

# **Toeziethouder Stralingsbeschermin**

**medische toepassingen**

## **Oefenvragen**

**25 september 2020**



/ rijksuniversiteit  
groningen

/ arbo- en milieudienst

/ garp

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze.

## INHOUD

1	Het atoom en de oorsprong van röntgenstraling .....	3
2	Logaritme .....	4
3	Wisselwerking van ioniserende straling met materie .....	5
4	Afscherming van ioniserende straling .....	7
5	Röntgenbuis .....	8
6	Toepassingen van toestellen .....	11
7	Grootheden en eenheden in de stralingsbescherming .....	12
8	Meten van ioniserende straling .....	14
9	Beeldvorming .....	15
10	Biologische effecten van ioniserende straling .....	18
11	Algemene wet- en regelgeving .....	22
12	Specifieke regelgeving voor toestellen .....	25
13	Specifieke regelgeving voor medische beroepsgroepen / relatie met de wet BIG.....	25
14	Praktische stralingsbescherming bij toestellen .....	26
15	Risico-analyse voor de afdeling radiologie .....	28

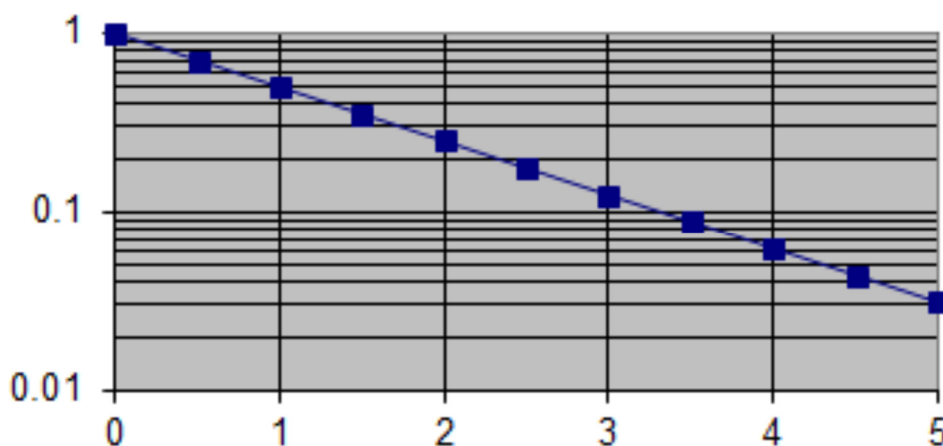


## 1 Het atoom en de oorsprong van röntgenstraling

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Een koperatoom bevat 29 protonen. Uit hoeveel elektronen bestaat de elektronenwolk van het neutrale koperatoom?	29
2	Uit welke deeltjes is de atoomkern opgebouwd?	protonen en neutronen
3	Wat wordt bedoeld met excitatie?	elektron naar hogere energietoestand brengen
4	Wat wordt bedoeld met ionisatie?	elektron verwijderen uit atoom
5	Wat wordt bedoeld met karakteristieke straling?	straling die vrijkomt als een elektron naar een toestand met lagere energie gaat
6	Wat is het verschil tussen fotonen en elektromagnetische straling?	er is geen verschil
7	Wat is de bewegingsenergie van een elektron dat een potentiaalverschil van 1000 V doorlopen heeft ?	$1000 \text{ eV} = 1 \text{ keV}$
8	De bindingsenergie in een molecuul is enkele meV òf eV òf keV?	enkele eV
9	De energie van röntgenstraling is enkele tientallen meV òf eV òf keV?	enkele tientallen keV
10	Röntgenstraling heeft wel òf niet een schadelijke werking op het lichaam?	wel

## 2 Logaritme

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Beschouw de grafiek in Figuur 2.1. Hoe groot is de functiewaarde (vertikale as) als $x = 3$ (horizontale as)?	0,12
2	En als $x = 5$ ?	0,03
3	Als $\log(2) = 0,3$ , hoe groot is dan $\log(4)$ ?	$0,3 + 0,3 = 0,6$ (want $4 = 2 \times 2$ )
4	Wat betekent het voorvoegsel m ?	0,001
5	Wat betekent het voorvoegsel M ?	1000 000
6	Wat betekent het voorvoegsel $\mu$ ?	0,000 001
7	Wat betekent het voorvoegsel k ?	1000
8	Wat betekent het voorvoegsel n ?	0,000 000 001
9	Wat betekent het voorvoegsel G ?	1000 000 000
10	Hoe schrijf je het product $1,0 \times 234,56$ met alleen maar significante cijfers?	$2,3 \times 10^2$



