STRALINGSHYGIËNE OEFENINGEN

voor toezichthoudend medewerkers stralingsbescherming

medische toepassingen

Frits Pleiter
Hielke Freerk Boersma
Age Froma

editie 2025

Deze verzameling oefeningen is bedoeld om de cursist in de gelegenheid te stellen zijn eigen vaardigheden te toetsen. De opgaven zijn eenvoudig van aard en omvatten de stof die de cursist geacht wordt 'in de vingers te hebben' tijdens het examen.

De hoofdstuknummers in dit boek met oefeningen verwijzen naar de hoofdstukken uit het boek 'STRALINGSHYGIËNE voor toezichthoudend medewerkers stralingsbescherming - medische toepassingen' van Frits Pleiter, Hielke Freerk Boersma en Age Froma (GARP, Groningen, 2024).

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	5
2	Logaritme	6
3	Wisselwerking van ioniserende straling met materie	7
4	Afscherming van ioniserende straling	9
5	Röntgenbuis	10
6	Toepassingen van toestellen	13
7	Grootheden en eenheden in de stralingsbescherming	14
8	Meten van ioniserende straling	16
9	Beeldvorming	17
10	Biologische effecten van ioniserende straling	20
11	Algemene wet- en regelgeving	24
12	Specifieke regelgeving voor toestellen	27
13	Specifieke regelgeving voor medische beroepsgroepen / relatie met de wet BIG	27
14	Praktische stralingsbescherming bij toestellen	28
15	Risicoanalyse voor de afdeling radiologie	30

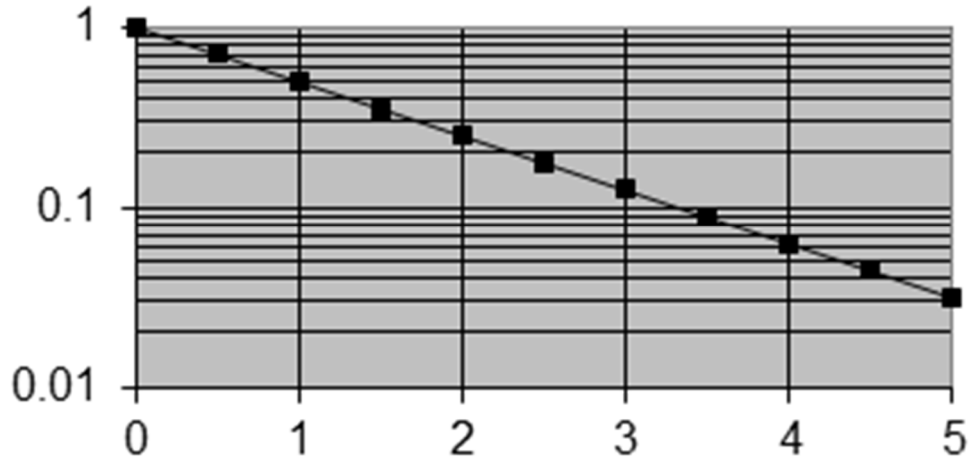
4 STRALINGSHYGIËNE

1 Het atoom en de oorsprong van röntgenstraling

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
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, dus een elektronenschil dichter bij de kern van het atoom gelegen*
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 eV = 1 keV*
8	Is de bindingsenergie in een molecuul enkele meV óf eV óf keV ?	*enkele eV*
9	Is de energie van röntgenstraling enkele tientallen meV óf eV óf keV ?	*enkele tientallen keV*
10	Heeft röntgenstraling wel of niet een schadelijke werking op het lichaam?	*wel*

2 Logaritme

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
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 log(4) = log(2 × 2)* *= log(2) + log(2)*
4	Wat betekent het voorvoegsel m ?	*0,001*
5	Wat betekent het voorvoegsel M ?	*1000 000*
6	Wat betekent het voorvoegsel μ ?	*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 × 234,56 met alleen maar significante cijfers?	*$2{,}3\times10^{2}$*



