

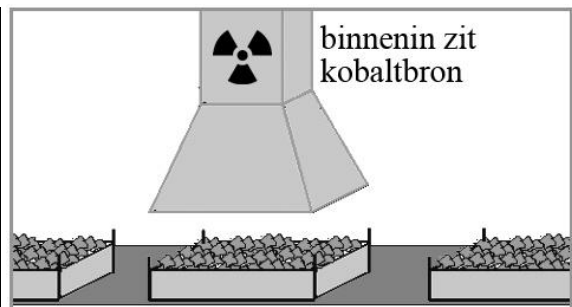
Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

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

Opgave 1

Door bestraling kunnen bacteriën en insecten in voedselproducten onschadelijk worden gemaakt. De producten blijven daardoor langer houdbaar. Lees het artikel hieronder.

De houdbaarheid van bijvoorbeeld aardbeien kan aanzienlijk vergroot worden door de vruchten na het plukken te doorstralen met γ -straling. Niet alleen de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor het rottingsproces worden onschadelijk gemaakt, maar ook insecten en eitjes van insecten. Als stralingsbron wordt kobalt-60 gebruikt dat bij verval β - en γ -straling uitzendt. De kistjes fruit komen via een lopende band onder de bestraler. Dan stopt de band even en wordt het fruit enige tijd doorstraald. Daarna schuift het volgende kistje onder de bestraler.

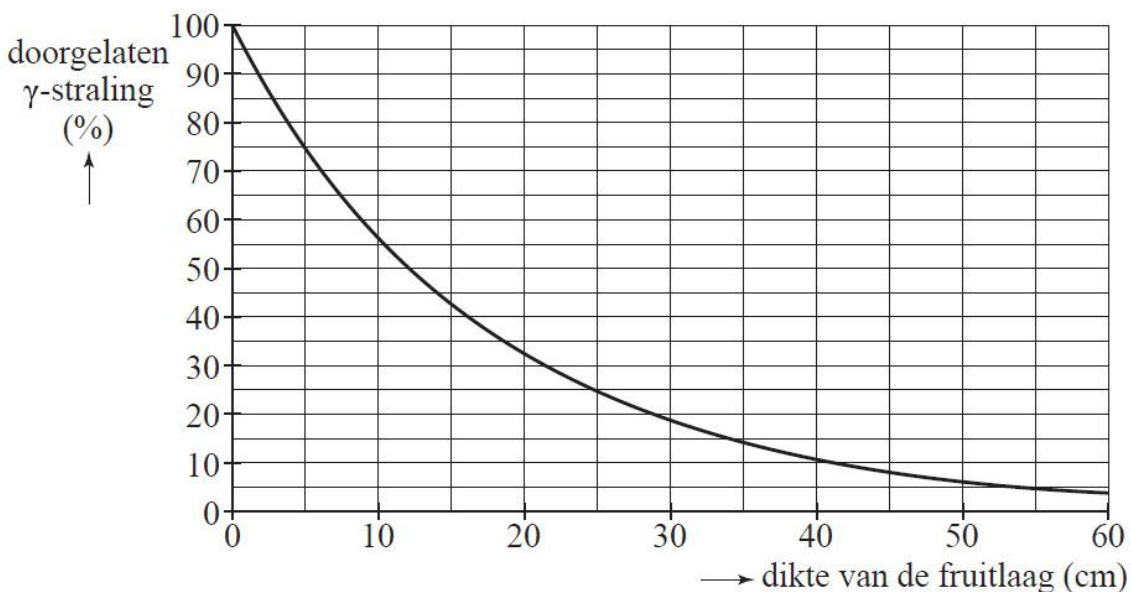


a) Geef de vervalreactie van kobalt-60.

De β -straling die het kobalt uitzendt, draagt nauwelijks bij aan het onschadelijk maken van bacteriën en insecten in het fruit.

b) Geef daarvoor de reden.

De grafiek in onderstaande afbeelding geeft aan hoeveel procent van de γ -straling door een laag fruit van een bepaalde dikte wordt doorgelaten.



c) **Bepaal** de halveringsdikte van fruit voor de γ -straling van kobalt.

Na verloop van tijd vermindert de activiteit van de kobaltbron. De bron blijft bruikbaar tot zijn activiteit gedaald is tot 12,5% van de oorspronkelijke waarde.

d) **Bereken** na hoeveel jaar de bron vervangen moet worden.