*Figuur 2.1*

### 3 Wisselwerking van ioniserende straling met materie

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Noem enkele voorbeelden van elektromagnetische straling.	<i>radiogolven, radargolven, licht, röntgenstraling, gammastraling</i>
2	Wat wordt er bedoeld met foto-effect?	<i>ionisatie tgv. absorptie van een foton</i>
3	Wat wordt er bedoeld met Compton-effect?	<i>verstrooiing van een foton aan een elektron</i>
4	Wat wordt er bedoeld met verstrooiing van straling?	<i>er worden nieuwe fotonen uitgezonden onder een steeds wisselende hoek met de oorspronkelijke richting van de straling, waarbij bovendien de fotonenergie afneemt</i>
5	Treedt er verstrooiing op bij foto-effect of bij Compton-effect?	<i>bij Compton-effect</i>
6	Als de fotonenergie toeneemt, overheerst dan het foto-effect meer of minder ten opzicht van het Compton-effect?	<i>minder overheersend</i>
7	Overheerst foto-effect meer in weefsel ( $Z=8$ ) òf in lood ( $Z=82$ ) ?	<i>in lood</i>
8	Overheerst Compton-effect meer in weefsel ( $Z=8$ ) òf in lood ( $Z=82$ ) ?	<i>in weefsel</i>
9	Wat is de verhouding tussen verstrooide dosis en intreedosis op 1 m vanaf een bestraald oppervlak van $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ?	<i>ongeveer 0,001</i>
10	Hoe verandert de verstrooide stralingsintensiteit als de afmeting van het bestraalde oppervlak toeneemt van $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ naar $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ ?	<i>de intensiteit van de strooi-straling wordt <math>2 \times 2 = 4</math> keer zo groot</i>
11	Wat wordt er met halveringsdikte $d_{1/2}$ bedoeld?	<i>de materiaaldikte die de stralingsintensiteit halveert</i>

*VRAGEN*

- 12 Hoe groot is de verzwakkingscoëfficiënt  $\mu$  als de halveringsdikte 3 mm is?
- 13 Hoe groot is de transmissie door een afscherming van 5 halveringsdiktes?
- 14 Hoe groot is de transmissie door een afscherming van 10 halveringsdiktes?
- 15 Hoe groot is de transmissie door een afscherming van  $\frac{1}{2}$  halveringsdikte?

*ANTWOORDEN*

$$0,7 / 3 = 0,23 \text{ mm}^{-1} = 2,3 \text{ cm}^{-1}$$

$$1 / 2^5 = 1 / 32 \approx 0,03$$

$$1 / 2^{10} \approx 0,03 \times 0,03 \approx 0,001$$

$$1 / \sqrt{2}$$



## 4 Afscherming van ioniserende straling

### VRAGEN

- 1 De halveringsdikte bedraagt 1 cm. Hoe dik moet de afscherming zijn om het stralingsniveau tot 3% van de oorspronkelijke waarde te reduceren?
- 2 De lineïeke verzwakkingscoëfficiënt bedraagt  $1 \text{ cm}^{-1}$ . Hoe dik moet de afscherming zijn om het stralingsniveau tot 3% van de oorspronkelijke waarde te reduceren?
- 3 De soortelijke massa van lood is ongeveer  $11,3 \text{ g/cm}^3$ . Wat is de massieke dikte van een loodblok met een dikte 5 cm?
- 4 Een betonnen muur heeft een massieke dikte van  $50 \text{ g/cm}^2$ . De soortelijke massa van beton is ongeveer  $2,4 \text{ g/cm}^3$ . Hoe dik is die muur in cm ?
- 5 De wachtkamer bij de tandarts moet worden afgeschermd. Wat is het beste afschermingsmateriaal?

### ANTWOORDEN

$$5 \times 1 = 5 \text{ cm}$$
$$(3\% \approx 1/25)$$

$$5 \times (0,7 / 1) = 3,5 \text{ cm}$$
$$(3\% \approx 1/25 \text{ en } d_{1/2} = 0,7/\mu)$$

$$11,3 \text{ g/cm}^3 \times 5 \text{ cm} = 57 \text{ g/cm}^2$$

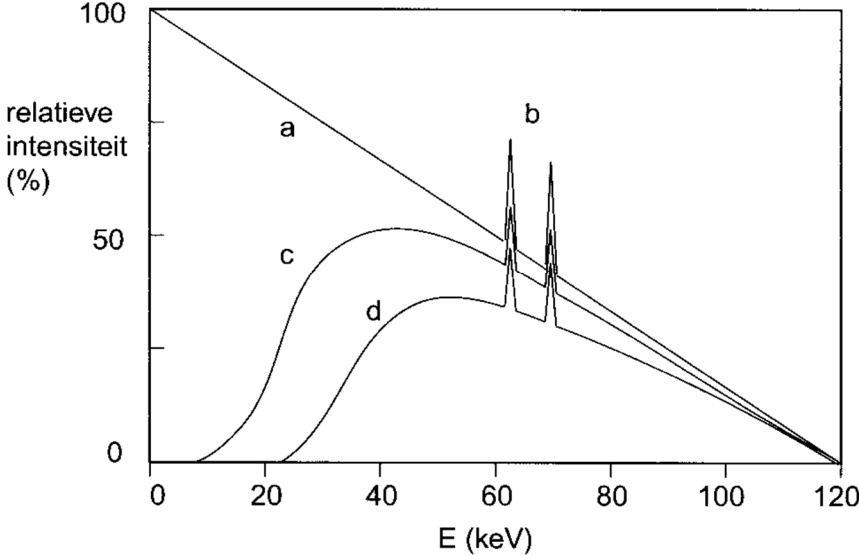
$$50 \text{ g/cm}^2 / 2,4 \text{ g/cm}^3 = 21 \text{ cm}$$

