

PRAKTISCHE OPDRACHT RADIOACTIVITEIT/MODELLEREN

LEERDOELEN:

Je kunt:

- de werking van een iteratief proces begrijpen en uitleggen.
- het verschil uitleggen tussen startwaarden en modelregels.
- numerieke modellen maken en ermee werken.
- Een model opstellen van een vervalreeks.

INLEIDING:

In de natuur komen isotopen voor, die je in eerste aanleg niet zou verwachten. De halveringstijd van die isotopen is namelijk zo kort, dat ze er al lang niet meer hadden kunnen zijn. De verklaring hiervoor is dat deze isotopen continue bijgemaakt worden. Er zijn een aantal zogenaamde vervalreeksen, reeksen van instabiele isotopen, die elkaar opvolgen bij het verval, totdat de reeks eindigt in een stabiele isotoop.

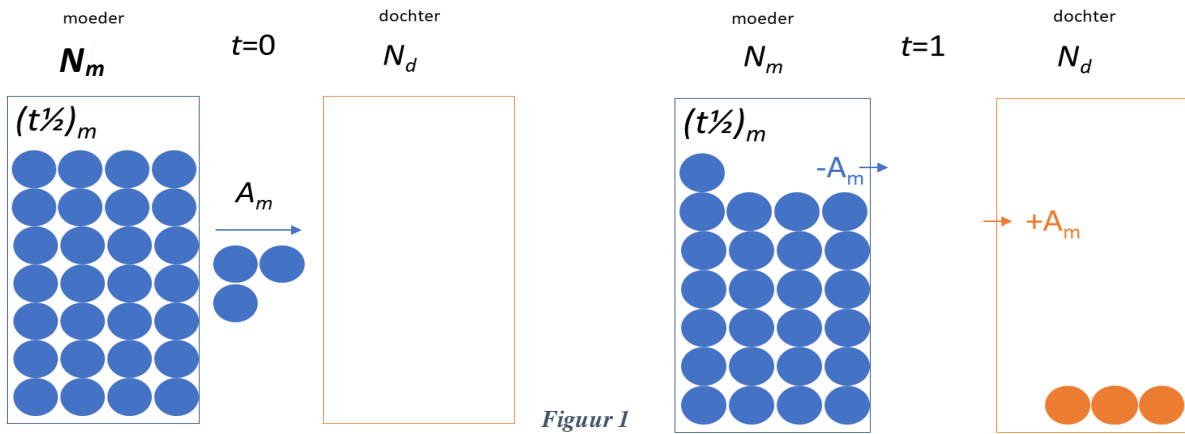
In deze praktische opdracht ga je een vervalreeks numeriek modelleren. Modelleren maakt onderdeel uit van de eindexamenstof! Vanuit de meest eenvoudige situatie, een bron met instabiele atomen die vervallen tot een stabiel isotoop, ga je het model uitbreiden tot een vervalreeks met drie instabiele isotopen en één stabiel eindisotoop.

Vaak wordt er bij een vervalreactie gesproken van een instabiele 'moeder' isotoop die vervalt tot een 'dochter' isotoop. Bij méér dan twee isotopen wordt deze terminologie uitgebreid met 'grootmoeder' en 'kleindochter'.

SOFTWARE:

Modelleren doe je op deze website: [modelleertaal](#). Deze modelleeromgeving lijkt erg op die van 'Coach Modelleren'. Tip: gemaakte modellen kun je opslaan en later weer openen. Dit scheelt werk. Bekijk ook de korte video over het werken met [modelleertaal](#), '[uitleg programma modelleertaal](#)'.

I MOEDER-DOCHTER VERVAL



Figuur 1

Bekijk, voordat je met deze opdracht begint, de instructiefilm ['uitleg numeriek modelleren radioactiviteit'](#). Kopieer vervolgens het numerieke model van het moeder-dochter verval uit de film (zie figuur 2) naar het programma [modelleertaal](#). Gebruik dezelfde waarden, modelregels en instellingen als in de uitlegfilm.

Modelregels	Startwaarden
$A_m = (0,693/H_m) \cdot N_m$	$N_m = 1E6$
$N_m = N_m - A_m$	$N_d = 0$
$N_d = N_d + A_m$	$H_m = 600$
$t = t + dt$	$t = 0$
	$dt = 1$

Figuur 2

Laat je model nu lopen (druk op 'RUN!').

Je krijgt links van de modelregels je resultaten te zien in een grafiek. Onder de grafiek staat een gedeelte van de modeluitkomsten in een tabel.