Figuur 2.1

3 Wisselwerking van ioniserende straling met materie

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Noem enkele voorbeelden van elektromagnetische straling.	*radiogolven, radargolven, licht, röntgenstraling, gamma-straling*
2	Wat wordt er bedoeld met foto-effect?	*ionisatie t.g.v. absorptie van een foton*
3	Wat wordt er bedoeld met Compton-effect?	*verstrooiing van een foton aan een elektron*
4	Wat wordt er bedoeld met verstrooiing van straling?	*er worden nieuwe fotonen uitgezonden onder een steeds wisselende hoek met de oorspronkelijke richting van de straling, waarbij bovendien de fotonenergie afneemt*
5	Treedt er verstrooiing op bij foto-effect of bij Compton-effect?	*bij Compton-effect*
6	Als de fotonenergie toeneemt, overheerst dan het foto-effect meer of minder ten opzicht van het Compton-effect?	*minder overheersend*
7	Overheerst foto-effect meer in weefsel (Z=8) óf in lood (Z=82)?	*in lood*
8	Overheerst Compton-effect meer in weefsel (Z=8) óf in lood (Z=82)?	*in weefsel*
9	Wat is de verhouding tussen verstrooide dosis en intreedosis op 1 m vanaf een bestraald oppervlak van 10 cm × 10 cm ?	*ongeveer 0,001*
10	Hoe verandert de verstrooide stralings-intensiteit als de afmeting van het bestraalde oppervlak toeneemt van 10 cm × 10 cm naar 20 cm × 20 cm ?	*de intensiteit van de strooi-straling wordt 2 × 2 = 4 keer zo groot, want de verstrooiing neemt lineair toe met de grootte van het oppervlak*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
11	Wat wordt er met halveringsdikte $d_{½}$ bedoeld?	*de materiaaldikte die de stralingsintensiteit halveert*
12	Hoe groot is de verzwakkingscoëfficiënt μ als de halveringsdikte 3 mm is?	$\mu = ln(2) / d_{½} \approx 0{,}7 / 3\ mm = 0{,}23\ mm^{-1} = 2{,}3\ cm^{-1}$
13	Hoe groot is de transmissie door een afscherming van 5 halveringsdiktes?	$(½)^5 = 1 / 32 \approx 0{,}03$
14	Hoe groot is de transmissie door een afscherming van 10 halveringsdiktes?	$(½)^{10} = (½)^5 \times (½)^5 \approx 0{,}03 \times 0{,}03 \approx 0{,}001$
15	Hoe groot is de transmissie door een afscherming van ½ halveringsdikte?	$(½)^{½} = 1 / \sqrt{2} \approx 0{,}7$

