 0,2 MeV. Voor de geabsorbeerde energiefracties moet gebruik gemaakt worden van de laatste kolom van tabel 2.

$w_R = 1$ (bèta straling)

Bronorgaan	Doelorgaan	AF(T←S)	Y·E (MeV)	m_T (gram)	SEE (T←S) (MeV g^{-1} / desintegratie)
Trabecular bone	Botoppervlak	0,25	0,196	120	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Cortical bone	Botoppervlak	0,25	0,196	120	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Trabecular bone	Rode beenmerg	0,5	0,196	1500	$6,5 \cdot 10^{-5}$
Cortical bone	Rode beenmerg	0,0	0,196	1500	0

Vraag 4

SEE (Botoppervlak \leftarrow S) = $4,1 \cdot 10^{-4} + 4,1 \cdot 10^{-4} = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ MeV g}^{-1}$ per desintegratie

SEE (Rode beenmerg \leftarrow S) = $6,5 \cdot 10^{-3} + 0 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ MeV g}^{-1}$ per desintegratie

Puntenwaardering:

Vraagstuk 4	
Vraag	Punten
1	3
2	5
3	5
4	5
Totaal	18