

10. Bronnen bij leerling-materiaal

OPG = orthopantomogram
röntgenfoto gehele ~~kaak~~
kaak

Antwoorden

Uitwerking hfd 1 inleiding opdracht foto's

	a> Antwoord	b> Toelichting waarom
Afbeelding 1	Casus H	Duidelijk zijn longen, ribben en hartcontour zichtbaar. Dit is een thoraxfoto. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 2	Casus D	Duidelijk zijn de boven- en onderkaak met tanden te herkennen. Ook zijn de vullingen te zien! Het is een röntgenfoto (OPG)
Afbeelding 3	Casus L	De hersenen met de ogen zijn duidelijk te herkennen. Het gaat hier om een MRI scan van het hoofd
Afbeelding 4	Casus I	Op het NG-plaatje zijn de nieren en de blaas te zien. Het is een plaatje gemaakt mbv de gammacamera.
Afbeelding 5	Casus O	Duidelijk te herkennen is het bekken met de wervelkolom. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 6	Casus F	Duidelijk te herkennen zijn de dwarsdoorsneden van de hersenen. Dit is een PET-plaatje.
Afbeelding 7	Casus C	Duidelijk is een baby liggend zichtbaar. Ook de vorm van het plaatje duidt op een echo.
Afbeelding 8	Casus A	Duidelijk is de plaat in het bovenbeen met knie te herkennen. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 9	Casus G	Duidelijk zijn de linker- en rechter schildklier te herkennen. Het is een plaatje gemaakt met de gammacamera.
Afbeelding 10	Casus M	Duidelijk is een compleet lichaam te zien. De 2 zwarte vlekken zijn de hersenen en de blaas.
Afbeelding 11	Casus S	De dikke darm is te herkennen met een paar plekken van de contrast vloeistof. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 12	Casus P	Er is duidelijk een plaat met schroeven te zien die vast zitten aan de wervelkolom. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 13	Casus B	Op de verschillende plaatjes, gemaakt door een gammacamera, zijn duidelijk hoofd, wervelkolom en schouders te herkennen.
Afbeelding 14	Casus T	Dit is een erg lastig plaatje. In kleur is goed te zien dat het om het hart gaat. Het plaatje is gemaakt met een gammacamera.
Afbeelding 15	Casus R	Op de foto is de bovenarm in 2 delen te zien. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 16	Casus Q	Op de foto is een vrouwelijke borst te zien. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 17	Casus K	Er is een holle ruimte te zien, een nier. Het plaatje is gemaakt met een echoapparaat.
Afbeelding 18	Casus N	Een aantal organen in de buik zijn te herkennen zoals lever, wervelkolom en alvleesklier. De foto is gemaakt door een CT-scanner.

Afbeelding 19	Casus E	Duidelijk is de hand met vingers te herkennen. Het is een röntgenfoto.
Afbeelding 20	Casus J	De knie is te herkennen op de foto die gemaakt is door de gammacamera. Het zwarte plekje duidt op een ontsteking in de knie.

Vragen hoofdstuk 2

2.1 Geluid en straling

2.2 Basiskennis echografie en MRI

Vragen

- 1 In het apparaat moet een plek zijn voor een grote of kleine luidspreker om het geluid weer te geven. De frequentie moet binnen het gehoorbereik van de mens liggen, ook bij binnen het bereik van ouder mensen: dus tussen ongeveer 20 Hz (lage toon) tot 5 000 Hz (hoge toon). Je spreekt van ultrasoon geluid (ook wel: ultrageluid) als de frequentie tussen 20 kHz en 1 GHz ($G = \text{giga} = 10^9$) ligt.
- 2a De bron met dezelfde hoeveelheid geluid aanpakken zodat het storend is.
- 2b Eigen mening vraag.
- 3 tussen 15.000 Hz en 25.000 Hz
- 4 $v = \lambda \cdot f$ dus $\lambda = 0,343 \cdot 10^3 / 1000 = 0,343 \text{ m}$
- 5a $1,484 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 3,4 \text{ s} = 5045,6 \text{ m} : 2$ (heen en terug!) = 2522,8 m
- 5b De geluidssnelheid in zoet water is anders als in zout water. $V_{\text{zoet water}} = 1440 \text{ m/s}$ en $V_{\text{zout water}} = 1560 \text{ m/s}$ (ook afhankelijk van druk). Daarom soneraanpassing nodig.
- 6 $120 \cdot 2 = 240 \text{ m}$ geluid door lucht dus $240 / 0,343 \cdot 10^3 = 0,70 \text{ sec}$.
 $235 \cdot 2 = 470 \text{ m}$ geluid door water dus $470 / 1,484 \cdot 10^3 = 0,32 \text{ sec}$.
 Kortom, na $0,70 + 0,32 = 1,02 \text{ sec}$ wordt het signaal opgevangen
- 7a Bron=vingers arts, tussenstof=lichaam patiënt en ontvanger = oor arts
 De techniek noemt met percussie en auscultatie. Auscultatie is het luisteren naar de geluiden die worden voortgebracht door de verschillende structuren in het lichaam. Bij auscultatie wordt met behulp van de stethoscoop geluisterd naar geluiden afkomstig van organen in het lichaam, zoals de longen, het hart of de ingewanden. De geluiden die organen maken zijn bij iedereen ongeveer gelijk. Bij een ziekte kunnen de geluiden echter totaal van karakter veranderen, toenemen of afnemen. Auscultatie is een standaardonderdeel van een lichamelijk onderzoek. Bij percussie klopt de arts met de vingers van de ene hand op de vinger van de andere hand. Het daarbij voortgebrachte geluid echoot terug, al naar gelang de dichtheid van de weefsels steeds weer met een andere toon. Bij percussie van de longen zal de toon sonor (hol) klinken, vanwege de luchthoudendheid van de longen. Is er sprake van een longontsteking, dan zal door de dichtheid van het ontstekingsweefsel ter plekke een matte toon ontstaan.
- 7b Om te horen of het geluid goed weerkaatst wordt om te kijken of er bijvoorbeeld slijm vastzit in de longen van de patiënt. Het klinkt dan anders.
- 8 Je hebt te maken met verschillende dichtheden van de tussenstof (lichaam patiënt).
- 9a Grofweg drie klassen geluidssnelheden in menselijk lichaam:
 -lucht (o.a. in darmen en longen)
 -weke weefsels (water)
 -dichte weefsels (bot)
- 9b Ja, want door zachte lichaamsdelen en weefsel gaat het geluid heen terwijl bij botten het wordt weerkaatst. De echo moet door hetzelfde weefsel als de initiële geluidsgolf.