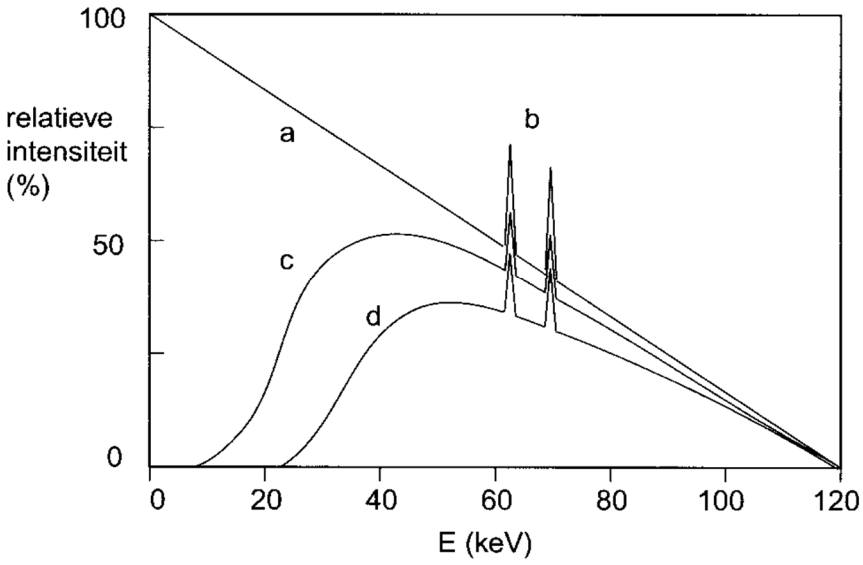
4 Afscherming van ioniserende straling

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	De halveringsdikte (HVD) bedraagt 1 cm. Hoe dik moet de afscherming zijn om het stralingsniveau tot 3% van de oorspronkelijke waarde te reduceren?	*5 HVD × 1 cm/HVD = 5 cm* *transmissie = $(½)^{d/HVD}$* *3% = 0,03 ≈ $(½)^5$*
2	De lineïeke verzwakkingscoëfficiënt bedraagt 1 cm^{-1}. Hoe dik moet de afscherming zijn om het stralingsniveau tot 3% van de oorspronkelijke waarde te reduceren?	*$5 \times ln(2) / \mu \approx 5 \times (0,7 / 1\ cm^{-1})$* *= 3,5 cm* *$d_{½} = ln(2) / \mu$* *3% = 0,03 ≈ $(½)^5$*
3	De soortelijke massa van lood is ongeveer 11,3 g/cm^3. Wat is de massieke dikte van een loodblok met een dikte 5 cm?	*$(11,3\ g/cm^3) \times 5\ cm = 57\ g/cm^2$*
4	Een betonnen muur heeft een massieke dikte van 50 g/cm^2. De soortelijke massa van beton is ongeveer 2,4 g/cm^3. Hoe dik is die muur in cm ?	*$(50\ g/cm^2) / (2,4\ g/cm^3)$* *= 21 cm*
5	De wachtkamer bij de tandarts moet worden afgeschermd. Wat is het beste afschermingsmateriaal?	*lood*

5 Röntgenbuis

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Hangt de maximale energie van remstraling wel of niet af van de buisspanning?	*wel*
2	Hangt de maximale energie van remstraling wel of niet af van de buisstroom?	*niet*
3	Hangt de maximale energie van remstraling wel of niet af van het anodemateriaal?	*niet*
4	Hangt de energie van karakteristieke straling wel of niet af van de buisspanning?	*niet*
5	Hangt de energie van karakteristieke straling wel of niet af van de buisstroom?	*niet*
6	Hangt de energie van karakteristieke straling wel of niet af van het anodemateriaal?	*wel*
7	Hangt de stralingsopbrengst van remstraling wel of niet af van de buisspanning?	*wel*
8	Hangt de stralingsopbrengst van remstraling wel of niet af van de buisstroom?	*wel*
9	Hangt de stralingsopbrengst van remstraling wel of niet af van het anodemateriaal?	*wel*
10	Hangt de stralingsopbrengst van karakteristieke straling wel of niet af van de buisspanning?	*wel*
11	Hangt de stralingsopbrengst van karakteristieke straling wel of niet af van de buisstroom?	*wel*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
12	Hangt de stralingsopbrengst van karakteristieke straling wel of niet af van het anodemateriaal?	*wel*
13	Wat is de functie van het filter van een röntgentoestel?	*verlaging van de huiddosis voor de patiënt*
14	Wat is de functie van de tubus van een röntgentoestel?	*begrenzing van de bundel-omvang en focus-huidafstand*
15	Wat is de functie van het lichtvizier van een röntgentoestel?	*controle van bundelomvang en bundelpositie*
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?	*curve c: alleen intern filter* *curve d: intern + extra filter*
17	Wat is de homogeniteit van de röntgen-bundel?	*maat voor de breedte van de energieverdeling van röntgen-straling*
18	Wat is de hardheid van de röntgen-bundel?	*maat voor de gemiddelde energie van röntgenstraling*
19	Wat wordt er bedoeld met mAs-waarde?	*product van de stroom door de buis (in mA) en de belichtings-tijd (in s)*
20	Is de stralingsopbrengst van een röntgen-buis het grootst bij 1 mA gedurende 5 s óf 2 mA gedurende 4 s óf 3 mA gedurende 3 s óf 2 mA gedurende 4 s ?	*3 mA gedurende 3 s* *(mAs-waarde = 3 × 3 = 9 mA·s)*



