

Uitwerkingen

Gecoördineerd examen stralingsbescherming Deskundigheidsniveau 3

10 mei 2010

Vraagstuk 1 De radiumbeker

Vraag 1

$$e(50)_b = 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq (ingestie)}$$

$$A = V \cdot C = 0,3 \text{ l} \cdot 10 \text{ kBq/l} = 3,0 \text{ kBq}$$

$$E_{50} = A \cdot e(50) = 3,0 \cdot 10^3 \text{ Bq} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq} = 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} = 0,84 \text{ mSv}$$

Vraag 2

$$\dot{H}^*(10) = \frac{h \cdot A}{r^2} \cdot T \rightarrow \frac{0,26 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot A}{0,3 \text{ m}^2} \cdot 0,9 = 20 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \rightarrow A = 7,7 \text{ MBq}$$

Vraag 3

p=-1 (openen van radium beker)

q=1 (D-laboratorium)

r=0 (op labtafel)

$$A_{RE,w} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Bq (klasse M) goed oplosbaar (andere inhalatiek lassen worden ook goed gerekend)}$$

$$X_{\max} = 0,02 \cdot 10^{p+q+r} = 0,02 \cdot 10^{-1+1+0} = 0,02 \text{ Re}$$

$$A_{\max} = 0,02 \cdot 4,5 \cdot 10^5 \text{ Bq} = 9000 \text{ Bq}$$

De aanwezige hoeveelheid (7,7 of 11 MBq) is groter dan wat maximaal mag. De beker mag er dus niet op de labtafel geopend worden.

Vraag 4

$$R_n = R_b - R_a = 1600 \text{ cps} - 25 \text{ cps} = 1575 \text{ cps.}$$

Gevoeligheid = 0,07 Bq/cm² per cps (alfa-straler).

$$A = 1575 \text{ cps} \cdot 0,07 \text{ Bq/(cm}^2 \cdot \text{cps)} = 110 \text{ Bq/cm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = 110 \text{ Bq/cm}^2 \cdot (50 \cdot 50) \text{ cm}^2 = 276 \text{ kBq}$$

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	4
2	3
3	4
4	5
Totaal	16

Vraagstuk 2 Besmetting van een werknemer

Vraag 1

Afgeveegde activiteit is $87 + 60 + 4 + 83 + 9 + 15 + 107 + 7 = 372$ Bq

Deze activiteit van 372 Bq was 15 seconde aanwezig op 50 cm^2

Gegeven: $H_{\text{huid}} = 6 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$

$$H_{\text{huid}} = 6 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/s} \times 15 \text{ s} \times 372/50 \text{ Bq/cm}^2 = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv}$$

Vraag 2

Gevonden huidbesmetting levert 700 cps

De gevoeligheid van de monitor is 25 cps per Bq/cm^2 , dus 700 cps komt overeen met $700/25 = 28 \text{ Bq/cm}^2$

Het oppervlak van de monitor is 100 cm^2 en de gehele activiteit onder venster is dus:

$100 \text{ cm}^2 \times 28 \text{ Bq/cm}^2 = 2,8 \text{ kBq}$. Feitelijk is dit echter aanwezig op 50 cm^2 . De besmettingsgraad is dus 56 Bq/cm^2

Gegeven: $H_{\text{huid}} = 6 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$

$$H_{\text{huid}} = 6 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/s} \times 56 \text{ Bq/cm}^2 = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/s}$$

Deze besmetting is 5 dagen aanwezig, dus $5 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ seconde} = 4,32 \cdot 10^5 \text{ seconde}$

$$H_{\text{huid}} = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/s} \times 4,32 \cdot 10^5 \text{ s} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}$$

Vraag 3

De totale dagelijkse hoeveelheid urine is 1,4 l. Bij een gemeten activiteit van 9,5 dpm in 10 ml is dus de totale uitgescheiden activiteit $9,5 \times 1400/10 = 1330 \text{ dpm} = 22 \text{ Bq}$