lood

## 5 Röntgenbuis

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	De maximale energie van remstraling hangt wel òf niet af van de buisspanning?	<i>wel</i>
2	De maximale energie van remstraling hangt wel òf niet af van de stroom door de buis?	<i>niet</i>
3	De maximale energie van remstraling hangt wel òf niet af van het anodemateriaal?	<i>niet</i>
4	De energie van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van de buisspanning?	<i>niet</i>
5	De energie van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van de stroom door de buis?	<i>niet</i>
6	De energie van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van het anodemateriaal?	<i>wel</i>
7	De stralingsopbrengst van remstraling hangt wel òf niet af van de buisspanning?	<i>wel</i>
8	De stralingsopbrengst van remstraling hangt wel òf niet af van de stroom door de buis?	<i>wel</i>
9	De stralingsopbrengst van remstraling hangt wel òf niet af van het anodemateriaal?	<i>wel</i>
10	De stralingsopbrengst van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van de buisspanning?	<i>wel</i>
11	De stralingsopbrengst van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van de stroom door de buis?	<i>wel</i>

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
12	De stralingsopbrengst van karakteristieke straling hangt wel òf niet af van het anodemateriaal?	<i>wel</i>
13	Wat is de functie van het filter van een röntg toestel?	<i>verlaging van de huiddosis voor de patiënt</i>
14	Wat is de functie van de tubus van een röntg toestel?	<i>begrenzing van de bundelomvang en huid-focusafstand</i>
15	Wat is de functie van het lichtvizier van een röntg toestel?	<i>controle van bundelomvang en bundelpositie</i>
16	In tegenstelling tot curve (a) vertonen de curves (c) en (d) in Figuur 5.1 geen intensiteit bij lage energie. Waardoor wordt dit veroorzaakt?	<i>filter</i>
17	Wat is de homogeniteit van de röntgenbundel?	<i>maat voor de breedte van de energieverdeling van röntgenstraling</i>
18	Wat is de hardheid van de röntgenbundel?	<i>maat voor de gemiddelde energie van röntgenstraling</i>
19	Wat wordt er bedoeld met mAs-waarde?	<i>product van de stroom door de buis (in mA) en de belichtingstijd (in s)</i>
20	De stralingsopbrengst van een röntgenbuis is het grootst bij 1 mA gedurende 5 s òf 2 mA gedurende 4 s òf 3 mA gedurende 3 s òf 2 mA gedurende 4 s ?	<i>3 mA gedurende 3 s (mAs-waarde = <math>3 \times 3 = 9</math> mAs)</i>



*Figuur 5.1*

<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
21 Wat wordt er bedoeld met huiddosis?	<i>dosis op het punt waar de röntgenbundel de huid raakt</i>
22 Wat wordt er bedoeld met intreedosis?	<i>dosis op het punt waar de röntgenbundel het bestraalde lichaam of voorwerp raakt</i>
23 Wat wordt er bedoeld met uittreedosis?	<i>dosis op het punt waar de röntgenbundel het bestraalde lichaam of voorwerp verlaat</i>
24 Wat wordt er bedoeld met DOP-waarde?	<i>product van intreedosis en de grootte van het bestraalde oppervlak</i>
25 De intreedosis is 5 mGy en de afmeting van de bundelvlak is 20 cm × 20 cm. Hoe groot is de DOP-waarde?	$DOP = 5 \times 20 \times 20$ $= 2000 \text{ mGy cm}^2 = 2 \text{ Gy cm}^2$
26 Wat wordt er bedoeld met DLP-waarde?	<i>product van intreedosis en de lengte van het bestraalde lichaamsgedeelte</i>
27 De intreedosis is 30 mGy en de lengte van het bestraalde lichaamsgedeelte is 30 cm. Hoe groot is de DLP-waarde?	$DLP = 30 \times 30$ $= 900 \text{ mGy cm} = 0,9 \text{ Gy cm}$
28 Wordt de DOP-waarde gebruikt bij een conventionele röntgenopname of bij een CT-scan?	<i>conventionele röntgenopname</i>
29 Wordt de DLP-waarde gebruikt bij een conventionele röntgenopname of bij een CT-scan?	<i>CT-scan</i>
30 Wat kun je zeggen van de strooistraling als de DOP-waarde respectievelijk de DLP-waarde verdubbelt?	<i>de strooistraling verdubbelt</i>

## 6 Toepassingen van toestellen

## 7 Grootheden en eenheden in de stralingsbescherming

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Hoe heet de eenheid van exposie? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>röntgen</i> <i>R</i>
2	Hoe heet de eenheid van geabsorbeerde dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>gray</i> <i>Gy</i>
3	Hoe heet de eenheid van equivalente dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>sievert</i> <i>Sv</i>
4	Hoe heet de eenheid van effectieve dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>sievert</i> <i>Sv</i>
5	Welke grootheid wordt uitgedrukt in röntgen? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>exposie</i> <i>X</i>
6	Welke grootheid wordt uitgedrukt in gray? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>geabsorbeerde dosis</i> <i>D</i>
7	Welke grootheid wordt uitgedrukt in sievert? Wat is het bijbehorende symbool?	<i>equivalente dosis en effectieve dosis</i> <i>H respectievelijk E</i>
8	De stralingsweegfactor $w_R$ voor röntgenstraling bedraagt 1 òf 5 òf 20 òf 100 ?	<i>1</i>
9	De stralingsweegfactor $w_R$ voor $\gamma$ -straling bedraagt 1 òf 5 òf 20 òf 100 ?	<i>1</i>
10	Het overlijdensrisico wordt bepaald door de geabsorbeerde dosis òf de equivalente dosis òf de effectieve dosis?	<i>effectieve dosis</i>
11	Er wordt 3 joule gedeponereerd in een orgaan met een massa van 30 gram. Hoe groot is de geabsorbeerde dosis?	<i>3 joule / 0,03 kg = 100 Gy</i>