Figuur 5.1

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
21	Wat wordt er bedoeld met huiddosis?	*dosis op het punt waar de röntgenbundel de huid raakt*
22	Wat wordt er bedoeld met intreedosis?	*dosis op het punt waar de röntgenbundel het bestraalde lichaam of voorwerp raakt*
23	Wat wordt er bedoeld met uittreedosis?	*dosis op het punt waar de röntgenbundel het bestraalde lichaam of voorwerp verlaat*
24	Wat wordt er bedoeld met DOP-waarde?	*product van intreedosis en de grootte van het bestraalde oppervlak*
25	De intreedosis is 5 mGy en de afmeting van het bestraalde huidoppervlak is 20 cm × 20 cm. Hoe groot is de DOP-waarde?	*DOP = 5 mGy × 20 cm × 20 cm = 2000 mGy·cm² = 2 Gy·cm²*
26	Wat wordt er bedoeld met DLP-waarde?	*product van intreedosis en de lengte van het bestraalde lichaamsgedeelte*
27	De intreedosis is 30 mGy en de lengte van het bestraalde lichaamsgedeelte is 30 cm. Hoe groot is de DLP-waarde?	*DLP = 30 mGy × 30 cm = 900 mGy·cm = 0,9 Gy·cm*
28	Wordt de DOP-waarde gebruikt bij een conventionele röntgenopname of bij een CT-scan?	*conventionele röntgenopname*
29	Wordt de DLP-waarde gebruikt bij een conventionele röntgenopname of bij een CT-scan?	*CT-scan*
30	Wat kun je zeggen van de strooistraling als de DOP-waarde respectievelijk de DLP-waarde verdubbelt?	*de strooistraling verdubbelt*

6 Toepassingen van toestellen

7 Grootheden en eenheden in de stralingsbescherming

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Hoe heet de eenheid van exposie? Wat is het bijbehorende symbool?	*röntgen* *R*
2	Hoe heet de eenheid van geabsorbeerde dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	*gray* *Gy*
3	Hoe heet de eenheid van equivalente dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	*sievert* *Sv*
4	Hoe heet de eenheid van effectieve dosis? Wat is het bijbehorende symbool?	*sievert* *Sv*
5	Welke grootheid wordt uitgedrukt in röntgen? Wat is het bijbehorende symbool?	*exposie* *X*
6	Welke grootheid wordt uitgedrukt in gray? Wat is het bijbehorende symbool?	*geabsorbeerde dosis* *D*
7	Welke grootheid wordt uitgedrukt in sievert? Wat is het bijbehorende symbool?	*equivalente dosis en effectieve dosis* *H respectievelijk E*
8	Bedraagt de stralingsweegfactor w_R voor röntgenstraling 1 óf 5 óf 20 óf 100 ?	*1*
9	Bedraagt de stralingsweegfactor w_R voor γ-straling 1 óf 5 óf 20 óf 100 ?	*1*
10	Wordt het overlijdensrisico bepaald door de geabsorbeerde dosis óf de equivalente dosis óf de effectieve dosis?	*effectieve dosis*
11	Er wordt 3 joule gedeponeerd in een orgaan met een massa van 30 gram. Hoe hoog is de geabsorbeerde dosis?	*3 joule / 0,03 kg = 100 Gy*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
12	Wat is de equivalente dosis, als de geabsorbeerde dosis 1 mGy bedraagt en de stralingsweegfactor $w_R = 1$ is?	*H = 1 × 1 = 1 mSv*
13	De orgaanweegfactor voor de schildklier is $w_{schildklier} = 0{,}04$ en de equivalente dosis op de schildklier is $H_{schildklier} = 5$ Sv. Hoe groot is de effectieve dosis?	*E = 0,04 × 5 = 0,2 Sv*
14	Zou je 1 Sv een hoge of een lage effectieve dosis noemen?	*zeer grote dosis* *namelijk 50 keer de jaarlimiet*
15	Zou je 0,1 µSv/uur een hoog of een laag equivalent dosistempo noemen?	*laag equivalent dosistempo* *want achtergrond is 1,6 mSv/j* *= 1600 µSv / (365 × 24)* *= 0,2 µSv/uur*

