

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

In de geneeskunde wordt sinds lange tijd gebruik gemaakt van ioniserende straling om tumoren te behandelen. Vroeger gebruikte men daarbij vaak de isotoop radium-226. Een kleine hoeveelheid hiervan bracht men aan op de punt van een naald die in de tumor werd gestoken. Ra-226 zendt α - en γ -straling uit.

Sinds kort is een nieuwe bestralingsmethode ontwikkeld: bestraling met snelle protonen.

Deze methode heeft voordelen ten opzichte van bestraling met γ -fotonen.

In nevenstaande afbeelding is zowel voor γ -fotonen als protonen de (geabsorbeerde) dosis weergegeven als functie van de indringdiepte. Ook is aangegeven op welke diepte de tumor zich bevindt.

Kenmerkend voor protonen is de piek in de grafiek. De plaats waar deze piek optreedt, hangt af van de energie van de protonen. Die energie kan men instellen.

a) Noem aan de hand van de afbeelding twee voordelen van bestraling met protonen ten opzichte van bestraling met γ -fotonen.

Men wil een oogtumor met een massa van 4,2 mg met protonen bestralen.

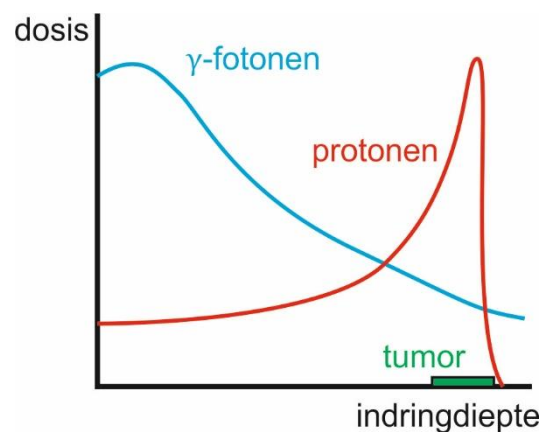
De protonenbundel die er op gericht wordt, bevat $7,8 \cdot 10^3$ protonen per seconde.

De energie van elk proton is 70 MeV. De protonen geven 80% van hun energie af aan het weefsel van de tumor.

De tumor moet een stralingsdosis (de geabsorbeerde energie per kg) opnemen van 60 Gy, verdeeld over 30 bestralingen.

b) **Bereken** hoe lang elke bestraling moet duren.

Neem daarbij aan dat alle protonen de tumor treffen.



Opgave 2

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

Jood-131 vertoont bèta-afval 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.

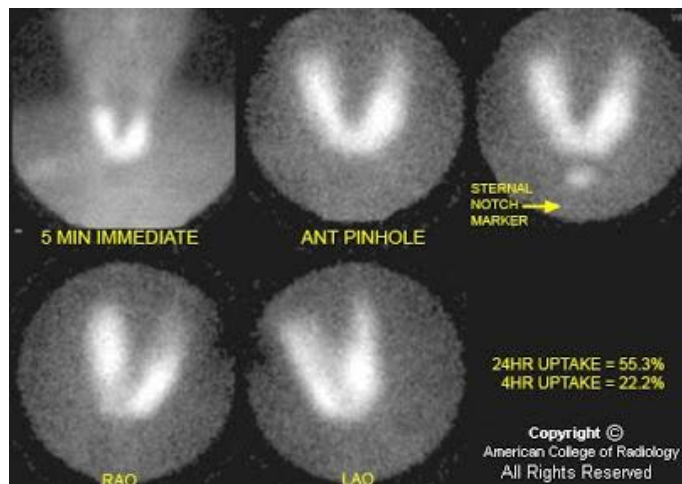
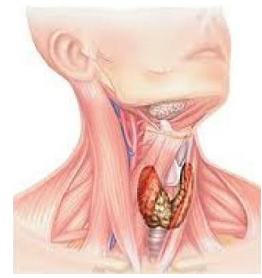
Patiënten zullen in totaal 35% van het radioactieve jodium via hun urine uitscheiden. De eerste twee keer dat de patiënten na de behandeling naar toilet gaan zullen zij 90% van deze hoeveelheid uitscheiden. In een ziekenhuis worden al gauw 10 van deze behandelingen per dag uitgevoerd.

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.



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.
- Röntgen kreeg tijdens zijn onderzoek met de elektronenbuis soms last van een rode huid. Hij dacht dat dit veroorzaakt zou kunnen worden door de X-straling.
- 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.

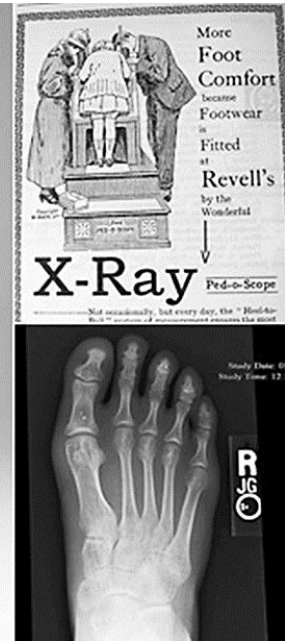


Röntgen ontdekte dat het skelet met X-straling kan worden afgebeeld. Twee weken na deze ontdekking nam Röntgen een foto van de hand van zijn vrouw. Zie nevenstaande afbeelding. Toen zij haar handbotjes zag, riep zij: "Ik heb mijn overlijden gezien!"

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

Halverwege de vorige eeuw stonden in schoenenwinkels apparaten die gebruikmaakten van X-straling waarmee je kon zien of de schoen die je aan had wel paste. Kinderen konden door hun schoen heen de voetbotjes zien bewegen. Zie nevenstaande afbeelding. De energie die een kindervoet van 350 g per minuut absorbeerde, was bij deze machine 0,21 J. De weegfactor w_T voor X-straling is 0,95. Een kind hield gedurende 15 s zijn of haar voet in de machine.



f) **Bereken** de equivalente dosis die de voet van het kind in 15 s ontving.