**VRAGEN**

- 12 Wat is de equivalente dosis, als de geabsorbeerde dosis 1 mGy bedraagt en de stralingsweegfactor  $w_R = 1$  is?
- 13 De orgaanweegfactor voor de schildklier is  $w_{\text{schildklier}} = 0,04$  en de equivalente dosis op de schildklier is  $H_{\text{schildklier}} = 5$  Sv. Hoe groot is de effectieve dosis?
- 14 Zou je 1 Sv een grote of een kleine effectieve dosis noemen?
- 15 Zou je  $0,1 \mu\text{Sv}/\text{uur}$  een hoog of een laag equivalent dosistempo noemen?

**ANTWOORDEN**

- $H = 1 \times 1 = 1 \text{ mSv}$
- $E = 0,04 \times 5 = 0,2 \text{ Sv}$
- zeer grote dosis  
(50 keer de jaarlímiet)*
- laag equivalent dosistempo  
(achtergrond is  $1,6 \text{ mSv}/\text{j} = 1600 \mu\text{Sv} / (365 \times 24)$   
 $= 0,2 \mu\text{Sv}/\text{uur}$ )*

**Ordes van grootte van de stralingsdosis****VRAGEN**

- 1 De gemiddelde effectieve jaardosis ten gevolge van natuurlijke straling in Nederland bedraagt ongeveer  $2 \mu\text{Sv}$  òf  $2 \text{ mSv}$  òf  $20 \text{ mSv}$  ?
- 2 De gemiddelde effectieve jaardosis ten gevolge van medische diagnostiek in Nederland is ongeveer  $1 \mu\text{Sv}$  òf  $1 \text{ mSv}$  òf  $10 \text{ Sv}$  ?
- 3 Een lethale dosis is  $0,01 \text{ Gy}$  òf  $1 \text{ Gy}$  òf  $100 \text{ Gy}$  ?
- 4 Wat levert de grootste bijdrage tot de natuurlijke straling in Nederland?
- 5 Wat levert de grootste bijdrage tot de kunstmatige straling in Nederland?

**ANTWOORDEN**

- $2 \text{ mSv}$
- $1 \text{ mSv}$
- $100 \text{ Gy}$
- radon*
- medische diagnostiek*

## 8 Meten van ioniserende straling

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	De werking van de ionisatiedetector hangt wel òf niet af van het telgas?	<i>niet</i>
2	De werking van de ionisatiedetector hangt wel òf niet af van de gasdruk?	<i>niet</i>
3	De werking van de ionisatiedetector hangt wel òf niet af van de afmeting van de detector?	<i>niet</i>
4	De werking van de ionisatiedetector hangt wel òf niet af van de anodespanning?	<i>wel</i>
5	Een Geiger-Müller-telbuis is wel òf niet bruikbaar als dosismeter?	<i>wel</i>
6	Een scintillatiedetector is wel òf niet bruikbaar als dosismeter?	<i>wel</i>
7	Welke detector is (relatief) goedkoop: een GM-telbuis òf een scintillatiedetector?	<i>GM-telbuis</i>
8	Welke eenheid staat op de schaalverdeling van een dosismeter?	<i>gray</i> <i>(òf röntgen òf sievert)</i>
9	Welke eenheid staat op de schaalverdeling van een dosistempometer?	<i>bijvoorbeeld gray per uur</i>
10	Is de thermoluminescentiedetector (TLD) een ionisatiedetector òf een scintillatiedetector?	<i>scintillatiedetector</i> <i>(scintilleert na verwarming)</i>



## 9 Beeldvorming

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Is een onderbelichte röntgenfoto te helder òf te donker?	<i>te helder</i>
2	Is een overbelichte röntgenfoto te helder òf te donker?	<i>te donker</i>
3	Is het contrast van een egaal grijze röntgenfoto te klein òf te groot?	<i>te klein</i>
4	Is het contrast van een foto met alleen grijswaarden wit en zwart te klein òf te groot?	<i>te groot</i>
5	Is een klein òf een groot contrast beter?	<i>het contrast moet optimaal zijn om de vraagstelling te kunnen beantwoorden</i>
6	Het contrast van een longfoto wordt vooral veroorzaakt door het Compton-effect òf het foto-effect òf beide effecten?	<i>foto-effect</i>
7	Het contrast van een röntgenfoto ontstaat doordat de kans op Compton-effect voor botweefsel groter òf kleiner is dan voor zacht weefsel?	<i>de kans is voor beide weefsels (ongeveer) gelijk</i>
8	Het contrast van een röntgenfoto ontstaat doordat de kans op foto-effect voor botweefsel groter òf kleiner is dan voor zacht weefsel?	<i>groter</i>
9	Longweefsel geeft een grotere òf een kleinere grijswaarde dan botweefsel?	<i>grotere</i>
10	Tandbeen geeft een grotere òf een kleinere grijswaarde dan tandpulpa?	<i>grotere</i>
11	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als de buisspanning wordt verhoogd?	<i>groter want de buisopbrengst neemt toe</i>