Ordes van grootte van de stralingsdosis

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Bedraagt de gemiddelde effectieve jaardosis ten gevolge van natuurlijke straling in Nederland ongeveer 2 µSv óf 2 mSv óf 20 mSv ?	*2 mSv*
2	Bedraagt de gemiddelde effectieve jaardosis ten gevolge van medische diagnostiek in Nederland ongeveer 1 µSv óf 1 mSv óf 10 Sv ?	*1 mSv*
3	Is een lethale effectieve dosis 0,01 Gy óf 1 Gy óf 100 Gy ?	*100* Gy
4	Wat levert de grootste bijdrage tot de natuurlijke straling in Nederland?	*radon*
5	Wat levert de grootste bijdrage tot de kunstmatige straling in Nederland?	*medische diagnostiek*

8 Meten van ioniserende straling

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

9 Beeldvorming

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Is een onderbelichte röntgenfoto te helder of te donker?	*te helder*
2	Is een overbelichte röntgenfoto te helder of te donker?	*te donker*
3	Is het contrast van een egaal grijze röntgenfoto te klein of te groot?	*te klein*
4	Is het contrast van een foto met alleen grijswaarden wit en zwart te klein of te groot?	*te groot*
5	Is een klein of een groot contrast beter?	*het contrast moet optimaal zijn om de vraagstelling te kunnen beantwoorden*
6	Wordt het contrast van een longfoto vooral veroorzaakt door het Compton-effect óf het foto-effect óf beide effecten?	*foto-effect*
7	Ontstaat het contrast van een röntgenfoto doordat de kans op Compton-effect voor botweefsel groter of kleiner is dan voor zacht weefsel?	*noch groter, noch kleiner want de kans is voor beide weefsels (ongeveer) gelijk*
8	Ontstaat het contrast van een röntgenfoto doordat de kans op foto-effect voor botweefsel groter of kleiner is dan voor zacht weefsel?	*groter*
9	Geeft longweefsel een hogere of een lagere grijswaarde dan botweefsel?	*hogere*
10	Geeft tandbeen een hogere of een lagere grijswaarde dan tandpulpa?	*lagere*
11	Wordt de grijswaarde hoger of lager als de buisspanning wordt verhoogd?	*hoger want de buisopbrengst neemt toe*

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

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
26	Bevindt een gericht Bucky-strooistralenroosters zich op een vaste of een variable afstand van de focus?	*vaste afstand*
27	Bevindt een ongericht Bucky-strooistralenroosters zich op een vaste of een variable afstand van de focus?	*variabele afstand*
28	Bevindt het Bucky-strooistralenrooster zich tussen patiënt en röntgentoestel of tussen patënt en beeldopnemer?	*tussen patënt en beeldopnemer*
29	Houdt het Bucky-strooistralenrooster de straling tegen die in de patiënt of buiten de patiënt is verstrooid?	*in de patiënt*
30	Leidt het Bucky-strooistralenrooster tot de grootste kwaliteitsverbetering bij een kind of bij een volwassene?	*volwassene*

10 Biologische effecten van ioniserende straling

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Veroorzaakt ioniserende straling vooral schade door directe breuk van moleculen in de cel of door ionisatie van water-moleculen?	*ionisatie van watermoleculen*
2	Welke cellen zijn in het algemeen het meest stralingsgevoelig?	*cellen die snel delen*
3	Welke cellen zijn in het algemeen het minst stralingsgevoelig?	*cellen die niet meer delen*
4	Welk weefsel is het meest stralings-gevoelig: beenmerg óf botweefsel óf rode bloedlichaampjes óf hersenweefsel?	*beenmerg*
5	Is er bij kansgebonden effecten sprake van een drempeldosis?	*nee*
6	Hangt de ernst van kansgebonden effecten af van de dosis?	*nee*
7	Hoe groot is het overlijdensrisico ten gevolge van een kansgebonden effect na blootstelling aan ioniserende straling?	*5% per sievert*
8	Wat bedoelt men met: Het risicogetal voor straling bedraagt 0,05 per sievert?	*bij blootstelling van 1 miljoen mensen aan 1 Sv zullen er ongeveer 0,05 × 1 000 000 = 50 000 mensen overlijden*
9	Is er bij schadelijke weefselreacties sprake van een drempeldosis?	*ja*
10	Hangt de ernst van schadelijke weefsel-reacties af van de dosis?	*ja*
11	Is leukemie een kansgebonden effect of een schadelijke weefselreactie?	kansgebonden effect
12	Is staar een kansgebonden effect of een schadelijke weefselreactie?	schadelijke weefselreactie