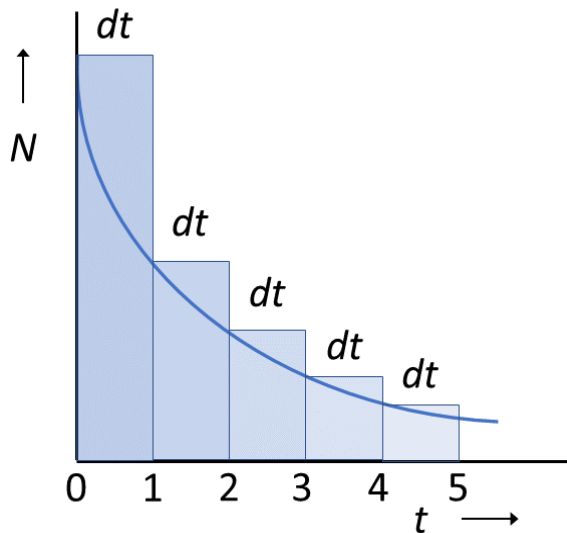
- 1 Ga, met een **berekening** en een formule uit Binas, na of het numerieke model het aantal **dochterkernen** op tijdstip $t = 3600$ s correct heeft bepaald. Zoek hiervoor ook in de onderste regel van de tabel naar de berekende waarde van de hoeveelheid dochterkernen, N_d , op $t = 3600$ s.

Sla de data op als een .TSV bestand en exporteer de resultaten van het model naar Google Spreadsheet (of Excel). Maak, in spreadsheet, een grafiek van de hoeveelheid van de **moederisotoop**, een (N_m, t) -grafiek. Voeg deze grafiek toe aan je meetrapport, bij vraag 2.

- 2 Bepaal **grafisch**, in je (N_m, t) -grafiek, de activiteit van de bron op $t = 0$. Laat duidelijk zien hoe je aan je antwoord komt.

Een numeriek model werkt volgens het principe dat elke grootte in het model gedurende elke tijdstap constant gehouden wordt. Tussen de tijdstappen verspringen deze waarden. Zie ook figuur 3. In figuur 3 is de vervalcurve van een radioactieve bron weergegeven, met een vloeiende blauwe lijn.

De numerieke waarden komen niet precies overeen met de werkelijkheid (de vervalcurve). Hierdoor zal een numeriek model in veel situaties waarden produceren die een klein beetje afwijken van de werkelijke waarden.

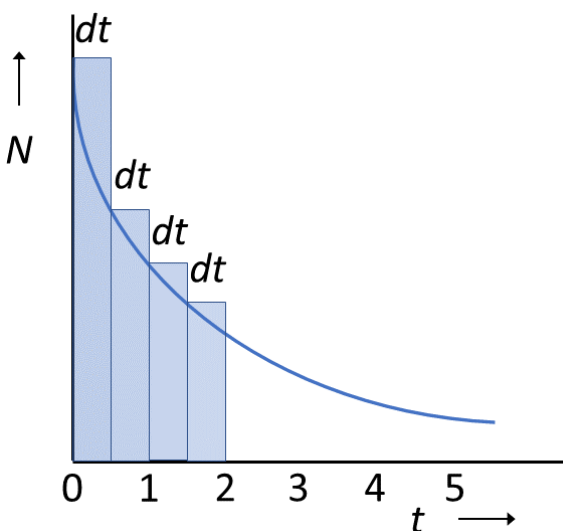


Figuur 3

De lichtblauwe kolommen geven de numerieke waarden van N aan tijdens elke tijdstap (deze zijn in het model constant) in het numerieke model. In het model wordt de hoeveelheid moederatomen op een tijdstip, N , gebruikt om de activiteit, A , gedurende de volgende tijdstap te kunnen berekenen. Het numerieke model van een vervalcurve beschrijft de werkelijkheid niet exact.

- 3** Leg uit, met behulp van figuur 3, of de berekende (numerieke) waarden voor A in de eerste tijdstap te hoog of te laag zijn, vergeleken met de werkelijkheid.

Een numeriek model wordt nauwkeuriger wanneer de grootte van de tijdstap dt kleiner gemaakt wordt. Zie als voorbeeld figuur 4, waarin de situatie is geschetst waarbij dt 2x zo klein is gemaakt.



Figuur 4

In het moeder-dochter model waarmee je nu werkt mag je dt geen andere waarde geven dan 1 (seconde). Dit heeft te maken met het feit dat dit model werkt met het gegeven dat de activiteit A gedefinieerd is als 'deeltjes per seconde'. Het model is hierdoor vereenvoudigd. Deze vereenvoudiging heeft er ook voor gezorgd dat bij sommige modelregels de eenheden links en rechts van het '=' teken niet gelijk zijn aan elkaar.