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
12	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als de buisspanning wordt verlaagd?	<i>kleiner want de buisopbrengst neemt af</i>
13	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als de mAs-waarde wordt verhoogd?	<i>groter want de buisopbrengst neemt toe</i>
14	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als de mAs-waarde wordt verlaagd?	<i>kleiner want de buisopbrengst neemt af</i>
15	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als het filter dikker wordt?	<i>kleiner want de buisopbrengst neemt af</i>
16	De grijswaarde wordt groter òf kleiner als het filter dunner wordt?	<i>groter want de buisopbrengst neemt toe</i>
17	Het contrast wordt groter òf kleiner als de buisspanning hoger wordt?	<i>kleiner</i>
18	Het contrast wordt groter òf kleiner als de buisspanning lager wordt?	<i>groter</i>
19	Het contrast wordt groter òf kleiner als de mAs-waarde groter wordt?	<i>blijft gelijk</i>
20	Het contrast wordt groter òf kleiner als de mAs-waarde kleiner wordt?	<i>blijft gelijk</i>
21	Het contrast wordt groter òf kleiner als het filter dikker wordt?	<i>kleiner</i>
22	Het contrast wordt groter òf kleiner als het filter dunner wordt?	<i>groter</i>
23	Een charged coupled device (CCD) is een direct òf een indirect afbeeldingssysteem?	<i>direct systeem</i>
24	Een photo-stimulable phosphor (PSP) is een direct òf een indirect afbeeldingssysteem?	<i>direct systeem</i>
25	De combinatie van een NaI(Tl)-detector en een fotoversterkerbuis is een direct òf een indirect afbeeldingssysteem?	<i>indirect systeem</i>

<i>VRAGEN</i>		<i>ANTWOORDEN</i>
26	Een gericht Bucky-stroostralenoosters bevindt zich op een vaste of een variable afstand van de focus?	<i>vaste afstand</i>
27	Een ongericht Bucky-stroostralenoosters bevindt zich op een vaste of een variable afstand van de focus?	<i>variabele afstand</i>
28	Het Bucky-stroostralenooster houdt de straling tegen die in de patiënt of buiten de patiënt is verstrooid?	<i>in de patiënt</i>
29	Het Bucky-stroostralenooster leidt tot de grootste kwaliteitsverbetering bij een kind of bij een volwassene?	<i>volwassene</i>
30	Het Bucky-stroostralenooster bevindt zich tussen patiënt en röntgentoestel of tussen patiënt en beeldopnemer?	<i>tussen patiënt en beeldopnemer</i>

## 10 Biologische effecten van ioniserende straling

<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1 Ioniserende straling veroorzaakt vooral schade door directe breuk van moleculen in de cel òf door ionisatie van watermoleculen?	<i>ionisatie van watermoleculen</i>
2 Welke cellen zijn in het algemeen het meest stralingsgevoelig?	<i>cellen die snel delen</i>
3 Welke cellen zijn in het algemeen het minst stralingsgevoelig?	<i>cellen die niet meer delen</i>
4 Het meest stralingsgevoelige weefsel is beenmerg òf botweefsel òf rode bloedlichaampjes òf hersenweefsel?	<i>beenmerg</i>
5 Is er bij kansgebonden effecten sprake van een drempeldosis?	<i>nee</i>
6 Hangt de ernst van kansgebonden effecten af van de dosis?	<i>nee</i>
7 Hoe groot is het overlijdensrisico ten gevolge van een kansgebonden effect na blootstelling aan ioniserende straling?	<i>5% per sievert</i>
8 Wat bedoelt men met: Het risicogetal voor straling bedraagt 0,05 per sievert?	<i>bij blootstelling van 1 miljoen mensen aan 1 Sv zullen er ongeveer <math>0,05 \times 1\,000\,000 = 50\,000</math> mensen overlijden</i>
9 Is er bij schadelijke weefselreacties sprake van een drempeldosis?	<i>ja</i>
10 Hangt de ernst van schadelijke weefselreacties af van de dosis?	<i>ja</i>
11 Leukemie is een kansgebonden effect òf een schadelijke weefselreactie?	<i>kansgebonden effect</i>
12 Staar is een kansgebonden effect òf een schadelijke weefselreactie?	<i>schadelijke weefselreactie</i>