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
13	Waaraan zal de mens waarschijnlijk overlijden na een bestraling van het gehele lichaam met een dosis van 1 Gy: beenmergsyndroom óf darmsyndroom óf hersensyndroom?	*beenmergsyndroom*
14	Waaraan zal de mens waarschijnlijk overlijden na een bestraling van het gehele lichaam met een dosis van 10 Gy: beenmergsyndroom óf darmsyndroom óf hersensyndroom?	*darmsyndroom of, bij genezing daarvan, beenmergsyndroom*
15	Waaraan overlijdt de mens na een bestraling van het gehele lichaam met een dosis van meer dan 50 Gy: beenmergsyndroom óf darmsyndroom óf hersensyndroom?	*hersensyndroom*
16	Wat gebeurt er als de ongeboren vrucht gedurende de eerste week van de zwanger-schap bestraald wordt?	*óf er gebeurt niets óf de vrucht sterft af*
17	Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht gedurende de eerste week van de zwangerschap bestraald wordt?	*nee*
18	Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht in de tweede maand van de zwangerschap bestraald wordt?	*ja, want dan worden de organen gevormd*
19	Kunnen misvormingen optreden als de ongeboren vrucht gedurende de tweede helft van de zwangerschap een dosis van 1 mGy ontvangt?	*nee, want deze dosis ligt ver beneden de drempeldosis van 100 mGy*
20	Wat kan er gebeuren als de ongeboren vrucht gedurende de tweede helft van de zwangerschap bestraald wordt?	*groeiachterstand en/of daling van IQ*
21	Brengt regelmatige blootstelling aan de wettelijke limiet van 20 mSv per jaar een relatief hoog of een relatief laag beroepsrisico met zich mee?	*relatief (zeer) hoog beroepsrisico*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
22	Het risicogetal voor straling bedraagt 0,05 per Sv. De natuurlijke stralingsbelasting bedraagt 2 mSv per jaar. De Nederlandse bevolking telt 18 miljoen mensen. Hoeveel mensen zullen er per jaar omkomen als gevolg van straling?	*0,05 × 0,002 × 18 000 000 = 1800* *(per jaar sterven ongeveer 44 000 mensen aan kanker)*
23	Als men de gezondheidsrisico's van ioniserende straling en van roken vergelijkt, hoeveel sigaretten komen dan overeen met een effectieve dosis van 10 µSv: 1 óf 100 óf 10 000?	*1 sigaret*
24	Een beetje roker zal zo'n 5000 sigaretten per jaar roken, waardoor deze roker een extra risico loopt te overlijden. Welke effectieve dosis geeft een vergelijkbaar risico: 0,5 mSv óf 5 mSv óf 50 mSv óf 500 mSv ?	*5000 × 10 µSv = 50 000 µSv = 50 mSv* *want 1 sigaret komt overeen met 10 µSv* *(jaarlimiet bevolking = 1 mSv)*
25	Wat is er mis met het verhaal in Figuur 10.1 en waarom?	*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

Wit-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.