De effectieve volgdozis is voor de diverse besmettingsroutes:

$$E_{50, \text{ingestie}} = (22 \text{ Bq} / 8,5 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/d per Bq}_{\text{inname}}) \times 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/Bq} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ Sv}$$

$$E_{50, \text{inhalatie F}} = (22 \text{ Bq} / 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/d per Bq}_{\text{inname}}) \times 1,1 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/Bq} = 4,9 \cdot 10^{-7} \text{ Sv}$$

$$E_{50, \text{inhalatie M}} = (22 \text{ Bq} / 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/d per Bq}_{\text{inname}}) \times 2,9 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/Bq} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ Sv}$$

De hoogste waarde is dus $1,7 \cdot 10^{-6} \text{ Sv}$

Vraag 4

Omdat niet de gehele huid is besmet moet voor de equivalente dosis voor de huid (vraag 1 en 2) worden gecorrigeerd voor het oppervlak van de besmetting:

$$H_{\text{huid}} = 50 \text{ cm}^2 / 20.000 \text{ cm}^2 \times 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv} = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ Sv}$$

$$H_{\text{huid}} = 50 \text{ cm}^2 / 20.000 \text{ cm}^2 \times 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$$

$$E = 0,01 \times 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ Sv} + 0,01 \times 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ Sv} + 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ Sv} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ Sv}$$

Puntenwaardering:

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

Vraagstuk 3 Bestraling van edelstenen

Vraag 1

$$A = N\phi\sigma(1 - e^{-\lambda t}) = \frac{m}{M} N_A \phi\sigma(1 - e^{-\lambda t})$$

Vraag 2

In Nederland zijn de vrijgavegrenzen gelijk aan de vrijstellingsgrenzen met dien verstande dat de vrijgave op totale activiteit op jaarbasis is.

Vrijstellingsgrenzen uit het Handboek Radionucliden voor ^{182}Ta :

- activiteitsconcentratie C_V : 10^1 Bq/g
- totale activiteit A_V : 10^4 Bq (voor vrijgave geldt deze activiteit in een kalenderjaar)

Als één van de twee grootheden, activiteit of activiteitsconcentratie, onder de daarvoor vastgestelde grenswaarde ligt, kunnen de topazen worden vrijgegeven. Als bij toetsing aan de activiteitsconcentratie C_V de grenswaarde niet wordt overschreden maakt het niet uit hoeveel topazen er zijn, zodat onvoorwaardelijke vrijgave mogelijk is.

(Maar als C_V wel wordt overschreden kan in het betreffende kalenderjaar slechts een beperkt aantal topazen worden vrijgegeven.)

$$C = \frac{A}{m} = \frac{9,7 \cdot 10^3}{12,5} = 7,8 \cdot 10^2 \text{ Bq/g}$$

$$C = C_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{-1}{\lambda} \ln\left(\frac{C_V}{C_0}\right) = \frac{-1}{7,01 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}} \times \ln\left(\frac{1 \cdot 10^1}{7,8 \cdot 10^2}\right) = 6,2 \cdot 10^7 \text{ s} = 719 \text{ d} = 2,0 \text{ j}$$

Vraag 3

De 69 keV-piek heeft de grootste telsnelheid en dus de kleinste relatieve fout

$$A = \frac{R_{\text{topaas}} - R_{\text{BG}}}{\eta y} = \frac{75,2 - 8,1}{2,9 \cdot 10^{-2} \times 0,412} = 5,6 \cdot 10^3 \text{ Bq}$$

$$\sigma_A = \frac{1}{\eta y} \times \sqrt{\frac{R_{\text{topaas}}}{t} + \frac{R_{\text{BG}}}{t}} = \frac{1}{2,9 \cdot 10^{-2} \times 0,412} \times \sqrt{\frac{75,2 + 8,1}{600}} = 83,7 \times 0,373 = 31 \text{ Bq}$$

$$A \pm \sigma_A = 5,6 \cdot 10^3 \pm 31 \text{ Bq}$$

Vraag 4

$$C + 3\sigma_C \leq C_{\text{vrijgave}} = \frac{A}{m} + 3 \frac{\sigma_A}{m} = \frac{5,6 \cdot 10^3 + 3 \times 4 \cdot 10^1}{47 \times 12,5} = 9,7 \text{ Bq/g} \leq 10 \text{ Bq/g}$$

Deze partij kan met een teltijd van 10 minuten dus onvoorwaardelijk worden vrijgegeven.