<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
13 Na bestraling van het gehele lichaam met een dosis van 1 Gy loopt de mens een grote kans om te overlijden aan het beenmergsyndroom òf het darmsyndroom òf het hersensyndroom?	<i>beenmergsyndroom</i>
14 Na bestraling van het gehele lichaam met een dosis van 10 Gy loopt de mens een grote kans om te overlijden aan het beenmergsyndroom òf het darmsyndroom òf het hersensyndroom?	<i>darmsyndroom of, bij genezing daarvan, beenmergsyndroom</i>
15 Na bestraling van het gehele lichaam met een dosis van meer dan 50 Gy overlijdt de mens aan het beenmergsyndroom òf het darmsyndroom òf het hersensyndroom?	<i>hersensyndroom</i>
16 Wat gebeurt er als de ongeboren vrucht gedurende de eerste week van de zwangerschap bestraald wordt?	<i>òf er gebeurt niets òf de vrucht sterft af</i>
17 Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht gedurende de eerste week van de zwangerschap bestraald wordt?	<i>nee</i>
18 Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht in de tweede maand van de zwangerschap bestraald wordt?	<i>ja, want dan worden de organen gevormd</i>
19 Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht gedurende de tweede helft van de zwangerschap bestraald wordt?	<i>nee, want dan is de organogenese voltooid</i>
20 Wat kan er gebeuren als de ongeboren vrucht gedurende de tweede helft van de zwangerschap bestraald wordt?	<i>groeiachterstand en/of daling van IQ</i>
21 Regelmatige blootstelling aan de wettelijke limiet van 20 mSv per jaar brengt een relatief hoog of een relatief laag beroepsrisico met zich mee?	<i>relatief (zeer) hoog beroepsrisico</i>

*VRAGEN*

- 22 Het risicogetal voor straling bedraagt 0,05 per Sv. De natuurlijke stralingsbelasting bedraagt 2 mSv per jaar. De Nederlandse bevolking telt 17 miljoen mensen. Hoeveel mensen zullen er per jaar omkomen als gevolg van straling?
- 23 Het gezondheidsrisico van een effectieve dosis van 10  $\mu$ Sv komt overeen met het risico van het roken van 1 òf 100 òf 10 000 sigaretten?
- 24 Een beetje roker zal zo'n 5000 sigaretten per jaar roken. Deze roker loopt hierdoor een overlijdensrisico dat vergelijkbaar is met het stralingsrisico van 0,5 mSv òf 5 mSv òf 50 mSv òf 500 mSv?
- 25 Wat is er mis met het verhaal in Figuur 10.1 en waarom?

*ANTWOORDEN*

$0,05 \times 0,002 \times 17\,000\,000 = 1700$   
(per jaar sterven 44 000 mensen aan kanker)

1 sigaret

$5000 \times 10 \mu\text{Sv} = 50\,000 \mu\text{Sv}$   
 $= 50 \text{ mSv}$   
(jaarlimiet bevolking = 1 mSv)

*het jongetje is minstens 4 jaar oud en was ten tijde van het ongeval in Tsjernobyl al geboren; de misvormingen moeten dus een andere oorzaak hebben*

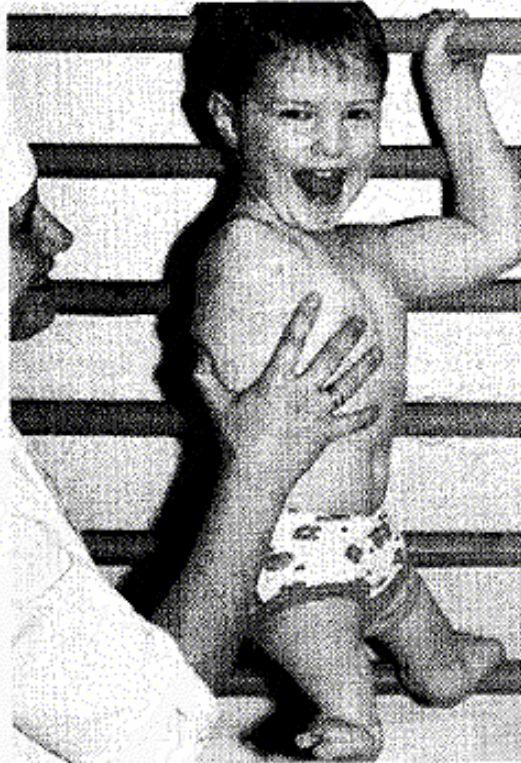
## Wit-Rusland blijft lang radioactief besmet

**W**it-Rusland heeft nog steeds te maken met een ernstige besmetting door het ongeluk met de kerncentrale in Tsjernobyl in 1986. En de gevolgen zullen de komende twintig jaar nauwelijks minder worden. Dat blijkt uit gegevens van Alexi Okeanog, directeur van het instituut voor medische technologie in Minsk. Hij presenteerde cijfers en kaarten over de besmetting door de gevaarlijk radioactieve

stof cesium op de conferentie van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) in Genève.

Uit de gegevens blijkt dat de radioactieve besmetting tot 2016 nauwelijks zal afnemen. Drieëntwintig procent van Wit-Rusland zal in de visie van Okeanog een ecologisch rampgebied blijven.

Volgens Ivan Kenik, de Tsjernobyl-minister van Wit-Rusland, geeft dit land



■ Een slachtoffer van Tsjernobyl een jaar na de kernramp. © GPD

veertien procent van zijn begroting uit aan de bestrijding van de gevolgen van de Tsjernobyl-ramp. Daarbij gaat het om de bouw van nieuwe woningen, om gezondheidszorg voor duizenden mensen en om de aankoop van onbesmet voedsel. Kenik schat de kosten over de periode 1986 tot 2015 op 86 miljard dollar, zo'n 140 miljard gulden.