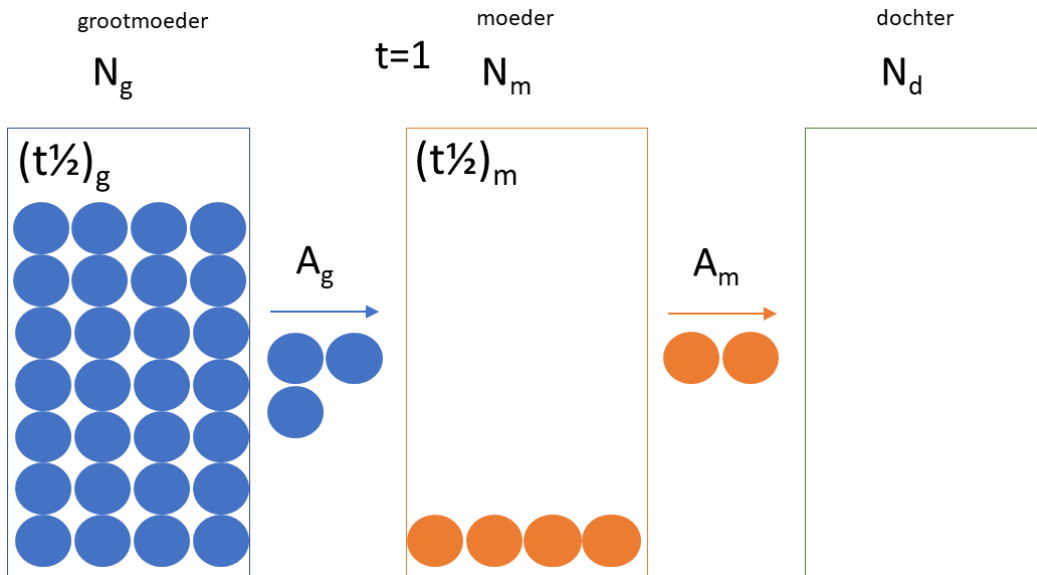
Wil je een numeriek model krijgen die óók werkt met andere waarden van dt dan moeten de modelregels

$$N_m = N_m - A_m \quad \text{en} \\ N_d = N_d + A_m$$

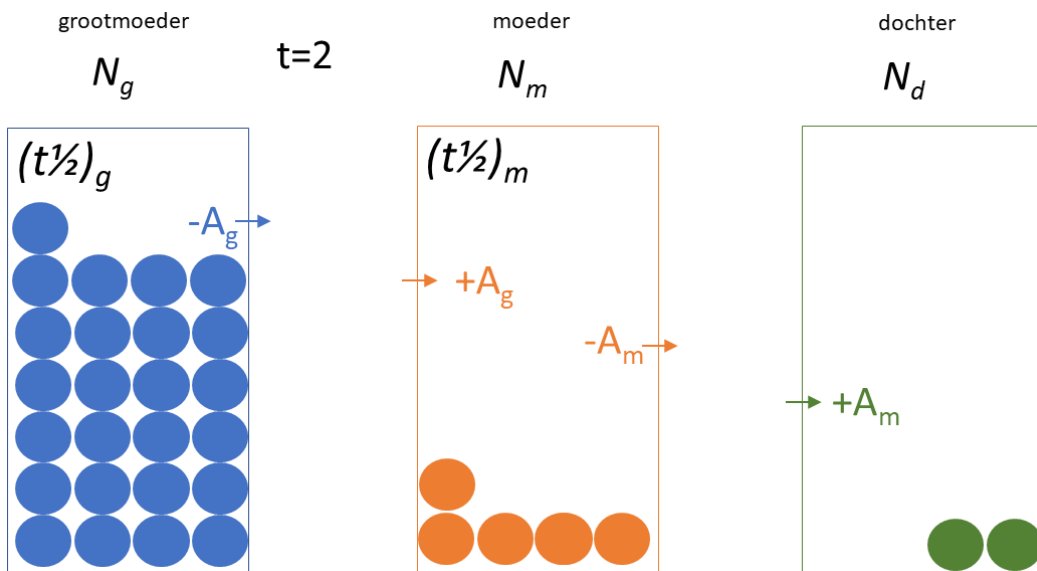
aangepast worden. Na de aanpassing zullen de eenheden links en rechts van het '=' teken ook gelijk zijn aan elkaar.

- 4** Pas de modelregels zó aan dat er in je model ook gerekend kan worden met een waarde van dt die ongelijk is aan 1. Geef deze nieuwe modelregels. Licht je keuze ook kort toe.