2.3 Basiskennis nucleaire diagnostiek

- 10a Madame Curie had net een ontdekking gedaan maar van de veiligheidsmaatregelen (schade voor je lichaam) was nog niks bekend.
- 10b In een juiste dosering zijn deze stoffen te gebruiken voor onderzoek en behandeling van ziekten. Deze dosering is meestal niet schadelijk voor je lichaam.
- 11 Kunstmatige isotopen gemaakt in een laboratorium
- 12 Cu heeft hetzelfde atoomnummer (29) dus ook 29 protonen. Dit geldt voor alle isotopen van Cu.
- 13a $94+$ (= atoomnummer = aantal protonen)
- 13b $244-94 = 150$ neutronen (eigenlijk is de lading 0 omdat neutronen neutraal zijn)
- 13c $94+$ want neutronen hebben geen lading.
- 13d 0 want atomen zijn altijd ongeladen (evenveel elektronen als protonen)
-
- 14a 1
- 14b 5 verschillende massa's dus isotopen dus verschillende atoomsoorten zuurstof.
- 14c Zuurstof met massa 15,99492 komt 99,76% in de natuur voor dus zal het gemiddelde ongeveer 16,00 zijn.
- 14d Ja, want het is allemaal het zuurstofatoom dus atoomnummer 8.
- 14e Nee, want er zijn een ander aantal neutronen dus andere massa.
- 15 8 protonen en 9 neutronen in de kern en 8 elektronen in de elektronenwolk.
- 16a Hebben allebei een golfkarakter of frequentie en snelheid is afhankelijk van het medium.
- 16b Frequentier: het trillen van luidsprekers is waar te nemen
Snelheidsverschil tussen licht en geluid is goed waar te nemen bij bijvoorbeeld heiwerkzaamheden. Als je de paal naar beneden ziet slaan komt pas later het geluid aan.
- 16c Straling heeft geen medium nodig (komt ook door vacuüm) geluid wel.
- 17a Radioactieve straling is een fout begrip. Een isotoop kan radioactief zijn door kernomzettingen. Eén kernomzetting per seconden leidt tot een radioactiviteit van 1 Bq. Bij een kernomzetting komt straling vrij.
- 17b Ioniserende straling wordt in de volksmond vaak radioactieve straling genoemd, maar dit is eigenlijk een verkeerde naam. De straling zelf is namelijk niet radioactief. De straling is het gevolg van radioactiviteit, het gevolg van het spontane uiteenvallen van atomen.
- 18a Ni
- 18b 2 (Ni-63 en Ni-65)
- 18c Geen een.
- 18d gammastraling en bètastraling
-
- 19 Ag-108 heeft 47 protonen en 61 neutronen. Een β^- -deeltje is een elektron uit de kern. Een neutron is een proton geworden met een extra elektron. Dus in de kern zitten dan 48 protonen en 60 neutronen. Het is dus geen zilver meer maar cadmium geworden.
- 20 Ra-226 heeft 88 protonen en 138 neutronen. α -deeltje is een heliumkern (2 protonen en twee neutronen) dus blijven er over 86 protonen en 136 neutronen. We hebben dan radon gekregen.
- 21a 8,0 dagen
- 21b $10 \text{ gram} \cdot 0,5^3 = 1,25 \text{ gram}$
- 21c $10 \text{ gram} \cdot 0,5^6 = 0,156 \text{ gram}$
- 22 Halveringstijd Tc-99m is 6,0 uur. $2,0 \cdot 10^5 = X \cdot 0,5^5 = . X = 2,0 \cdot 10^5 : 0,5^5 = 6,4 \cdot 10^6$ kernen Tc-99m
- 23 Nee, de eenheid becquerel zegt niks over hoe gevaarlijk de stof is.
- 24a Je moet weten hoe laat de patiënt moet komen voor het inspuiten. 's Morgens worden de spuiten tussen 8 en 9 uur klaar gemaakt. Voor het onderzoek is de

- dosis van belang. Je moet dus rekening houden met het verval tussen klaarmaken spuit en het inspuiten/onderzoek.
- 24b De hoeveelheid activiteit in de spuit kan al zo laag zijn dat er geen onderzoek meer mogelijk is. Het is erg kostbaar en tijdrovend op dat moment een nieuwe spuit te bereiden.
- 25a $X = 100 * 0,5^4 = 6,25\%$
- 25b Technetium plas je voor 40% uit en de rest is vervallen tot Tc-99 en zit in je lichaam.

2.4 Basiskennis röntgendiagnostiek

- 26 Nee, becquerel betekent kernomzetting per seconde. De kernomzettingen of kernsplittingsingen is een continu proces (kan je niet uitzetten). Röntgenstraling wordt opgewekt door middel van een röntgenbuis. Deze straalt alleen als de buis werkt. Röntgenstraling is geen kernstraling!
- 27a Bij nucleaire geneeskunde: stof die vanuit het lichaam straling uitzendt, die wordt gemeten met een gammacamera. Bij röntgen zendt een röntgenbuis straling uit die wordt opgevangen door een fotogevoelige plaat.
- 27b Bij nucleaire geneeskunde gaat het om functioneren van organen (weefsels) terwijl bij röntgen het gaat om anatomie (hoe zien organen, botten eruit).
- 27c Gamma en röntgenstraling hebben ongeveer dezelfde intensiviteit.
- 27d Bij röntgen is de belichtingstijd heel erg kort (enkele ms) en bij nucleaire geneeskunde 5 minuten terwijl een heel skelet 30 minuten duurt.

