

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

Opgave 1

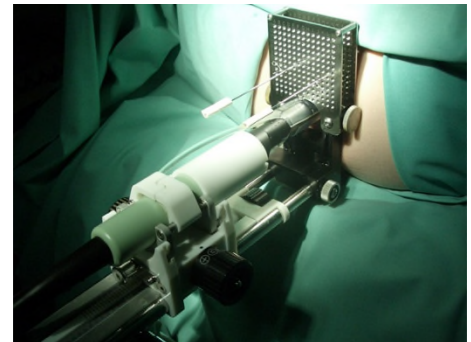
Brachytherapie staat voor inwendige bestraling. Het is een vorm van radiotherapie waarbij een stralingsbron enige tijd in, of in de nabijheid, van ziek weefsel wordt gebracht.

Er zijn twee varianten voor de behandeling van prostaatkanker.

De zogenaamde LDR- (Low Dose Rate, oftewel laag dosistempo) en de HDR- (High Dose Rate, oftewel hoog dosistempo) behandeling.

In het geval van een HDR-behandeling worden iridium-192 bronnen via holle naalden enige tijd in en/of rond het ziek weefsel geplaatst. In nevenstaande afbeelding zie je hoe dit wordt toegepast als behandeling tegen prostaatkanker.

Allereerst worden de naalden (zonder de bron) precies op de juiste plek ingevoerd. Daarna worden de bronnen gedurende een paar minuten via deze buizen in de nabijheid van het zieke weefsel gebracht. Deze behandeling wordt dan over een periode van meerdere dagen of weken een paar keer herhaald.



- a) Geef de vergelijking voor het verval van iridium-192.

De β -deeltjes bij dit verval hebben een energie van slechts 0,6 MeV. β -deeltjes met zo'n lage energie komen in het weefsel maar ongeveer 3 mm ver. Als je bedenkt dat de bron in een capsule zit komen ze nog minder ver, waardoor ze aan de behandeling van de prostaat geen bijdrage leveren. Het zijn de fotonen die voor de eigenlijke dosis zorgen bij deze vorm van bestraling.

Bij één sessie van een bepaalde behandeling moet een stuk weefsel met een massa van 30 g een dosistempo van 20 Gy per uur ontvangen. De behandeling duurt 10 minuten. De gemiddelde energie van de hierbij uitgezonden γ -deeltjes is 350 keV. Neem aan dat alle uitgezonden straling door het stukje weefsel wordt opgenomen.

- b) **Bereken** de gemiddelde activiteit die het ingebrachte iridium moet hebben.

De activiteit van het iridium-192 daalt in de loop van de tijd. Met hetzelfde iridiumpreparaat wordt de behandeling precies vier weken later herhaald. Men wil dan dezelfde stralingsdosis toedienen aan hetzelfde stukje weefsel.

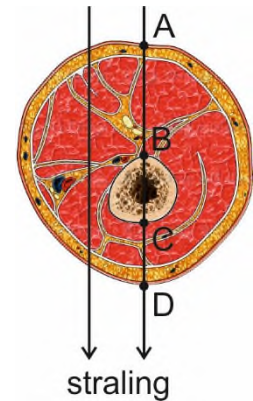
- c) **Bereken** hoe lang de behandeling dan moet duren.

Opgave 2

Men laat röntgenstraling door een menselijk been gaan (zie nevenstaande afbeelding). In de afbeelding zijn twee stralen getekend.

De fotonen hebben een energie van 0,10 MeV.

De aan de linkerkant getekende straal gaat alleen door spier- en vetweefsel heen en de straal rechts door weefsel én bot.



$$AB = 5,0 \text{ cm}$$

$$BC = 4,0 \text{ cm}$$

$$CD = 4,0 \text{ cm}$$

De halveringsdikte van spierweefsel is 4,0 cm.

Die van het bot is 2,1 cm.

- Beredeneer** welke van de twee stralen op het negatief van de foto de sterkste zwarting veroorzaakt.
- Bereken** hoeveel % van de oorspronkelijke stralingsintensiteit bij de linker straal geabsorbeerd wordt.
- Bereken** hoeveel % van de oorspronkelijke stralingsintensiteit bij de rechter straal geabsorbeerd wordt.

Om het personeel te beschermen tegen straling maakt men onder andere gebruik van een loden schort.

- Bereken** hoe dik het lood moet zijn als het 99,9% van de straling moet tegenhouden. Zoek de halveringsdikte van lood op in BiNaS.

Opgave 3

Lees eerst onderstaande tekst.

In 1901 ontving Wilhelm Röntgen de allereerste Nobelprijs voor natuurkunde 'ter erkenning van de buitengewone diensten die hij heeft geleverd door de ontdekking van de opmerkelijke straling'. Röntgen deed rond 1895 veel onderzoek aan de elektronenbuis. In een elektronenbuis botst een bundel elektronen op een stuk metaal. Ondanks de kartonnen afscherming van de buis zag Röntgen een scherm oplichten dat in de buurt van de elektronenbuis stond. Bij een herhaling van de proef trad opnieuw het lichtverschijnsel op. Vanaf dat moment onderzocht Röntgen systematisch de eigenschappen van deze nieuwe straling, die hij X-straling noemde, naar de onbekende variabele in de wiskunde. Tegenwoordig wordt X-straling ook Röntgenstraling genoemd.



- a) Is X-straling voor onze ogen zichtbaar?
- A Ja, de golflengte van X-straling is groter dan 750 nm.
 - B Ja, de golflengte van X-straling is kleiner dan 350 nm.
 - C Nee, de golflengte van X-straling is groter dan 750 nm.
 - D Nee, de golflengte van X-straling is kleiner dan 350 nm.
- b) Is de frequentie van X-straling groter of kleiner dan die van het zichtbare licht?
- A Groter, de energie van het X-foton is groter.
 - B Kleiner, de energie van het X-foton is groter.
 - C Groter, de energie van het X-foton is kleiner.
 - D Kleiner, de energie van het X-foton is kleiner.
- c) Waar ontstaat de X-straling die Röntgen ontdekte?
- A In het metaal in de röntgenbuis.
 - B In de kartonnen afscherming van de röntgenbuis.
 - C In het scherm dat in de buurt stond van de röntgenbuis.
- d) Zou de veronderstelling van Röntgen kunnen kloppen?
- A Ja, X-straling is ioniserende straling.
 - B Ja, X-straling is radioactieve straling.
 - C Nee, X-straling is ioniserende straling.
 - D Nee, X-straling is radioactieve straling.

Röntgen ontdekte dat het skelet met X-straling kan worden afgebeeld. Twee weken na deze ontdekking nam Röntgen een foto van de hand van zijn vrouw. Zie nevenstaande afbeelding. Toen zij haar handbotjes zag, riep zij: "Ik heb mijn overlijden gezien!"

- e) Is de halveringsdikte van zacht weefsel voor deze X-straling groter dan, even groot als, of kleiner dan van hard weefsel?
- A kleiner
 - B even groot
 - C groter

