

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.**

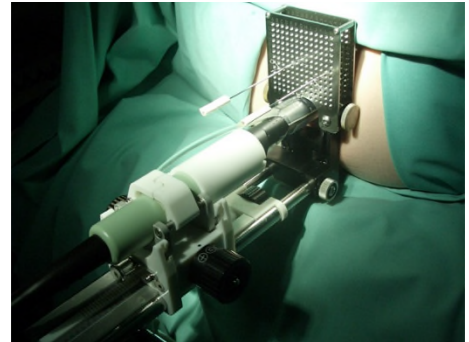
Opgave 1

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

Jood-131 (atoomnummer 53) wordt onder andere gebruikt voor behandeling van schildklieraandoeningen.

Jood-131 vertoont bèta-verval en heeft een halveringstijd van 8,0 dagen.

Men heeft voor een onderzoek aan een patiënt een preparaat nodig met een activiteit van precies 150 MBq.

De behandeling wordt om 8:00 uur 's ochtends uitgevoerd.

Het jood-131 preparaat wordt de dag tevoren om 6:00 uur 's ochtends verstuurd.

- Geef de vervalvergelijking voor het verval van jood-131.
- Bereken** de activiteit die het preparaat op het moment van versturen moet hebben om precies de gewenste activiteit te hebben op het moment van de behandeling.

Het preparaat (activiteit van 150 MBq) bevat 10^{13} kernen radioactief jood-131.

65% van dit aantal jodiumkernen wordt opgenomen in de schildklier.

De schildklier heeft gemiddeld een massa van 15 g.

De rest zal via de urine het lichaam verlaten.

De gemiddelde energie van een bèta-deeltje bedraagt $9,6 \cdot 10^{-14}$ J. De stralingsweegfactor voor deze bèta-straling bedraagt 2.

- Bereken** de equivalente dosis die de schildklier op den duur zal ontvangen ten gevolge van deze behandeling.

Patiënten zullen in totaal 35% van het radioactieve jodium via hun urine uitscheiden. De eerste twee keer dat de patiënten na de behandeling naar toilet gaan zullen zij 90% van deze hoeveelheid uitscheiden. In een ziekenhuis worden al gauw 10 van deze behandelingen per dag uitgevoerd.

Daar ziekenhuizen niet zomaar radioactiviteit op het grondwater mogen lozen, wordt op radiologische afdelingen het toiletspoelwater in de kelder opgevangen in opslagtanks. Een ziekenhuis mag het afvalwater lozen als de concentratie radioactiviteit niet meer dan 100 Bq per liter bedraagt.

Neem aan dat patiënten uit het ziekenhuis worden ontslagen nadat zij twee keer naar toilet zijn geweest. Neem tevens aan dat zij vrij snel na de behandeling twee keer naar toilet moeten, zodat de effecten van radioactief verval op de activiteit kunnen worden verwaarloosd.

- Bereken** de activiteit die 10 patiënten aan de opslagtank toevoegen. De capaciteit van één opslagtank bedraagt 500 L. De activiteit in de tank bedraagt op een zeker moment 409,6 MBq.

- Bereken** hoe lang de tank minimaal moet staan voordat deze op het riool mag worden geloosd.