Uitwerking hfd 2.4 vragen bij proef Kunnen lichtstralen hetzelfde als röntgenstralen?

- A Beide werken met straling, bij beide op de plaat een chemische reactie, beide afbeelding lichaamsdeel
- B soort straling, licht gaat nergens doorheen, röntgen gevaarlijker (=ioniserend)
- C Licht werkt dan ook op eerder niet- belichte deel.
- D Afplakken of op klassieke manier (fixeren en zo) ontwikkelen.

2.5 Gevaren en bescherming

- 28a Straling van de magnetron warmt materie op. Indien het menselijk lichaam wordt opgewarmd treed er afbraak van eiwitten af (al vanaf 41,5 graden)
- 28b De kool van Faraday
- 28c De radiogolven van een MRI zorgen maar voor een nauwelijks waarneembare opwarming, die dus niet schadelijk is.
- 29 Het gaat bij allemaal om de effectieve dosis en ioniserende straling.
- 30 Een α -deeltje is verreweg het grootst met grootste massa dus kan moeilijk ergens doorheen dringen. Echter de ionisatiedichtheid van het deeltje is groot, doordat het deeltje als zijn energie afgeeft in een korte weglengte. Verder is de lading van het deeltje relatief groot, waardoor eveneens een grote ionisatiedichtheid.
- 31 De eenheid van equivalente dosis is sievert. Sievert betekent J/kg en is dus een verhoudingsgetal. Wanneer je 10 gram of 1 kg van de lever bekijkt, de equivalente dosis blijft J/kg. (Vergelijk dat iemand 100 km/h rijdt over 100 km, dan is de snelheid ook na 1/2 uur 100 km/h.)
- 32 gegeven: $H_{\text{alfastraling}} = 20 \text{ mSv}$, $H = D \cdot w_R$ en de stralingsweegfactor van alfastraling (w_R) = 20 en de stralingsweegfactor van röntgenstraling = 1 \rightarrow
- $$D_{\text{alfa}} = H / 20 \quad \rightarrow \quad D_{\text{alfa}} = 20 \text{ mSv} / 20 \quad \rightarrow \quad D_{\text{alfa}} = 1 \text{ mGy} \quad \rightarrow$$
- $$H_{\text{röntgen}} = 20 \text{ mSv (zelfde schadelijke effect)} \quad \rightarrow \quad D_{\text{röntgen}} = H / 1$$
- $$\rightarrow$$
- $$D_{\text{röntgen}} = 20 \text{ mSv} / 1 \rightarrow \quad D_{\text{röntgen}} = 20 \text{ mGy}$$

- 33 Bij de man vinden continu erg veel celdelingen plaats (Het DNA-molecuul wordt voor de deling verdubbeld, waardoor het DNA kortstondig tetraploïd aanwezig is. De kans op schade (de "raakkans") is dan groter. Bij de vrouw zijn de geslachtscellen levenslang aanwezig, waardoor de dosis geaccumuleerd wordt (bij elkaar opgeteld over de levensduur van de eicel).
- 34 $E = \sum H \cdot w_T \rightarrow E = 0,2 \cdot 2 \text{ mSv} + 0,3 \cdot 3 \text{ mSv} + 0,5 \cdot 1 \text{ mSv} \rightarrow$
 $E = 0,4 \text{ mSv} + 0,9 \text{ mSv} + 0,5 \text{ mSv} \rightarrow E = 1,8 \text{ mSv}$
- 35a gegeven: 50 / 1000.000 / 1 mSv ontwikkelt fatale tumor
 \rightarrow
 $50 \cdot 16 / 16.000.000 / 1 \text{ mSv}$ " \rightarrow
 $50 \cdot 16 \cdot 2,7 / 16.000.000 / 2,7 \text{ mSv}$ " \rightarrow
 Aantal fatale tumoren ten gevolge van 2,7 mSv effectieve dosis aan achtergrond
 $= 50 \cdot 16 \cdot 2,7 \rightarrow 2160$ fatale tumoren
-
- 35b ~~Geld alleen statistisch voor grote groepen mensen.~~
- 36 Zie figuur achtergrond: $0,65 \text{ mSv} / 2,7 \text{ mSv} \cdot 100\% = 24\%$
- 37a Tandartsen maken ook röntgenfoto's van het gebit en ontvangen dus strooistraling.
- 37b $1 \text{ mSv} / 0,05 \text{ mSv} = 20$ vluchten
- 38 ALARA = As Low As Reasonable Achievable betekent dat er redelijkerwijs zo weinig mogelijk straling gebruikt moet worden
- 39 De gonaden van de man (teelballen) zitten onder de blaas (buiten het scangebied) en kunnen van alle richtingen worden afgeschermd tegen röntgenstraling. De gonaden van de vrouw (eierstokken) zitten in de onderbuik (het scangebied van de blaas) en kunnen dus niet worden afgeschermd, doordat dit beeldverstoring geeft. Verder kan de afscherming maar in één richting plaatsvinden (voor-achterwaarts), terwijl bij een CT de röntgenbundel om de patiënt draait. Gonadenbescherming heeft in dit geval geen zin!
- 40 De röntgenbuis bevindt zich onder de patiënt. Hier komt de meeste strooistraling.
- 41 De dosis moet cumulatief (bij elkaar opgeteld) worden gemeten en klein zijn. De GM-buis is te groot, meet de dosis niet cumulatief en is een stuk duurder dan één TLD.
- 42a ~~De TLD-badge wordt over het loodschort gedragen, zodat deze zoveel mogelijk straling ontvangt. Men wil een overschatting van het (werk)risico krijgen. Verder zijn er altijd relatief stralingsgevoelige organen (zoals de ogen) die niet afgeschermd kunnen worden.~~
- 42b De TLD-badge meet de equivalente dosis in 1 punt. De effectieve dosis is gedefinieerd voor één heel persoon. Dit kan een TLD nooit meten.

