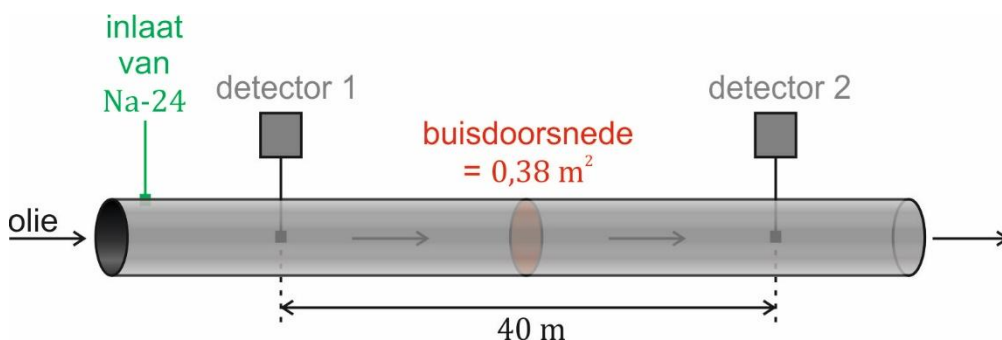


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Opgave 1

Om de snelheid te bepalen waarmee olie door een buis stroomt, wordt uit een voorraadvat een zeer kleine hoeveelheid radioactief natrium-24 in de olie gespoten. Verderop staan twee detectoren langs de buis, op een onderlinge afstand van 40 m. Deze detectoren meten de activiteit van de langstromende olie (zie onderstaande afbeelding).



Bij elke detector wordt het tijdstip genoteerd waarop de activiteit in de langstromende olie maximaal is. Er wordt een tijdsverschil van 80 s gemeten.

De dichtheid van de olie is $0,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- Bepaal** de massa van de olie die per seconde door de buisdoorsnede stroomt.
- Geef de vervalvergelijking van natrium-24.

Bij het begin van de metingen is de activiteit van het radioactieve materiaal in het voorraadvat 28 kBq/cm^3 . Het voorraadvat moet vervangen worden als de activiteit per cm^3 radioactief materiaal gedaald is tot 875 Bq .

- Bereken** na hoeveel tijd het voorraadvat vervangen moet worden als er in de tussentijd geen natrium-24 uit het voorraadvat gehaald wordt.

Iemand werkt 1,5 uur lang dicht bij het voorraadvat met natrium-24. De activiteit van het natrium-24 is gedurende deze periode gemiddeld $2,1 \text{ MBq}$. Het gedeelte van zijn lichaam dat de straling absorbeert, heeft een massa van 120 g . Slechts $2,3\%$ van de uitgezonden straling wordt door zijn lichaam geabsorbeerd. Neem aan dat alle β -deeltjes de in het informatieboek BiNaS vermelde maximale energie bezitten.

- Bereken** de stralingsdosis (de geabsorbeerde dosis) die deze persoon ontvangt. Noteer jouw antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

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.

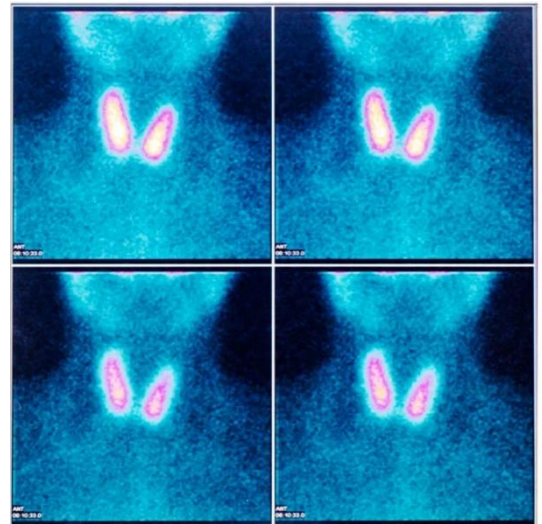
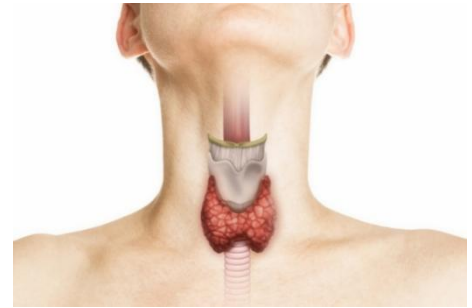
Daar ziekenhuizen niet zomaar radioactiviteit op het grondwater mogen lozen, wordt op radiologische afdelingen het toiletspoelwater in de kelder opgevangen in opslagtanks. Een ziekenhuis mag het afvalwater lozen als de concentratie radioactiviteit niet meer dan 100 Bq per liter bedraagt.

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** hoeveel dagen de tank minimaal moet staan voordat deze op het riool mag worden geloosd. Noteer jouw antwoord in twee significante cijfers.



Opgave 3

Max is een groot vleesliefhebber vooral wild. Duitsland is een belangrijk gebied waar veel van het wild dat bij Nederlandse poeliers in de winkel ligt vandaan komt. Na het reactorongeluk in Tsjernobyl in 1986 zijn bepaalde gebieden in Duitsland besmet geraakt met radioactief cesium-137. Wilde zwijnen kunnen vanwege hun voedingsgewoonten nog steeds belast zijn met radioactiviteit van dat reactorongeluk.

Cesium-137 vervalt met een halveringstijd van 30,2 y naar het stabiele barium-137. Dit gebeurt in twee stappen allereerst vervalt het cesium-137 naar een aangeslagen toestand van barium-137 (^{137m}Ba). Vanuit de aangeslagen toestand vervalt barium-137m dan naar barium-137.



- Geef de vervalvergelijking voor het verval van cesium-137 naar barium-137m.
- Geef de vervalvergelijking voor het verval van barium-137m naar barium-137.
- Toon aan** dat er bij het verval van cesium-137 naar barium-137 in totaal 1,19 MeV aan energie vrijkomt.

Als een mens dit radioactief belast vlees eet zal het cesium-137 in het lichaam worden opgenomen, voornamelijk in de botten.

- Geef twee argumenten waarom de mens waarschijnlijk niet alle straling van het opgenomen cesium-137 zal absorberen.

De biologische halveringstijd voor cesium-137 bedraagt 110 dagen.

- Leg uit** wat dat betekent.

Voor de verkoop van wildzwijnvlees is een grenswaarde van 600 Bq/kg vastgelegd die niet mag worden overschreden. De massa van Max bedraagt 65 kg.

- Bereken** de geabsorbeerde dosis die Max oploopt gedurende het eerste jaar na het eten van 250 g wildzwijnvlees dat met 600 Bq/kg is belast.

Ga ervan uit dat de helft van de energie die bij één vervalgebeurtenis vrijkomt in het lichaam wordt geabsorbeerd en dat de gemiddelde activiteit gedurende het eerste jaar gelijk is aan 40% van de beginactiviteit.

In 2012 heeft het Bundesamt für Strahlenschutz een steekproef gedaan naar de belasting van wildzwijnvlees. Sommige waarden bedroegen wel 9,8 kBq/kg.

- Leg uit** of Max zich zorgen moet maken als hij 250 g van dergelijk zwaarder belast vlees eet.