II GROOTMOEDER-MOEDER-DOCHTER VERVAL



Figuur 5a



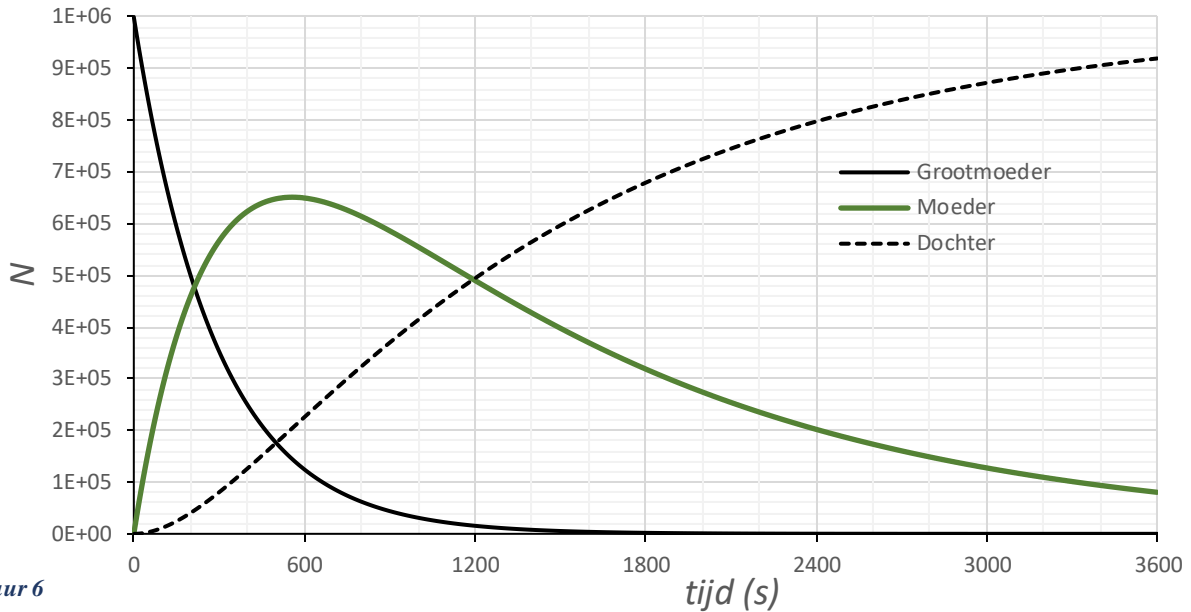
Figuur 5b

Er is sprake van een vervalreeks wanneer er méér dan twee isotopen betrokken zijn bij het verval van een instabiel isotoop tot een stabiel isotoop. Zoals in de situatie waarbij een zogenaamde grootmoeder isotoop vervalst tot een instabiele moederisotoop, die vervolgens weer vervalst tot een stabiele dochterisotoop.

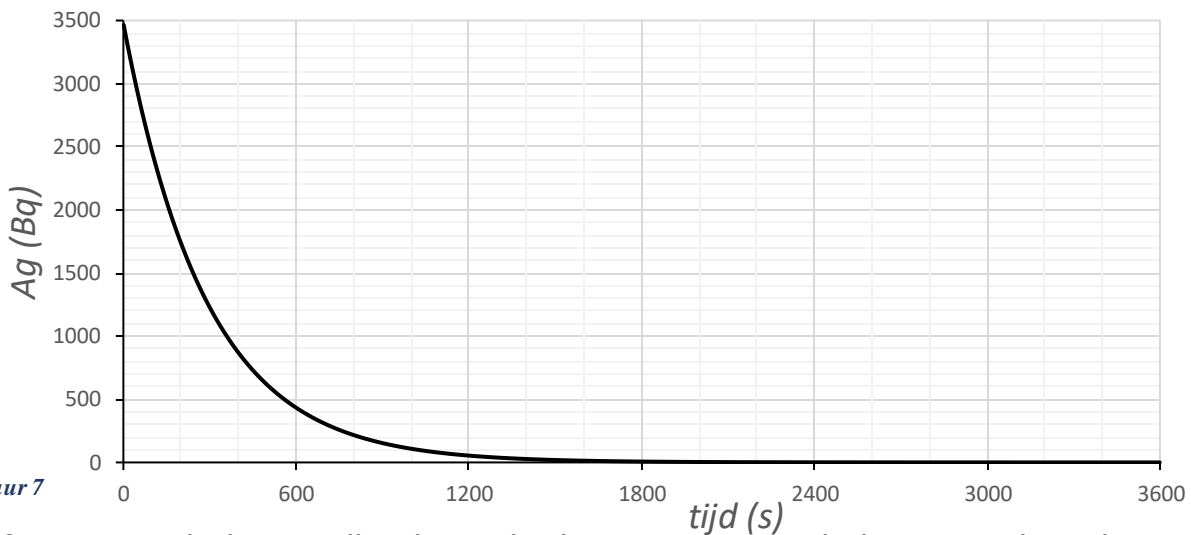
In deze situatie wordt het een stuk lastiger om alle grootheden in de loop van de tijd uit te rekenen met een formule. Maar het numerieke model van deze situatie is helemaal niet veel moeilijker.