2.6 Opdrachten

Persoonlijk

Antwoorden hoofdstuk 4

4.2 Principes van echografie

50. a. Ultrasoon geluid: frequentie = 20 kHz-500 MHz
 $V_{\text{geluid lucht}} = 340 \text{ m/s}$ en $\lambda = V / f \rightarrow$
 $\lambda = 68 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ($340 \text{ m.s}^{-1} / 500.000.000 \text{ Hz}$) tot $17 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
($340 / 20.000 \text{ Hz}$)
- Hoorbaar geluid: frequentie = 20 Hz-20 kHz en golflengte
 $V_{\text{geluid lucht}} = 340 \text{ m/s}$ en $\lambda = V / f \rightarrow$
 $\lambda = 17 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ($340 \text{ m.s}^{-1} / 20.000 \text{ Hz}$) tot 17 m
($340 \text{ m.s}^{-1} / 20 \text{ Hz}$)

b. Binnen echografie worden vaak frequenties toegepast van 2-10 MHz.

c. De geluidsintensiteit. Geluidsintensiteit is een maat voor de hoeveelheid energie die door de geluidsdruk, per seconde op een oppervlakte van 1 m^2 opgevangen kan worden. Geluidsintensiteit heeft betrekking op de amplitude van het geluid en wordt uitgedrukt in dB (=decibel).

51. a. De nieren worden met een relatief lage frequentie afgebeeld, doordat de nieren zich redelijke diep in het lichaam bevinden. Hoe dieper de structuur, hoe lager de geschikte frequentie voor goede afbeelding, bijvoorbeeld 5,2 MHz.

b. Zichtbare aderen liggen zeer oppervlakkig. Deze kunnen het best worden afgebeeld met een hoge frequentie, bijvoorbeeld 12,5 MHz.

52. Het borstweefsel (de mammae) van vooral oudere vrouwen bestaat voor een groot gedeelte uit vet (lage geluidssnelheid), terwijl het borstweefsel van de man vooral uit spier bestaat (hoge snelheid). Zie onderstaande tabel.

Borst	1442 - 1546 m/s
Vet	1462 - 1473 m/s
Spier	1548 - 1632 m/s

53. De gel wordt gebruikt om de overgang tussen de geluidssnelheden uit de transducer naar de huid zo klein mogelijk te houden. Voorkomen moet worden dat de huid alle geluidsgolven reflecteren voordat deze de organen bereiken. M.a.w. er moet genoeg geluidsintensiteit over blijven om door de organen te reflecteren.

54. In de darmen bevindt zich vaak lucht waardoor echografisch onderzoek beperkt mogelijk (te grote overgang in geluidssnelheden tussen weefsel en lucht).

55. Bij een overgang van een minder dicht medium naar een dichter medium zal de geluidssnelheid van de refractie (ingaaende medium) groter zijn dan de geluidssnelheid van de reflectie (uitgaande medium). Echter is het omgekeerde het geval, bij een overgang van dicht medium naar een minder dicht medium, dan is de geluidssnelheid van de refractie kleiner dan de geluidssnelheid van de reflectie.

56. a. $V_{\text{vet gem}} = 1467 \text{ m/s}$ en $V_{\text{spier gem}} = 1590 \text{ m/s} \rightarrow n = 1467 / 1590$
 $\rightarrow n = 0,92 \rightarrow 0,92 = \sin(35^\circ) / \sin(r) \rightarrow \sin(r) = 0,62$
 $\rightarrow r = 38,6^\circ$

b. $0,92 = \sin(70^\circ) / \sin(r) \rightarrow \sin(r) > 1 \rightarrow$ alleen reflectie, geen refractie.

57. $V_{\text{dicht medium}} > V_{\text{minder dicht medium}} \rightarrow n = V_{\text{dicht medium}} / V_{\text{minder dicht medium}} \rightarrow n > 1$

58. $V_{\text{vet gem}} = 1467 \text{ m/s}$ $V_{\text{spier gem}} = 1590 \text{ m/s}$ en $\rightarrow n = 1467 / 1590 \rightarrow$
 $n = 0,92 \rightarrow 0,92 = \sin(i) / \sin(90^\circ) \rightarrow \sin(i) = 0,92 \rightarrow$
 $i = 67,3^\circ$

59. a. $V_{\text{geluid lucht}} = 331 \text{ m/s}$ en $V_{\text{geluid water}} = 1485 - 1526 \text{ m/s}$

b. $V_{\text{licht lucht (of c)}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ en $V_{\text{licht water}} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

c. $n_{\text{geluid lucht} \rightarrow \text{water}} = 331 \text{ m.s}^{-1} / 1505 \text{ m.s}^{-1} \rightarrow n_{\text{geluid lucht} \rightarrow \text{water}} = 0,22$

$n_{\text{licht lucht} \rightarrow \text{water}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 2,25 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} \rightarrow n_{\text{licht lucht} \rightarrow \text{water}} = 1,33$

Dus bij breking van geluid bij overgang van lucht naar water, breking van de normaal af. (brekingsindex is dan kleiner dan 1).

Bij breking van licht bij overgang van lucht naar water, breking naar de normaal toe. (brekingsindex is dan groter dan 1).