HERMAN DAMVELD



*Figuur 10.1*

## 11 Algemene wet- en regelgeving

### VRAGEN

- 1 Bij de uitvoering van radiologische werkzaamheden dient men rekening te houden met de KEW òf de ARBO-wet òf alle twee?
- 2 Het Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming is een aanbeveling van de ICRP òf een uitvoeringsbesluit van de KEW òf een uitvoeringsbesluit van de ARBO-wet òf geen van deze drie?
- 3 De ICRP is een onafhankelijke commissie van deskundigen òf een adviesorgaan van de Nederlandse overheid òf een adviesorgaan van de Europese Gemeenschap?
- 4 Bij de uitvoering van radiologische werkzaamheden moet men rekening houden met de wettelijke dosislimieten òf het ALARA-principe òf het rechtvaardigingsbeginsel òf al deze uitgangspunten?
- 5 Wat wordt er bedoeld met ALARA ?
- 6 De wettelijke limiet voor de effectieve jaardosis van een burger bedraagt 1  $\mu\text{Sv}$  òf 10  $\mu\text{Sv}$  òf 1 mSv òf 10 mSv ?
- 7 De wettelijke limiet voor de effectieve jaardosis van een niet-blootgestelde werknemer bedraagt 1  $\mu\text{Sv}$  òf 10  $\mu\text{Sv}$  òf 1 mSv òf 10 mSv ?
- 8 Een blootgestelde werknemer in categorie A mag beroepshalve nooit een effectieve jaardosis ontvangen die hoger is dan 1 mSv òf 2 mSv òf 6 mSv òf 20 mSv ?

### ANTWOORDEN

- met alle twee*
- uitvoeringsbesluit van de KEW*
- onafhankelijke commissie van deskundigen*
- met al deze uitgangspunten*
- streef naar zo laag mogelijke dosis (als redelijkerwijs mogelijk is)*
- 1 mSv*
- 1 mSv*
- 20 mSv*



<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
9 Een blootgestelde werknemer in categorie B mag beroepshalve maximaal een effectieve jaardosis ontvangen van 1 mSv òf 2 mSv òf 6 Sv òf 20 mSv ?	6 mSv
10 Voor de ooglenzen van een blootgestelde A-werknemer geldt een wettelijke jaarlimiet van 2 mSv òf 20 mSv òf 150 mSv òf 500 mSv ?	20 mSv
11 Voor handen, voeten en huid van een blootgestelde A-werknemer geldt een wettelijke jaarlimiet van 2 mSv òf 20 mSv òf 150 mSv òf 500 mSv ?	500 mSv
12 Wat is de dosislimiet voor het ongeboren kind?	1 mSv (vanaf het moment dat de zwangerschap is gemeld bij de werkgever)
13 Een ruimte waarin de te ontvangen effectieve jaardosis hoger kan zijn dan 6 mSv moet worden aangemerkt als gecontroleerde zone òf bewaakte zone?	gecontroleerde zone
14 Welke effectieve jaardosis kan men maximaal in een bewaakte zone oplopen?	6 mSv
15 Mag een niet-blootgestelde werknemer binnen een bewaakte zone werken?	ja, mits hij niet meer dan 1 mSv per jaar kan oplopen
16 De toezichthouder stralingsbescherming moet erop toezien dat de effectieve jaardosis op de openbare weg niet hoger is dan een zekere grenswaarde. Wat is die grenswaarde in geval van een vergunningplichtige toepassing?	0,1 mSv = 100 $\mu$ Sv
17 De toezichthouder stralingsbescherming moet erop toezien dat de effectieve jaardosis op de openbare weg niet hoger is dan een zekere grenswaarde. Wat is die grenswaarde in geval van een registratieplichtig toestel?	0,01 mSv = 10 $\mu$ Sv

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
18	Van hoeveel werkuren per dag gaat men uit in de stralingsbescherming?	8
19	Van hoeveel werkuren per week gaat men uit in de stralingsbescherming?	40
20	Van hoeveel werkuren per jaar gaat men uit in de stralingsbescherming?	2000

## 12 Specifieke regelgeving voor toestellen

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Een intra-oraal toestel dat <u>binnen</u> de tandartspraktijk wordt gebruikt is wel òf niet vergunningplichtig?	<i>niet</i>
2	Een <i>cone-beam</i> CT-toestel is wel òf niet vergunningplichtig?	<i>wel</i>
3	Een toestel dat op <u>wisselende</u> locaties wordt gebruikt is wel òf niet vergunningplichtig?	<i>wel</i>
4	Hoe vaak moet een röntgentoestel worden gecontroleerd op goede werking?	<i>tenminste eens per jaar</i>
5	Moet er een gediplomeerd toezichthouder stralingsbescherming worden aangewezen voor een registratieplichtig röntgentoestel?	<i>ja</i>
6	Waarom moet een toestel voor medische diagnostiek uitgerust zijn met een filter?	<i>om laagenergetische fotonen uit de bundel te verwijderen</i>
7	Waarom moet een toestel voor medische diagnostiek uitgerust zijn met een tubus?	<i>om bundelomvang en huid-focusafstand te begrenzen</i>
8	Waarom moet een toestel voor medische diagnostiek uitgerust zijn met een lichtvizier (diafragma)?	<i>om omvang en positie van de bundel te controleren</i>
9	Er moet wel òf niet een schriftelijk protocol zijn voor elke medische toepassing van röntgenstraling?	<i>wel</i>
10	Moet bij een radiologische toepassing van röntgenstraling altijd gevraagd worden naar een mogelijke zwangerschap van een vrouwelijke patiënt?	<i>nee, alleen als dit relevant is</i>