In dit grootmoeder-moeder-dochter model worden nu drie verschillende isotopenhoeveelheden meegenomen, N_g , N_m en N_d . En twee verschillende activiteiten, A_g en A_m en halveringstijden, $(t^{1/2})_g$ en $(t^{1/2})_m$. In figuur 5a en 5b is dit proces schematisch weergegeven.

Van deze situatie is ook een numeriek model gemaakt en doorgerekend. Een aantal resultaten zijn weergegeven in figuur 6 en figuur 7.



Figuur 6



Figuur 7

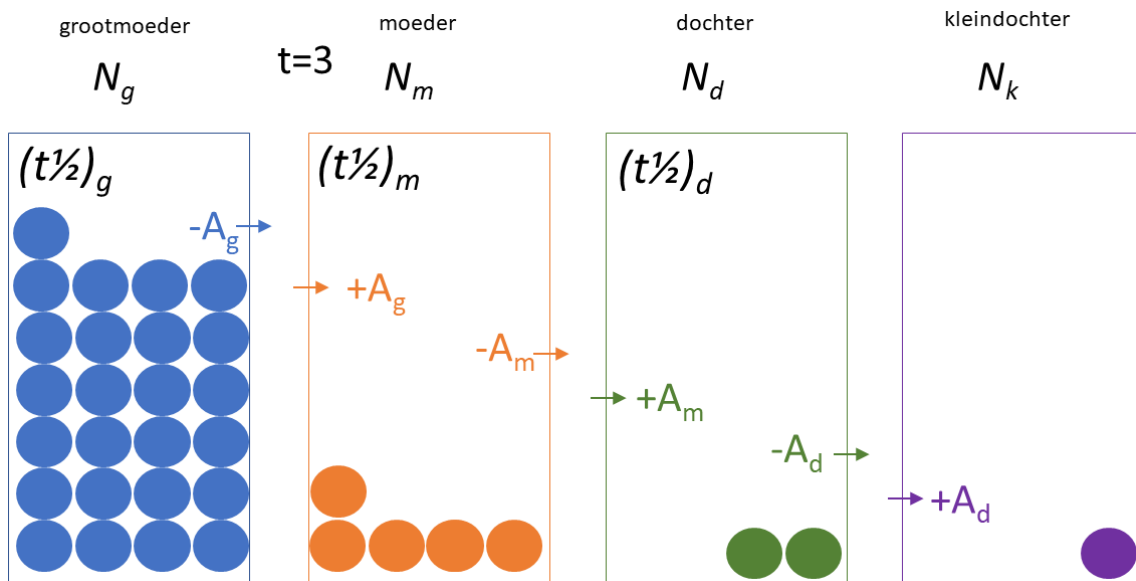
In figuur 6 is de hoeveelheid van de drie isotopen in de loop van de tijd weergegeven. In figuur 7 is het verloop van de activiteit van de **grootmoederisotoop**, A_g , weergegeven in de loop van de tijd.

- 5** Bepaal aan de hand van figuur 7 zo goed mogelijk de **halveringstijd** van de **grootmoederisotoop**. Leg in je antwoord duidelijk uit welke stappen je uitvoert. Kopieer hiervoor figuur 7 naar je antwoord. (figuren 6 en 7 zijn onderaan het document groter terug te vinden).

Na 560 s bevindt er zich, in figuur 6, een piek in de grafieklijn van de **moederisotoop**. Volgens Bente komt dat doordat er op dat tijdstip geen moederatomen vervallen tot dochteratomen.

- 6** Leg uit waarom Bente ongelijk heeft.
- 7** Bepaal, met behulp van figuren 6 en 7, de activiteit van de **moederisotoop** op **$t=560$ s**. Leg duidelijk uit hoe je te werk bent gegaan.
- 8** Bepaal de halveringstijd van de moederisotoop. Gebruik hierbij figuur 6. Bedenk goed waar in de grafiek je hiervoor moet kijken.

III GROOTMOEDER-MOEDER-DOCHTER-KLEINDOCHTER VERVAL



Figuur 8

De modeloepdracht gaat over de situatie waarbij drie instabiele isotopen (grootmoeder, moeder en dochter) samen met één stabiel isotoop (kleindochter) een vervalreeks vormen. Zie figuur 8 voor een overzicht van alle grootheden en de onderlinge verbanden tussen de grootheden.

Maak een numeriek model van deze (verzonnen) vervalreeks. Die reeks bestaat uit een:

Grootmoeder – met een $t_{1/2}$ van 600 s.

Moeder (ontstaat uit de grootmoeder) – met een $t_{1/2}$ van 300 s.

Dochter (ontstaat uit de moeder) – met een $t_{1/2}$ (in seconden) die gelijk is aan de som van het getal van de eerste twee cijfers uit je leerlingnummer plus het getal van het derde en vierde cijfer van je leerlingnummer.