4.3 Het echografiebeeld

61. a. Binnen de lever is veel verschil in mate van reflectie te zien:
bindweefsel is dicht weefsel → veel reflectie en dus relatief wit op echo
vetcellen minder dicht weefsel → matige reflectie en dus grijs op echo
gal(wegen) on dicht weefsel → weinig reflectie en dus zwart op echo
b. Bindweefsel om de lever beeldt licht af op het echoplaatje, evenals bepaalde bindweefselstrengen in de lever.
62. a. Het vruchtwater heeft een lage dichtheid en is homogeen. Hierdoor zal 'gezond' vruchtwater zich homogeen zwart op de echo laten afbeelden. Indien het vruchtwater vervuild is, zal dit vruchtwater zich niet homogeen zwart laten afbeelden, doordat vervuiling zich in een bepaalde grijswaarde op de echo zal laten afbeelden.
b. Door de sterke overgang van geluidssnelheden van vruchtwater of weefsels naar bot (de wervelkolom) zal relatief veel reflectie optreden. Hierdoor zal de wervelkolom zich echodens (=wit) afbeelden.
63. a. De vergruisde nierstenen verplaatsen zich door de urinewegen met de urine mee. In theorie kan deze verplaatsing met doppler worden weergegeven.
b. De doorstroomsnelheid (flow) van de urine in de urinewegen is traag en gebeurt met contracties. Hierdoor is geen constante urinestroom waar te nemen. Verder is het lumen (=ruimte) in de urinewegen erg klein en krijg je maar een gering signaal.
64. a. Lucht, water en bot.
b. $Z_{\text{lucht}} = \rho_{\text{lucht}} \times V_{\text{lucht}} \rightarrow Z_{\text{lucht}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 331 \text{ m/s} \rightarrow Z_{\text{lucht}} = 397 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

4.4 MRI

65. Met behulp van een antenne, een zogenaamde coil. De antenne verschilt per lichaamsdeel. Zo is er een hoofdcoil, rompcoil en een coil voor extremiteiten (=oppervlakte coil).
66. In het algemeen:
T1-gewogen: vet = wit op MRI-plaatje
T2-gewogen: water = wit op MRI-plaatje
PD-gewogen: weefsels met veel waterstof wit

Antwoorden hoofdstuk 5

5.2 De stof en de camera

68. a. De radiofarmaca moet voor elke patiënt en voor ieder type onderzoek apart bereid worden.
b. Mo-99 heeft een langere HVT dan Tc-99m. Als het Tc-99m ge-elueerd wordt, zal het Mo-99 doorgaan met vervallen in Tc-99m. Je kunt dus meerdere keren eluren, alleen zal de opbrengst steeds minder worden.
c. Tc-99m wordt via de urine en ontlasting uitgescheiden. De nieren zullen direct beginnen met de klaring vanuit het lichaam. Een volle blaas zal zich dus als "zwarte" vlek afbeelden. Omliggende structuren zijn niet of nauwelijks te zien / te beoordelen.
d. Door gebruik van een isotoop met een lange HVT kun je bepaalde processen of functies langere tijd volgen in het lichaam. Sommige processen of functies in het lichaam hebben een langere tijd nodig om een bepaald radiofarmacon op te nemen.
-
69. a. Bij een opname zonder collimator kun je niets over de locatie van een orgaan en / of afwijking zeggen.
b. Een opname zonder collimator is een zwarte vlek (want alle fotonen worden geregistreerd).
70. Je beeldvorming is niet goed. Een zgn. coldspot kan geïnterpreteerd worden als een afwijking terwijl die helemaal niet aanwezig is.
71. a. De collimator moet aangepast worden.
b. I-131 heeft een hogere energie, dus het doordringend vermogen van de fotonen is groter. De collimator moet dus extra lood bevatten om de schuin invallende straling tegen te houden. De collimator wordt dus dikker.
72. a. Het isotoop I-123 heeft een HVT van 13,2 uur. Na 23 uur is er nog genoeg activiteit over voor een goede beeldvorming.
b. Je ziet een zwarte schil om de (kunst)heupkop heen. Dit is een duidelijk teken van loslating van de prothese.
73. a. Het functiebeeld is opgebouwd van 0-60 sec → dus 1 minuut.
b. De toediening van het radiofarmacon moet in een keer goed zijn, de patiënt mag niet bewegen tijdens het onderzoek (wel ademen want sommige onderzoeken duren een uur), juiste instelling van het te onderzoeken orgaan onder de detector.
74. a. De injectieplaats.
b. - Een volle luier met urine.
- De groeischijven. Doordat deze volop in ontwikkeling zijn worden deze donkerder afgebeeld ten opzichte van de rest van het bot.
c. Een scoliose; zijdelingse kromming van de wervelkolom.
d. Het is belangrijk om een plaatsbepaling te vermelden zodat er een goede diagnose gesteld kan worden bij evt. afwijkingen. Tevens is het belangrijk om te weten omdat links en rechts verschillen bij een voor- of achteraanzicht.

5.3 PET (Positron Emmissie Tomografie)

75. a. Hersenen en hart zijn organen die veel glucose opnemen.
b. Ook ontstekingsprocessen in het lichaam zijn in staat om F-18 FDG op te nemen.
c. Een ontsteking van de aorta (grote lichaamsslagader).
76. De stralenbelasting voor de patiënt is lager doordat de radioactiviteit snel vervalst.
77. Door de hoge energie van de Pet radiofarmaca (511 keV) heb je heel veel lood nodig om een spuit af te schermen. De hoeveelheid zou niet meer te hanteren zijn voor de laborant. Vandaar de voorkeur om via een infuus- systeem de radioactiviteit op afstand toe te dienen.

5.4 Fuseren PET met CT beelden

78. a. One stop shop; de patiënt hoeft maar 1 onderzoek te ondergaan in plaats van 2 aparte onderzoeken.
b. De patiënt moet in exact dezelfde houding hebben gelegen. De positie van de armen (naast het lichaam of boven het hoofd) kan een zeer verschillend beeld geven van bijvoorbeeld de longregio.