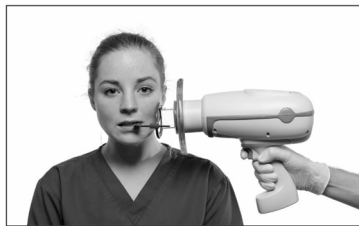
## 13 Specifieke regelgeving voor medische beroepsgroepen / relatie met de wet BIG

## 14 Praktische stralingsbescherming bij toestellen

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Het is wel òf niet de taak van de toezichthouder om nieuwe werknemer in te wijden in huisregels en protocollen?	<i>wel</i>
2	Het is wel òf niet de taak van de toezichthouder om toe te zien op het juiste gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen?	<i>wel</i>
3	Wie beheert het kernenergiewetdossier?	<i>toezichthouder</i>
4	Mag de toezichthouder stralingsbescherming het kernenergiewetdossier door het secretariaat laten beheren?	<i>nee</i>
5	Mag de toezichthouder wel òf niet een risico-analyse uitvoeren?	<i>wel</i>
6	Mag de toezichthouder wel òf niet een risico-analyse toetsen en goedkeuren?	<i>niet</i>
7	Wat is een inherent veilig toestel?	<i>toestel waarbij het equivalente dosistempo op 10 cm vanaf een bereikbaar deel van de buitenkant niet hoger dan 1 <math>\mu\text{Sv/h}</math> is</i>
8	De brongerichte strategie schrijft voor dat persoonlijke beschermingsmiddelen worden gebruikt, de buisopbrengst wordt verlaagd en de afstand wordt vergroot. Wat is de eerste maatregel die men moet nemen?	<i>buisopbrengst verlagen</i>
9	De brongerichte strategie schrijft voor dat persoonlijke beschermingsmiddelen worden gebruikt, de buisopbrengst wordt verkleind en de afstand wordt vergroot. Wat is de laatste maatregel die men moet nemen?	<i>persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken</i>
10	De afstand tot de focus wordt verdubbeld. Wat gebeurt er met de intreedosis.	<i>intreedosis vier keer lager (kwadratenwet)</i>

*VRAGEN*

- 11 Voor een medische verrichting is het gangbaar om gebruik te maken van een diagnostisch referentieniveau (DRN). Waarvoor is de DRN bedoeld?
- 12 Waarom wordt de röntgenbundel gediafragmeerd bij het maken van een röntgenopname?
- 13 Hoe kan men bij radiodiagnostisch onderzoek invulling geven aan ALARA?
- 14 Welk relatief stralingsgevoelig orgaan wordt soms NIET afgeschermd bij het dragen van een alzijdig loodschort?



*draagbaar röntgentoestel*

- 15 Er zijn vaste en draagbare diagnostische röntgentoestellen? Welk van deze toestellen geeft in het algemeen een hogere dosis voor de gebruiker, òf maakt het niet uit?

*ANTWOORDEN*

*middel om ALARA toe te passen*

*beperken van directe straling voor patiënt en stroostraling voor omstanders*

*diafragmeren, filteren en mAs-waarde beperken*

*schildklier*

*draagbare toestellen geven hogere dosis (gebruiker kan niet voldoende afstand nemen)*

**15 Risico-analyse voor de afdeling radiologie**

	<i>VRAGEN</i>	<i>ANTWOORDEN</i>
1	Een mobiel röntgentoestel wordt dichterbij de patiënt gezet. Neemt de intreedosis hierdoor toe òf af?	<i>neemt toe</i>
2	Een mobiel röntgentoestel wordt dichterbij de patiënt gezet. Neemt de hoeveelheid stroostraling hierdoor toe òf af?	<i>neemt toe</i>
3	De instelling van het lichtvizier wordt veranderd van 30 cm × 30 cm naar 25 cm × 25 cm. Neemt de intreedosis hierdoor toe of af?	<i>blijft gelijk</i>
4	De instelling van het lichtvizier wordt veranderd van 30 cm × 30 cm naar 25 cm × 25 cm. Neemt de hoeveelheid stroostraling hierdoor toe òf af?	<i>neemt af</i>
5	Om de dosis te beperken kan men twee keer zo snel werken òf de werkafstand verdubbelen. Wat is de beste keuze?	<i>werkafstand verdubbelen (kwadratenwet)</i>
6	Om de dosis te beperken kan men vier keer zo snel werken òf de werkafstand verdubbelen. Wat is de beste keuze?	<i>werkafstand verdubbelen (haastige spoed is zelden goed)</i>
7	Wordt de dosis lager als er sneller gewerkt wordt?	<i>ja</i>
8	Wordt het dosistempo lager als er sneller gewerkt wordt?	<i>nee</i>
9	Wordt de dosis lager als de werkafstand groter wordt?	<i>ja</i>
10	Wordt het dosistempo lager als de werkafstand groter wordt?	<i>ja</i>