Puntenwaardering:

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

Vraagstuk 4 Afscherming van een röntgentoestel

Vraag 1

De focus-detectorafstand bedraagt 1,1 m. De afstand tussen het intreevlak op de patiënt en de detector is 0,25 m. De huidintreedosis bedraagt 0,2 mGy per opname.

$$\dot{K}_{\text{int.ree}} = \left(\frac{1,1 - 0,25 \text{ m}}{1,9 \text{ m}} \right)^2 \times 0,2 \text{ mGy} \Rightarrow 0,04 \text{ mGy} \times 100 \text{ week}^{-1} = 4,0 \text{ mGy week}^{-1}$$

In aanwezigheid van de detector en strooi-stralenrooster is de transmissie 2,7%.

$$\dot{K}_{\text{int.ree}} = 4,0 \text{ mGy week}^{-1} \times 2,7 \cdot 10^{-2} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ mGy week}^{-1}$$

Vraag 2

$$\beta = \frac{0,3 \text{ mSv}}{1,1 \cdot 10^{-1} \text{ mSv} \cdot \text{week}^{-1} \times 1 \times 52 \text{ weken}} = 5,2 \cdot 10^{-2}$$

Af lezen in figuur 2: benodigde looddikte: 0,5 mm.

Vraag 3

Verstrooiingsgrafiek bij een verstrooiing op 135° , geeft een verstrooiing van $5,4 \cdot 10^{-2} \%$ op 1 m per 100 cm^2 (figuur 4).

De verstrooiingshoek is 45° , vanaf de patiënt, de verstrooiingsafstand is $\sqrt{2} = 1,41 \text{ m}$.

Per week is het intree-kermatempo op wand A:

$$0,2 \times 100 \text{ mGy week}^{-1} \times 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ op 1 m per } 100 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1,4 \text{ m}} \right)^2 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ mGy week}^{-1} \text{ per}$$

100 cm^2 .

Bestraalde oppervlak is: $30 \times 40 = 1200 \text{ cm}^2$

$$\Rightarrow 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ mGy week}^{-1} \times \frac{1200 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ mGy week}^{-1}$$

De transmissie door wand A:

$$\beta = \frac{0,3 \text{ mSv} \cdot \text{jaar}^{-1}}{6,6 \cdot 10^{-2} \text{ mSv} \cdot \text{week}^{-1} \times 1 \times 52} = 8,74 \cdot 10^{-2} \text{ aflezen in transmissiegrafieken.}$$

Benodigde looddikte: 0,45 mm, dus 0,5 mm lood (kleinste dikte).

Vraag 4a

Figuur 4: de verstrooiing is 180° vanaf de patiënt, verstrooiing is 0,072 % op 1 m per 100 cm².

Afstand vanaf patiënt tot de deur is 3 m - 0,25 m = 2,75 m.

Stralingsbelasting per jaar op de deur:

$$\dot{K}_{\text{intree}} = 100 \times 0,2 \text{ mGy week}^{-1} \times 7,2 \cdot 10^{-4} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{2,75 \text{ m}} \right)^2 \times 52 \text{ weken} \times \frac{1200 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2} = 1,19 \text{ mGy}$$

$$\text{jaar}^{-1} = 1,19 \text{ mSv jaar}^{-1}.$$

Dit is boven 0,3 mSv·jaar⁻¹. Er is dus extra afscherming nodig voor de deuren naar de kleedkamers.

Vraag 4b

Figuur 3: 15 cm beton, betekent een transmissie van $2,5 \times 10^{-4}$.

De verstrooiing van 90°, is 0,017 % op 1 m per 100 cm².

Afstand tot de vloer: 1 m, + 15 cm = 1,15 m.

$$\dot{K}_{\text{intree}} = 100 \times 0,2 \text{ mGy week}^{-1} \cdot 1,7 \times 10^{-4} \cdot 52 \text{ weken} \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{1,15 \text{ m}} \right)^2 \cdot \frac{1200 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2} \cdot 2,5 \times 10^{-4} =$$

$$4,0 \times 10^{-4} \text{ mGy jaar}^{-1} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ mSv jaar}^{-1}.$$

Dit is ver beneden 0,3 mSv jaar⁻¹. De betonnen vloer van 15 cm is dik genoeg

Puntenwaardering:

Vraagstuk 4	
Vraag	Punten
1	3
2	3
3	5
4a	3
4b	3
Totaal	17