Antwoorden hoofdstuk 6

6.2 Algemeen

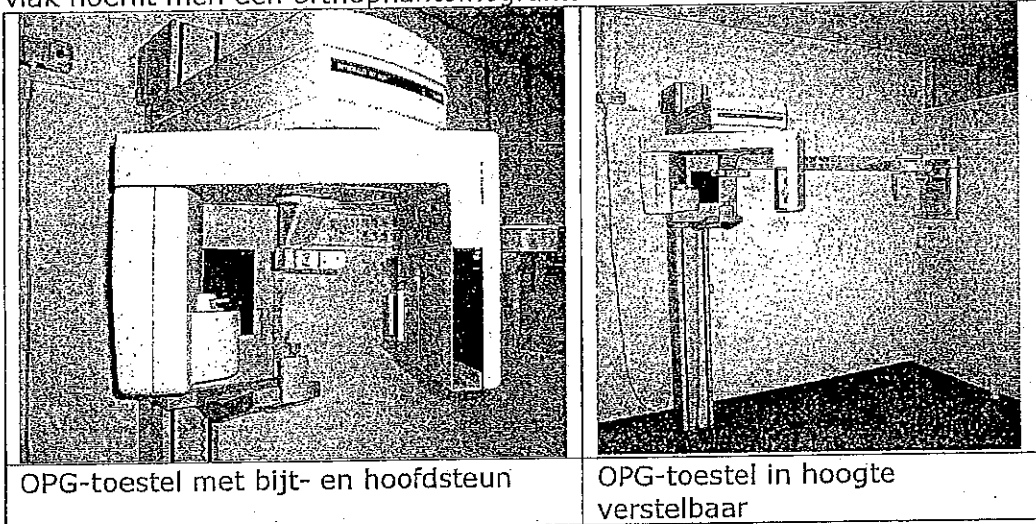
79. a. De dikte van de twee blokken is resp. 6 en 12 cm →
- | | | | |
|-----------|---|---------------------------------------|---|
| 70 keV | → | HVD = 3 | → |
| d = 6 cm | → | $\frac{1}{2}^{(6/3)} = 1/4 (=100\%)$ | |
| d = 12 cm | → | $\frac{1}{2}^{(12/3)} = 1/16 (=25\%)$ | |
- Verschil in intensiteit bij 70 keV = $4/16 - 1/16 = 3/16$ →
 $(3/16) / (4/16) \cdot 100\%$ → relatief intensiteitverschil = 75%
- b. De dikte van de twee blokken is resp. 6 en 12 cm →
- | | | | |
|-----------|---|--------------------------------------|---|
| 90 keV | → | HVD = 6 | → |
| d = 6 cm | → | $\frac{1}{2}^{(6/6)} = 1/2 (=100\%)$ | |
| d = 12 cm | → | $\frac{1}{2}^{(12/6)} = 1/4 (=50\%)$ | |
- Verschil in intensiteit bij 90 keV = $2/4 - 1/4 = 1/4$ →
 $(1/4) / (1/2) \cdot 100\%$ → relatief intensiteitverschil = 50%
- Je ziet een afname in relatieve intensiteitverschillen bij gebruik van een hogere kwaliteit röntgenstraling.
80. a. Calcium en Fosfor:
- b. Deze stoffen hebben een relatief hoge Z waardoor de verzwakking in botten relatief groter is dan in andere weefsels die elementen bevatten met een lagere Z. Hierdoor is de doorlaatbaarheid van bot kleiner dan de doorlaatbaarheid van zacht weefsel.
81. De verzwakking van röntgenstraling in lucht is minimaal, waardoor lucht op de foto zich donker zal afbeelden op het diagnostische beeld. Normaal heeft contrastmiddel juist een hogere verzwakking (zoals contrastmiddelen, die de elementen Jood en Barium bevatten), waardoor deze lichter op de foto wordt afgebeeld. Als het contrastmiddel zorgt voor een hogere verzwakking van de röntgenstraling, noemt men dit een positief contrastmiddel. Lucht zal zorgen voor een lagere verzwakking en wordt dus een negatief contrastmiddel genoemd. Een voorbeeld van gebruik van lucht als contrastmiddel is in het geval van een colonografie, waarbij lucht in de dikke darm (colon) wordt gepompt door middel van een ballonnetje.
82. De stoffen jood, barium, wolfram en lood zijn giftig voor het menselijke lichaam. Verder zijn deze stoffen niet vloeibaar en kunnen dus zo niet gebruikt worden als contrastmiddel.
- Jood en Barium worden gebruikt in chemische verbinding met andere stoffen zodat deze niet meer toxisch zijn. De gebruikte opgeloste stoffen heten bijvoorbeeld megluminejoxitalamaat (jodiumhoudend contrastmiddel voor oraal gebruik), iobitridol (jodiumhoudend contrastmiddel voor intraveneus gebruik) en bariumsulfaat (bariumhoudend contrastmiddel voor oraal gebruik tijdens bijvoorbeeld slikfoto's). Lood wordt gebruikt als beschermingsmiddel tegen röntgenstraling in bijvoorbeeld loodschorten.
- Wolfram is het materiaal waaruit o.a. anodeschijf is gemaakt, omdat deze door zijn hoge Z veel remstraling opwekt en daarnaast een hoog smeltpunt heeft.
83. a. Doordat er twee versterkingsschermen in een röntgenfilmcassette zitten wordt tijdens het bestralen van deze cassette met röntgenstraling de röntgenfilm (die tussen de versterkingsschermen zit) van beide kanten belicht met licht afkomstig van de versterkingsschermen. Hierdoor zal de röntgenfilm eerder zijn optimale zwarting hebben bereikt. De röntgenfilmcassette en de patiënt (het te fotograferen object) hoeven dan minder lang worden blootgesteld aan de röntgenbundel. Hierdoor zal de stralenbelasting (de gemiddelde dosis in de patiënt) van de patiënt afnemen.
- b. Drie voordelen van een digitaal opgeslagen röntgenbeeld ten opzichte van een röntgenfilm:
- Beelden kunnen snel en tegelijkertijd door verschillende belangstellende worden bekeken op verschillende computers. De digitale beelden zijn namelijk opgeslagen in een algemene database die alleen voor rechthebbende toegang heeft. Het kwijtraken van röntgenfoto's op bijvoorbeeld een klinische afdeling behoort tot de verleden tijd.

