

Medische beeldvorming

Opgave: Röntgenapparaat

- a) Bij de bovenste grafiek wordt veel straling doorgelaten en dus weinig straling geabsorbeerd. Spierweefsel absorbeert de minste straling. De bovenste grafiek hoort dus bij spierweefsel.
- b) Voor het rendement van de buis geldt:

$$\eta = \frac{P_n}{P_t}$$

$$* P_n = 50 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$* P_t = U \cdot I = 60 \cdot 10^3 \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} = 30 \text{ W}$$

$$\eta = 0,17\%$$

- c) $I = 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ C/s}$.
Eén elektron heeft een lading van $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

$$\text{aantal elektronen} = \frac{0,50 \cdot 10^{-3}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,1 \cdot 10^{15}$$

- d) $P = 50 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ J/s}$.
Eén foton heeft een energie van $57 \text{ keV} = 9,13 \cdot 10^{-15} \text{ J}$.

$$\text{aantal fotonen} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{9,13 \cdot 10^{-15}} = 5,5 \cdot 10^{12}$$

- e) Er geldt:

$$H = w_r \cdot D$$

$$* w_r = 1, \text{ want het is röntgenstraling}$$

$$* D = \frac{E}{m}$$

$$* m = 350 \text{ g} = 0,350 \text{ kg}$$

$$* E = \eta \cdot P \cdot t$$

$$* \eta = 20\% = 0,20$$

$$* P = 50 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$* t = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\Rightarrow E = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$\Rightarrow D = 2,286 \cdot 10^{-4} \text{ Gy}$$

$$\Rightarrow H = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}$$

- f) Als het doordringend vermogen van de röntgenstraling te groot zou zijn, dan zou de straling het bot even gemakkelijk kunnen doordringen als het spierweefsel en zou waarschijnlijk alleen met metaalplaatje te zien zijn.

- g) Als het doordringend vermogen van de röntgenstraling te klein zou zijn, dan zou de röntgenstraling het spierweefsel en de huid net zo moeilijk kunnen doordringen als het botweefsel en zou waarschijnlijk alleen een volledig wit contour van de voet te zien zijn.
- h) Als de anode niet zou draaien zou het volume van de anode waarin de elektronen worden geabsorbeerd zo heet worden dat het gaat smelten. Door de anode te laten ronddraaien wordt de energieafgifte van de elektronen verdeeld over een groter volume van het anodemateriaal.
- i) Er geldt:

$$Q_{\text{toevoer}} = Q_{\text{opwarmen}}$$

$$* Q_{\text{toevoer}} = P \cdot t$$

$$* Q_{\text{opwarmen}} = Q_{\text{molybdeen}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{P \cdot t}{m \cdot c}$$

$$* P = 1 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$* t = 0,10 \text{ s}$$

$$* m = \rho \cdot V$$

$$* \rho = 10,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$* V = A \cdot d = 8,0 \cdot 10^{-6} \cdot 0,30 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow m = 2,448 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

$$* c = 0,26 \cdot 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta T = 1,6 \cdot 10^4 \text{ }^\circ\text{C}$$

- j) Er zijn drie vormen van warmtetransport: stroming, straling en geleiding. De focus wordt gloeiend heet (zo'n 2400 °C) zodat er veel warmtestraling zal ontstaan. Deze warmtestraling verhit de behuizing die veelal met water of olie gekoeld is. Via geleiding zal de focus warmte afvoeren naar de rest van het anodemateriaal. De anode staat via de aandrijfjas ook weer in contact met de behuizing. Doordat er meer warmte aan de anode wordt toegevoerd dan dat gelijktijdig kan worden afgevoerd wordt de anode alsmaar warmer. Een anode mag niet warmer worden dan een bepaalde kritische waarde anders wordt het risico dat de ring die de focus beschrijft over de anode gaat smelten, of de anode als geheel gaat vervormen. Koeling is dus een belangrijk ontwerpaspect van röntgenapparatuur. Bij een CT-scanner worden meerdere röntgenopnamen snel achter elkaar gemaakt. Daar een patiënt niet lang roerloos kan liggen kun je niet telkens wachten totdat de anode weer is afgekoeld.
- k) Een röntgenfoto geeft het scherpste beeld als de focus puntvormig is. Dit is vergelijkbaar met het werpen van schaduwen door een puntvormige lichtbron en een ruimtelijk uitgebreide lichtbron. Hoe groter een lichtbron, hoe meer last je krijgt van halfschaduw.

- l) Een kleinere belichtingstijd heeft als voordeel dat onscherpte ten gevolge van beweging kleiner is. Bij thoraxopname bijvoorbeeld kun je het hart niet even stil zetten, zodat trillingen ten gevolge van het kloppen van het hart de opname onscherp kunnen maken.
Een kleinere belichtingstijd heeft als nadeel dat de stralingsintensiteit hoger moet zijn hetgeen de belasting voor de anode groter maakt. Dezelfde hoeveelheid energie wordt door de anode geabsorbeerd, maar in de kortere tijd kan er minder energie worden afgevoerd waardoor deze heter wordt naarmate de belichtingstijd korter is.
- m) Een gewone röntgenopname is een tweedimensionale opname. Een CT-scan maakt vele röntgenopnamen achter elkaar en voegt deze met behulp van een computerberekening samen tot een driedimensionale weergave.
Om een idee te krijgen van hoe dit werkt kijk eens naar *beide* onderstaande filmpjes.
[Link naar filmpje 1](#) ¹⁾
[Link naar filmpje 2](#) ²⁾
- n) Shrapnel zijn metallische achterblijfselen in het lichaam van bijvoorbeeld explosies. Een MRI-scanner werkt met een magneetveld waardoor deze metallische stukken in beweging zouden kunnen komen en inwendige verwondingen zouden kunnen veroorzaken. Daar een CT-scanner niet met magneetvelden werkt treedt dit risico bij dit type beeldvormende techniek niet op.