Voorbeeld: je leerlingnummer is **4050**. $t_{1/2, \text{dochter}}$ wordt **40+50=90 s**

Kleindochter (ontstaat uit de dochter) – stabiel.

In figuur 9 is het numerieke model al gedeeltelijk voor je ingevuld. Alle startwaarden zijn al voor je ingevuld, behalve de halveringstijd, Hd , van de dochterisotoop.

De regels 3 t/m 8 zijn nog niet ingevuld.

- 9 Vul zelf deze modelregels aan, zó dat het model correct werkt (zie ook figuur 8 voor hulp). Reken je model weer door tot $t=3600$ s. Maak een **printscreen** van je modelregels en startwaarden en voeg deze toe aan je meetrapport.

Modelregels	Startwaarden
$Ag=(0,693/Hg)*Ng$	$Ng=1E6$
$Ng=Ng-Ag$	$Nm=0$
$Am=$	$Nd=0$
$Nm=$	$Nk=0$
$Ad=$	$Hg=600$
$Nd=$	$Hm=300$
$Nk=$	$Hd='leerlingnummer'$
$t=t+dt$	$t=0$
	$dt=1$

Figuur 9

Laat het model draaien in [modelleertaal](#).

- 10 Maak een duidelijke **printscreen** van de (N,t) en een **printscreen** van de (A,t) grafiek van de **dochterisotoop** (Tip: zoom eerst in op de grafiek voordat je een printscreen maakt). Voeg beide grafieken toe aan je meetrapport.

Verander de halveringstijd van de dochterisotoop in eentje die 5x zo klein is. Reken deze situatie door met je numerieke model. Welke conclusies kun je trekken over de maximale hoeveelheid atomen (Nd) en de maximale activiteit (Ad) van de **dochterisotoop** wanneer je de halveringstijd van de **dochterisotoop** kleiner maakt?

- 11 Maak bij elke stelling een keuze:
 I De maximale hoeveelheid Nd : neemt dan toe – blijft gelijk – neemt dan af
 II De maximale activiteit Ad : neemt dan toe – blijft gelijk – neemt dan af
 Geef bij elk stelling ook relevante modelresultaten (in de vorm van grafieken) waarmee je jouw keuze onderbouwt.

Zet de halveringstijd van de dochterisotoop terug op de oorspronkelijke waarde. Tot slot ga je na wat er gebeurt met het totaal aantal atomen gedurende de 3600 s dat het numerieke model doorrekent. Voeg daarvoor een nieuwe grootte toe aan je model, **N_{tot}** (het totaal aantal atomen), en laat je model opnieuw draaien.

- 12 Geef de modelregel die je hebt toegevoegd aan je model (op regel 8, de tekst van regel 8 verschuift naar regel 9), waarin je N_{tot} uitrekent. Voeg ook een **printscreen** toe van de (N,t) -grafiek, met daarin Ng , Nm , Nd , Nk en N_{tot} .