- Geen grote archiefruimte met medewerkers meer nodig om alle mappen van patiënten met röntgenfoto's op te slaan. Alles digitale beelden worden digitaal opgeslagen (hierdoor geen kwaliteitsverlies door ouderdom) in een centrale database.
 - De digitale beelden zijn nog na het vervaardigen te bewerken met betrekking tot algemene zwarting, contrast en grootte. Hierdoor kan elke specialist zijn persoonlijke voorkeursinstellingen gebruiken bij beoordeling van de digitale beelden. Vaak laten bepaalde ziektebeelden zich alleen zien bij bepaalde instellingen. Het is dus een groot voordeel dat deze instellingen naderhand nog kunnen wijzigingen. Zo kunnen door het beeld te vergroten kleine afwijkingen nog zichtbaar worden.
84. a. Belangrijk is dat aan ieder digitaal röntgenbeeld patiëntgegevens zijn gekoppeld, zodat duidelijk is bij wie de afbeelding hoort. Achteraf is het vaak lastig te achterhalen bij wie de verschillende digitale röntgenafbeeldingen horen, als deze niet direct gekoppeld zijn aan de betreffende patiënt.
- b. Op een diagnostisch scherm zal de radioloog de röntgenbeelden beoordelen op eventuele aanwezigheid van pathologie (=ziektebeelden). Eventuele afwijkingen kunnen heel klein zijn. Hoe meer pixels een monitor heeft, hoe kleiner de afwijking is, die een monitor kan afbeelden. Natuurlijk is de capaciteit van het menselijk oog om kleine afwijkingen te zien beperkend.

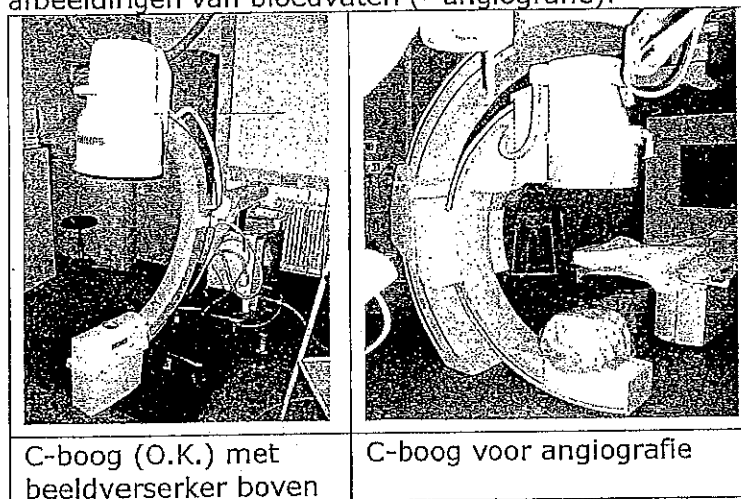
6.3 Röntgenapparatuur

85. a. Hoe kleiner de röntgenbundel, hoe minder volume van de patiënt wordt blootgesteld aan de röntgenbundel. Dit leidt weer tot een lagere gemiddelde dosis in de patiënt wat leidt tot een lagere stralenbelasting van de patiënt en werkers (deze laatste ontvangen minder strooistraling bij gebruik van smallere bundels). Het lichtvizier helpt de röntgenlaborant bij het instellen van een kleine röntgenbundel.
- b. Het nadeel van een strooi-stralenrooster is dat deze niet alleen strooi-straling tegenhoudt, maar ook straling van de onverzwakte bundel (=primaire bundel). Het gevolg is dat de patiënt meer moet worden blootgesteld aan röntgenstraling om op de beeldvanger (die achter het strooi-stralenrooster zit) een zelfde hoeveelheid (intensiteit) röntgenstraling te geven als zonder strooi-stralenrooster.
86. a. 5 lumbale wervels
- b. ja
- c. Ja, de nierstenen zijn links op de foto te zien als lichtere "vlekjes". De eerste opnamen van de gehele buik (de linker foto) is in expiratie (uitgeademd) gemaakt. De foto van alleen de bovenbuik (rechter plaatje) is in inspiratie gemaakt. Het gevolg is dat eventuele nierstenen zich op de foto's op een andere plaats afbeelden door de andere stand van het diafragma. De nieren schuiven mee met het diafragma. Zo kan men eventuele vervuiling op de röntgentafel onderscheiden van nierstenen. Indien de lichte 'vlekjes' zich niet verplaatsen op de tweede foto zijn dit geen nierstenen.
87. a. Om eventuele afwijkingen te kunnen lokaliseren in het lichaam moeten altijd twee richtingen worden gefotografeerd, bij voorkeur loodrecht op elkaar. Alleen bij beoordeling van beide foto's kan bepaald worden waar in het lichaam (o.a. hoe diep) de afwijking zich bevindt. Verder is het risico dat afwijkingen gemist worden bij een röntgenopname in één richting groot door over projectie van andere storende structuren of weefsel.
- b. 7 nek-wervels of cervicale wervels (soms 8)
- c. ja
88. Bij een trauma (ongeluk) is het belangrijk dat de patiënt niet beweegt. Bij bijvoorbeeld een gebroken nek kan beweging leiden tot een dwarslaesie (onderbreking van het ruggenmerg) waardoor permanente verlamming kan optreden. Met behulp van een traumastatief, waarbij de cassettehouder onder een röntgendoorlaatbare brancard kan worden geplaatst, kunnen röntgenopnamen gemaakt worden zonder de patiënt te verplaatsen.
89. a. Een OPG-toestel is een röntgentoestel waarbij de beeldvanger (bijv. een röntgenfilm) en de röntgenbuis om de kaak van de patiënt heen draait, zodat de kaak