Het doorstralen van voedsel met γ -straling gebeurt op grote schaal. Toch bestaan in consumentenkringen bezwaren tegen deze manier van houdbaar maken van voedsel. Men stelt vragen als: "Wordt het bestraalde voedsel zelf radioactief?"

e) Beantwoord deze vraag. Licht je antwoord toe.

Opgave 2

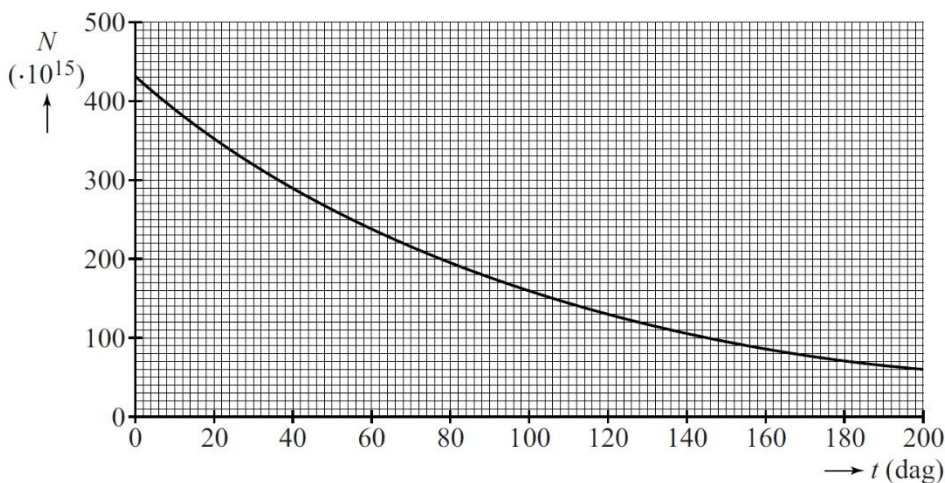
Renium-188-HEDP is een vorm van bestraling die gebruikt wordt om bontumoren te behandelen. Atomen van het radioactieve renium-188 (Re-188) worden daarvoor gekoppeld aan atomen van een stof die door botten wordt opgenomen. Hiermee kan men specifieke tumoren in botten bestralen.

Re-188 ontstaat door het verval van wolfram-188 (W-188). In een laboratorium wordt eerst van het stabiele W-186 het isotoop W-188 gemaakt.

a) Hoe verschillen de atomen W-186 en W-188 van elkaar?

- A Een atoom W-188 heeft alleen twee elektronen meer dan een atoom W-186.
- B Een atoom W-188 heeft alleen twee neutronen meer dan een atoom W-186.
- C Een atoom W-188 heeft alleen twee protonen meer dan een atoom W-186.
- D Een atoom W-188 heeft twee protonen en twee elektronen meer dan een atoom W-186.

Een laborant heeft een bepaalde hoeveelheid W-188 aangemaakt op $t = 0$ s. In onderstaande afbeelding staat de grafiek van het verdere verloop van het aantal kernen W-188 als functie van de tijd.



b) **Bepaal** de activiteit van het wolfram op $t = 0$ s.

Re-188 is een β - en γ -straler. In nevenstaande tabel staan een aantal eigenschappen van Re-188.

c) Geef de vergelijking van de vervalreactie van Re-188 waarbij ook een γ -foton wordt uitgezonden.

d) **Leg uit** welke soort straling de grootste bijdrage aan de behandeling van de bontumor levert.

Geef twee argumenten waarom de bijdrage van die soort straling het grootst is.

Eigenschap	Re-188
Uitgezonden straling	β en γ
Energie van de γ -fotonen	0,155 MeV
Energie van de β -deeltjes	2,12 MeV
Halveringstijd	17 uur

In het ziekenhuis kan de arts een hoeveelheid van het gevormde renium uit de generator halen voor de behandeling van een patiënt. Bij deze patiënt wordt een hoeveelheid renium-188 toegediend met een activiteit van 120 MBq. Omdat renium vervalt en ook wordt uitgescheiden via de urine, is de totale stralingsbelasting door de β -straling voor het lichaam niet zo hoog, namelijk 0,070 mGy per toegediende MBq.

e) **Bereken** de equivalente dosis die de patiënt als gevolg van de β -straling zal ontvangen.