INLEVEREN

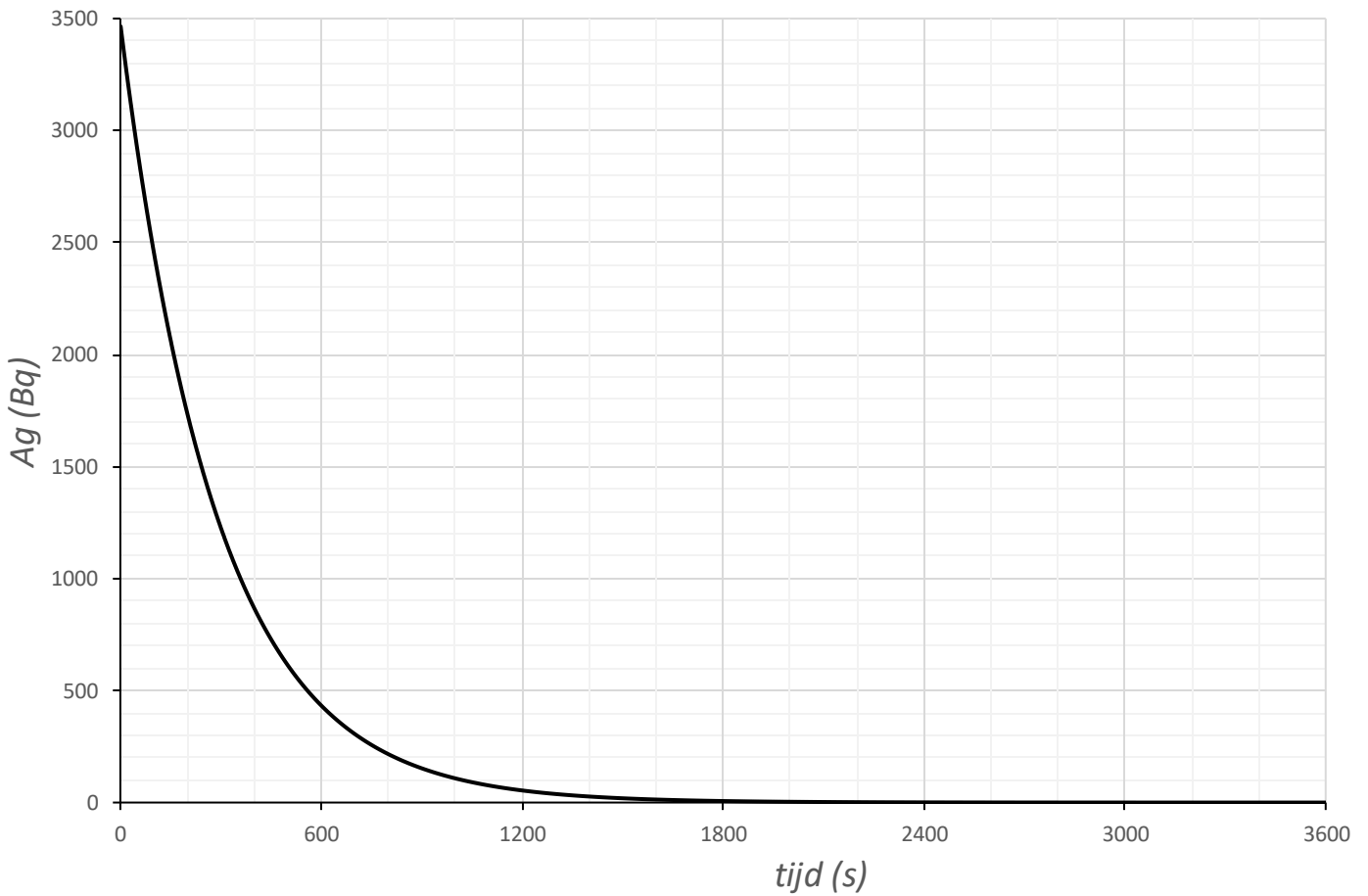
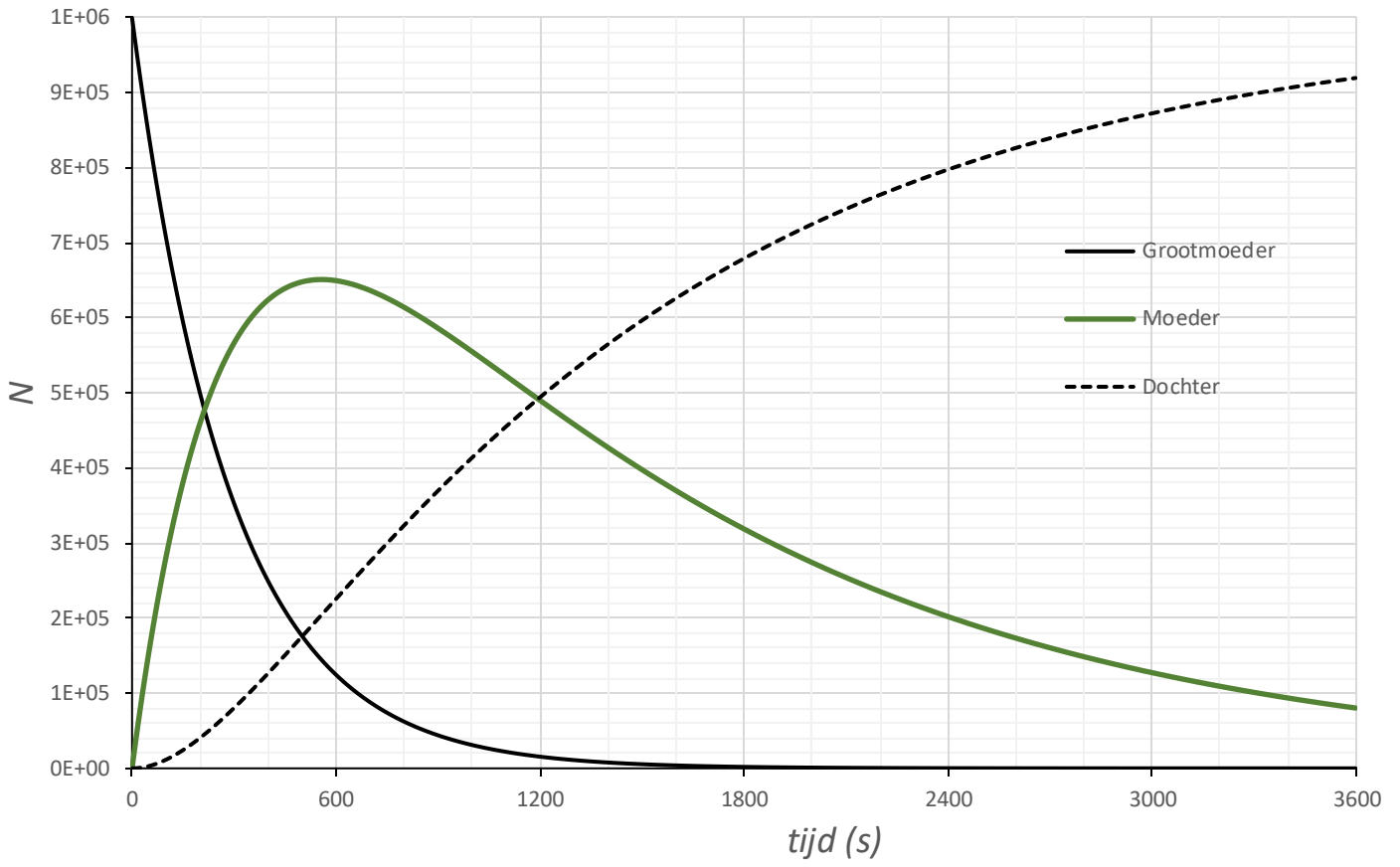
Je levert een meetrapport in, gemaakt in **Google Docs** (of in **Word**).