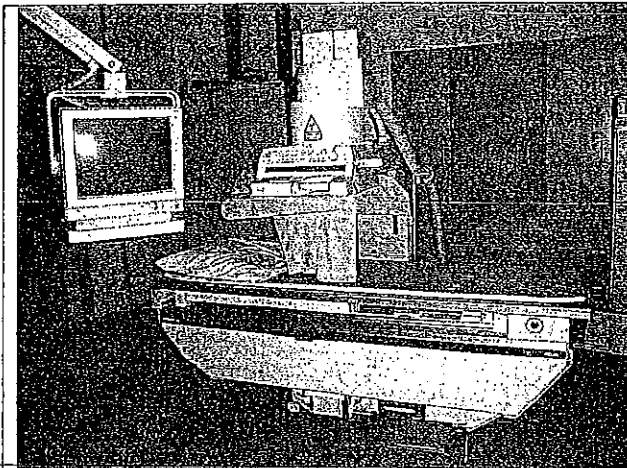
in een plat vlak kan worden afgebeeld. De röntgenopname van de gehele kaak in één vlak noemt men een orthophantomogram.



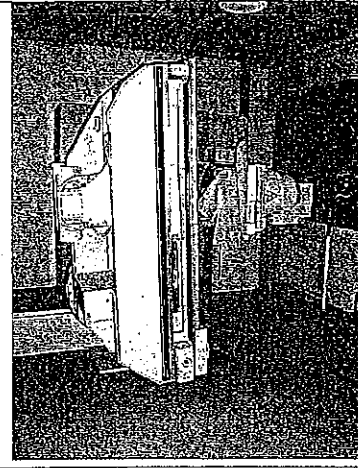
b. Een C-boog is een opstelling, waarbij een röntgenbuis via een halve cirkelvormige arm (de C-boog) zich recht tegenover een beeldversterker is geplaatst. De röntgenstraling afkomstig uit de röntgenbuis wordt in de beeldversterker versterkt en omgezet in een elektrisch signaal. Dit signaal bevat de beeldinformatie en kan op een monitor zogenaamde doorlichtbeelden laten zien. Door de beeldversterker, die gebruik maakt van elektronenversterking, is relatief weinig röntgenstraling nodig voor het verkrijgen van een beeld. Daarom is het toestel geschikt voor het verkrijgen van continue röntgenbeelden (real-time-beelden), die kwalitatief wel iets minder zijn dan normale foto's. C-bogen worden vaak op de operatieafdelingen gebruikt en voor afbeeldingen van bloedvaten (=angiografie).



c. Een colontoestel is een röntgenstatief dat gebruik wordt voor paponderzoeken (zoals slikfoto's en maag- darmonderzoeken), waarbij bariumpap als contrastmiddel wordt gebruikt. Het bijzondere van dit statief is dat de tafel waarop de patiënt ligt, ook in verticale stand kan worden gebracht. De röntgenbuis, bucky en beeldversterker draaien hierbij mee, zodat opnames van de patiënt in verticale stand kunnen worden gemaakt. De röntgenbuis zit om stralingshygiënische redenen onder de tafel.

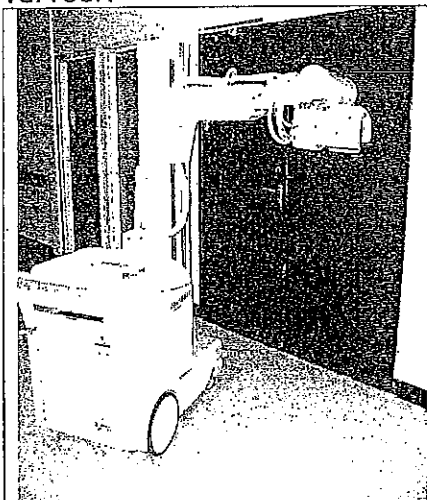


Colontafel in horizontale stand

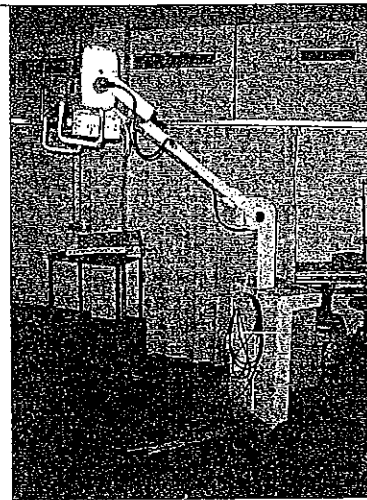


Colontafel in verticale stand

d. Soms zijn patiënten zo ziek, dat zij niet naar de röntgenafdeling kunnen komen. Voor deze gevallen beschikt de röntgenlaborant over een mobiel röntgentoestel, waarmee hij/zij naar alle afdelingen kan rijden. Zo kunnen bijvoorbeeld ook op verpleegafdelingen röntgenopnamen worden vervaardigd. Belangrijk is natuurlijk dat het toestel gemakkelijk te manoeuvreren is, aangezien sommige patiëntkamers klein zijn. De toestellen zijn soms voorzien van een accu en elektrische motor voor vervoer.



Zaaltoestel met accu en motor



Zaaltoestel met aansluiting op netspanning

6.4 CT (Computer Tomografie)

90. Een nadeel van een kleinere pitch ten opzichte van een grotere pitch, is dat de patiënt bij een kleinere pitch langer wordt blootgesteld aan de röntgenbundel. Hierdoor neemt de gemiddelde dosis in de patiënt (en daarmee de stralenbelasting) toe. Hoe hoger de pitch hoe meer de spiraalfiguur van de bundel ten opzichte van de patiënt wordt uitgerekt.
91. Tijdens het scannen van een patiënt zal in de CT-kamer veel verstrooide straling aanwezig zijn. Om de hoeveelheid ontvangen strooistraling voor radiodiagnostische laboranten te beperken is onder andere de bediening van de contrastpomp buiten de behandelkamer geplaatst. Zo hoeft de röntgenlaborant nooit voor de bediening van de pomp de kamer te betreden als de röntgenbuis straalt.