

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

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

Jood-131 vertoont bèta-erval 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.

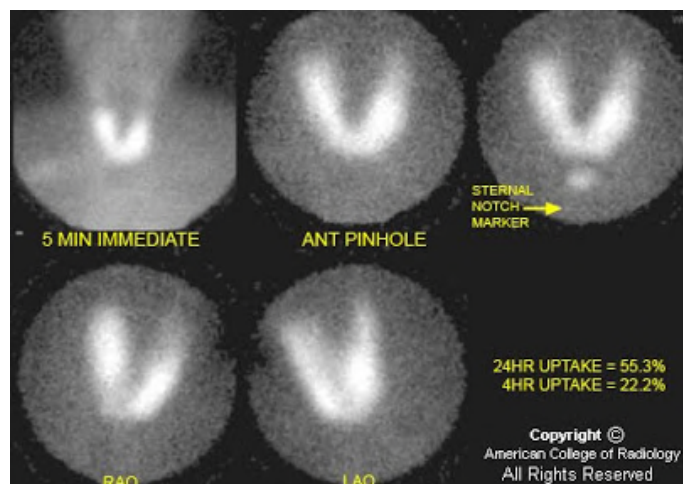
De rest zal via de urine het lichaam verlaten.

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.

d) **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.

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

Opgave 2

Tijdens de maanmissies in de jaren 60 en 70 van de vorige eeuw zijn stenen van de maan meegenomen naar de aarde. Zie nevenstaande afbeelding.

Deze stenen zijn tijdens de vorming van de maan ontstaan door het stollen van magma. Tijdens het stollen zijn diverse soorten isotopen ingesloten in de steen, waaronder de instabiele isotoop Rb-87.

Rb-87 vervalst tot het stabiele Sr-87. Bij deze vervalreactie wordt een deeltje uitgezonden

a) Welk deeltje komt bij de vervalreactie vrij?

- A elektron
- B neutron
- C proton
- D α -deeltje



Dankzij deze vervalreactie is het voor een onderzoeker mogelijk om de leeftijd van één van deze stenen te bepalen. Hiervoor moet eerst de halveringstijd van Rb-87 bekend zijn. De halveringstijd van Rb-87 is groter dan de ouderdom van de aarde zodat de activiteit van Rb-87 tijdens een mensenleven bijna constant is. Om toch de halveringstijd van Rb-87 te kunnen bepalen, wordt gebruikgemaakt van de formule:

$$A = \frac{0,693 \cdot N}{t_{1/2}}$$

Hierin is:

- A de activiteit in Bq,
- N het aantal instabiele kernen
- en $t_{1/2}$ de halveringstijd in s.

De onderzoeker bepaalt van 1,0 mg Rb-87 de activiteit. Deze is 3,09 Bq. De onderzoeker vindt vervolgens een halveringstijd van $4,9 \cdot 10^{10}$ jaar.

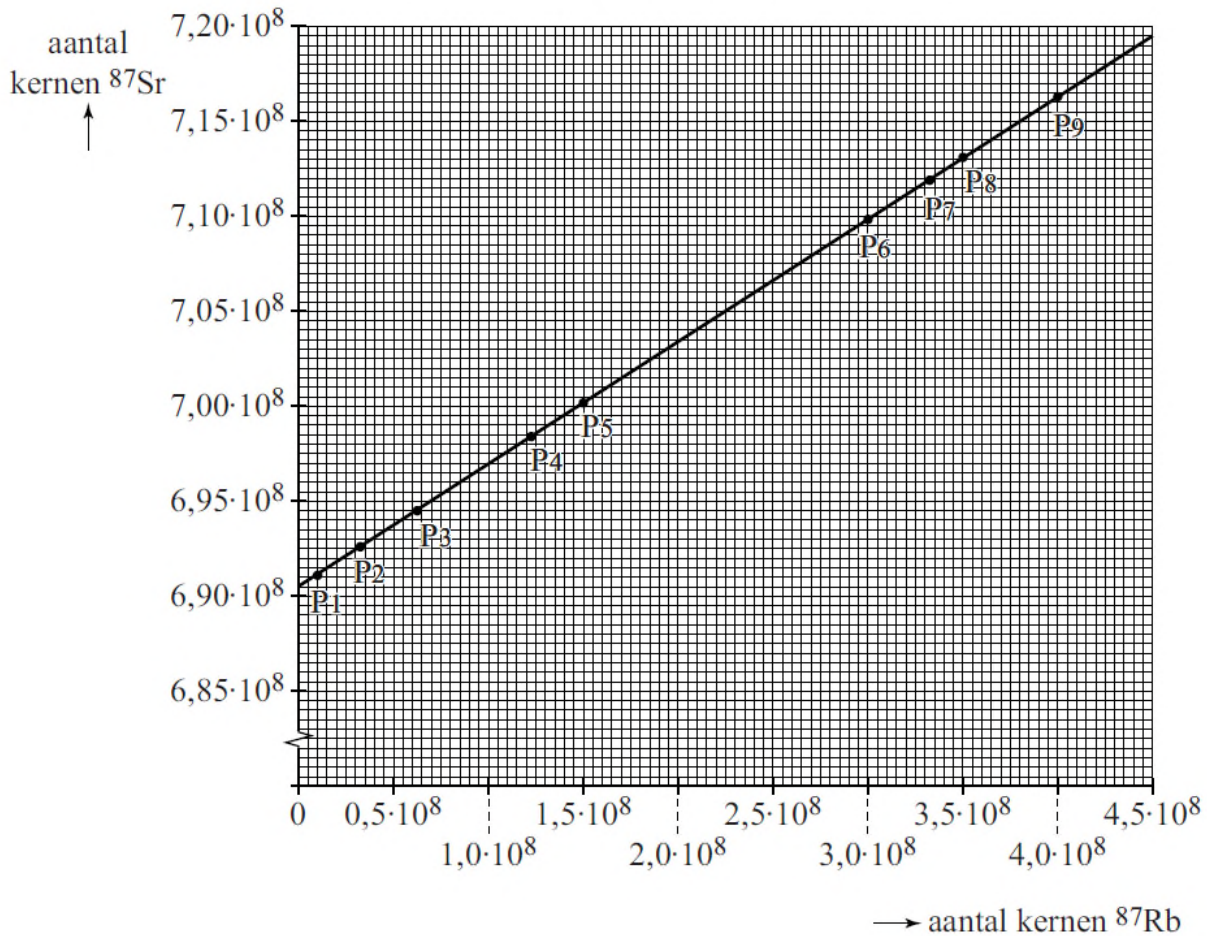
b) Toon dat aan met een **berekening**.