Het meetrapport bestaat uit:

- **Één** (N,t) -diagram uitgewerkt in **Spreadsheet** (vraag 2)
- **Vier** duidelijke printscreens van:
 - je model (vraag 9)
 - de (N,t) en
 - (A,t) -grafieken van de dochterisotoop van vraag 10.
 - de $(Ntot)$ -grafiek van vraag 12.
- Jouw antwoorden op de 12 vragen in de tekst, eventueel aangevuld met extra printscreens of zelfgemaakte grafieken.

Zorg zelf voor een goede leesbaarheid en logische opbouw van je meetrapport. Let er op dat je jouw antwoorden altijd duidelijk toelicht. Presenteer je grafieken in de juiste vorm. Let bij je antwoorden op eenheden en het gebruik van een geloofwaardige hoeveelheid significante cijfers.

UITWERKBIJLAGE



Nakijkmodel (docent)

Aandachtspunten grafiek:

- Verkeerde grafiektype (geen spreiding),
- verkeerde gegevens uitgezet op x- of y-as,
- geen of verkeerde groot- en eenheden,
- grafiek te klein weergegeven/ruimte langs de assen niet goed benut, ontbreken van vloeiende lijn

Vraag 1:

- berekenen van N met juiste formule met halveringstijd van 600 s. $N=984375$ ($N=15625$, maximaal 1p)
- waarde aflezen in tabel van model én geven in het antwoord, met consequente conclusie

Vraag 2:

- Tekenen van raaklijn op $t=0$
- Completeren, $A=1150$ Bq (marge 200)

Vraag 3:

- Inzicht dat N gedurende de hele tijdstap constant, en daardoor te hoog is
- Inzicht dat te hoge N leidt tot te hoge A

Vraag 4:

- Noemen van $N_m=N_m-A_m*dt$ en $N_d=N_d+A_m*dt$
- Correcte en relevante uitleg (tonen van inzicht)

Vraag 5:

- Gebruik van méér dan één halveringstijd bij de bepaling
- Completeren, $t_{1/2}=600/3=200$ s (marge 20)

Vraag 6: mogelijk antwoord

- Inzicht dat op $t=560$ $N_{moeder}>0$
- Inzicht dat $N>0$ ook betekent dat $A>0$

Vraag 7:

- Aflezen van $A_g=500$ (marge 50)
- Inzicht dat A_m even groot is als A_g , omdat ze elkaar netto opheffen

Vraag 8:

- Inzicht dat $t_{1/2}$ moeder pas bepaald mag worden wanneer N_g vrijwel nul is geworden (dit moet genoemd worden!)
- Completeren, $t_{1/2}$ moeder = 900 (marge 100)
Mag ook met $A=(\ln(2)/t_{half})*N$

Vraag 9:

- Correct invullen van A_m en A_d met de formule $(0,693/H)*N$
- Correct invullen van N_m , N_d en N_k , waarbij geldt dat $N_m=N_m+A_g-A_m$, $N_d=N_d+A_m-A_d$ en $N_k=N_k-N_d$ (*dt overal correct erbij natuurlijk ook goed rekenen)

Vraag 10:

- Printscreen (N,t) dochter
- Printscreen (A,t) dochter

Vraag 11: geen uitleg gevraagd

- N_d wordt kleiner
- A_d wordt groter

Vraag 12:

- Inzicht in $N_{tot}=N_g+N_m+N_d+N_k$, modelregel moet gegeven zijn
- Correct aanpassen model en grafiek met constante waarde voor N_{tot}