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

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 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	*ANTWOORDEN*
1	Waarmee moet men bij de uitvoering van radiologische werkzaamheden rekening houden: KEW óf ARBO-wet óf alle twee?	*met alle twee*
2	Is het Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming een aanbeveling van de ICRP óf een uitvoeringsbesluit van de KEW óf een uitvoeringsbesluit van de ARBO-wet óf geen van deze drie?	*uitvoeringsbesluit van de KEW*
3	Is de ICRP een onafhankelijke commissie van deskundigen óf een adviesorgaan van de Nederlandse overheid óf een advies-orgaan van de Europese Gemeenschap?	*onafhankelijke commissie van deskundigen*
4	Waarmee moet men bij de uitvoering van radiologische werkzaamheden rekening houden: wettelijke dosislimieten óf ALARA-principe óf rechtvaardigings-beginsel óf al deze uitgangspunten?	*met al deze uitgangspunten*
5	Wat wordt er bedoeld met ALARA ?	*streef naar zo laag mogelijke dosis (als redelijkerwijs mogelijk is)*
6	Bedraagt de wettelijke limiet voor de effectieve jaardosis van een burger 1 µSv óf 10 µSv óf 1 mSv óf 10 mSv ?	*1 mSv*
7	Bedraagt de wettelijke limiet voor de effectieve jaardosis van een niet-blootgestelde werknemer 1 µSv óf 10 µSv óf 1 mSv óf 10 mSv ?	*1 mSv*
8	De effectieve jaardosis van een bloot-gestelde werknemer in categorie A mag beroepshalve nooit boven een bepaalde grenswaarde komen. Is die grenswaarde 1 mSv óf 2 mSv óf 6 mSv óf 20 mSv ?	*20 mSv*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
9	De effectieve jaardosis van een blootgestelde werknemer in categorie B mag beroepshalve nooit boven een bepaalde grenswaarde komen. Is die grenswaarde 1 mSv óf 2 mSv óf 6 Sv óf 20 mSv ?	*6 mSv*
10	Is de wettelijke jaarlimiet voor de ooglens van een blootgestelde A-werknemer 2 mSv óf 20 mSv óf 150 mSv óf 500 mSv ?	*20 mSv*
11	Is de wettelijke jaarlimiet voor handen, voeten en huid van een blootgestelde A-werknemer 2 mSv óf 20 mSv óf 150 mSv óf 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	Moet een ruimte waarin de te ontvangen effectieve jaardosis hoger kan zijn dan 6 mSv worden aangemerkt als gecontroleerde zone of 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 µSv*
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 µSv*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
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

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

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

14 Praktische stralingsbescherming bij toestellen

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
1	Is het wel of niet de taak van de toezicht-houder om nieuwe werknemer in te wijden in huisregels en protocollen?	*wel*
2	Is het wel of niet de taak van de toezicht-houder om toe te zien op het juiste gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen?	*wel*
3	Wie beheert het kernenergiewetdossier?	*toezichthouder*
4	Mag de toezichthouder stralings-bescherming het kernenergiewetdossier door het secretariaat laten beheren?	*nee*
5	Mag de toezichthouder wel of niet een risico-analyse uitvoeren?	*wel*
6	Mag de toezichthouder wel of niet een risico-analyse toetsen en goedkeuren?	*niet*
7	Wat is een inherent veilig toestel?	*toestel waarbij het equivalente dosistempo op 10 cm vanaf een bereikbaar deel van de buiten-kant niet hoger dan 1 µSv/h is*
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?	*buisopbrengst verlagen*
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?	*persoonlijke beschermings-middelen gebruiken*
10	De afstand tot de focus wordt verdubbeld. Wat gebeurt er met de intreedosis.	*intreedosis vier keer lager (kwadratenwet)*

	VRAGEN	*ANTWOORDEN*
11	Voor een medische verrichting is het gangbaar om gebruik te maken van een diagnostisch referentieniveau (DRN). Waarvoor is de DRN bedoeld?	*middel om ALARA toe te passen*
12	Waarom wordt de röntgenbundel gediafragmeerd bij het maken van een röntgenopname?	*beperken van directe straling voor patiënt en strooistraling voor omstanders*
13	Hoe kan men bij radiodiagnostisch onderzoek invulling geven aan ALARA?	*diafragmeren, filteren en mAs-waarde beperken*
14	Welk relatief stralingsgevoelig orgaan wordt soms NIET afgeschermd bij het dragen van een alzijdig loodschort?	*schildklier*



draagbaar röntgentoestel

15	Er zijn vaste en draagbare diagnostische röntgentoesten? Welk van deze toestellen geeft in het algemeen een hogere dosis voor de gebruiker, of maakt het niet uit?	*draagbare toestellen geven hogere dosis want de gebruiker kan niet voldoende afstand nemen*

15 Risicoanalyse voor de afdeling radiologie

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