Voor de leeftijdsbepaling zaagt de onderzoeker de steen in negen even grote stukken. Van ieder stuk steen wordt het volgende bepaald:

- het aantal instabiele Rb-87 kernen;
- het aantal stabiele Sr-87 kernen (het vervalproduct van Rb-87).

Ondanks dat de stukken steen hetzelfde volume hebben, blijkt het aantal Rb-87 en Sr-87 kernen niet in ieder stuk hetzelfde te zijn. De verdeling van de kernen door de steen was dus niet overal gelijk.

Voor ieder stuk steen P₁ tot en met P₉ is in een diagram het aantal kernen Sr-87 uitgezet tegen het aantal kernen Rb-87. Zie onderstaand diagram.



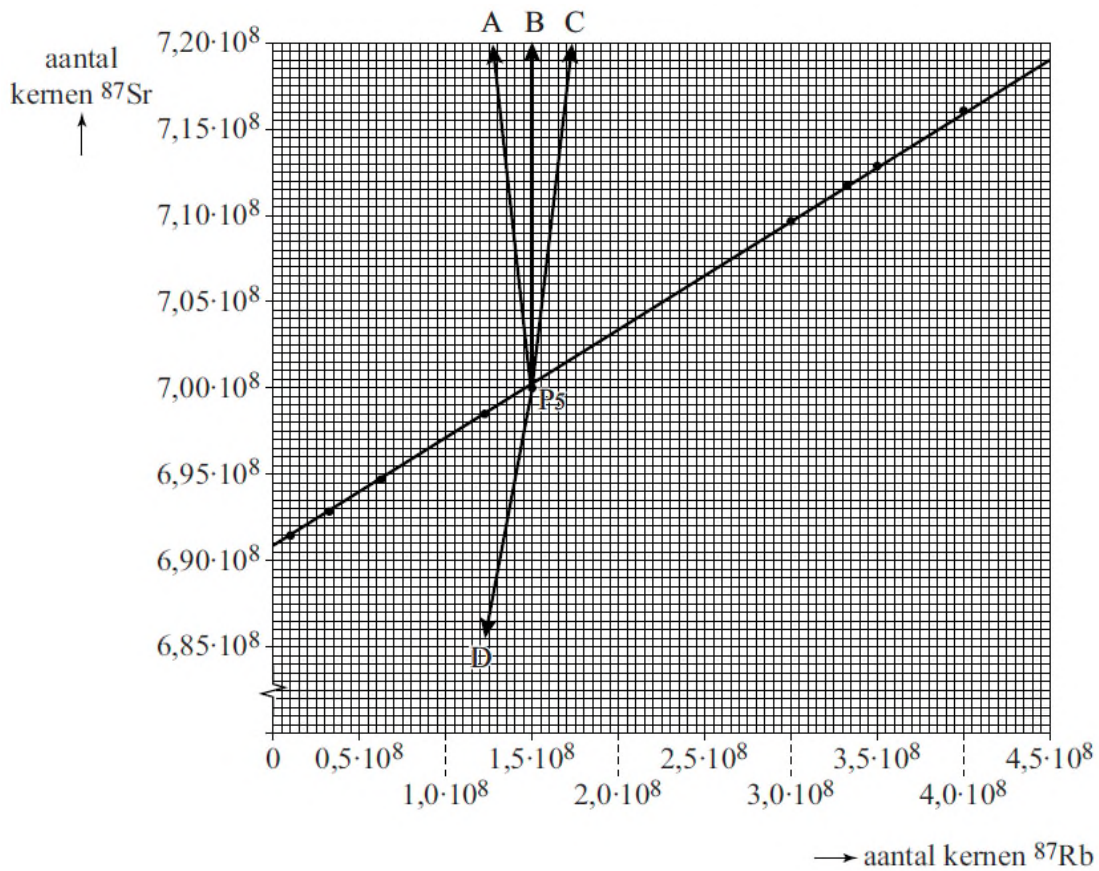
Met behulp van de steilheid van de lijn in bovenstaand diagram kan de onderzoeker de leeftijd t van de hele steen bepalen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de formule:

$$\text{steilheid} = \frac{0,693 \cdot t}{t_{1/2}}$$

De halveringstijd is $4,9 \cdot 10^{10}$ jaar.

c) **Bepaal** de leeftijd van de steen.

Naarmate de steen ouder wordt, vervallen er meer kernen. De plaats van meetpunt P₅ schuift daardoor op in het diagram. In onderstaande afbeelding staan vier mogelijke verplaatsingen van meetpunt P₅ in het diagram.



d) Welke pijl geeft de juiste verplaatsing aan van punt P₅ tijdens het verouderen van de steen?