

Pluto is een dwergplaneet in ons zonnestelsel. Om Pluto te onderzoeken werd in januari 2006 de ruimtesonde New Horizons (NH) gelanceerd.

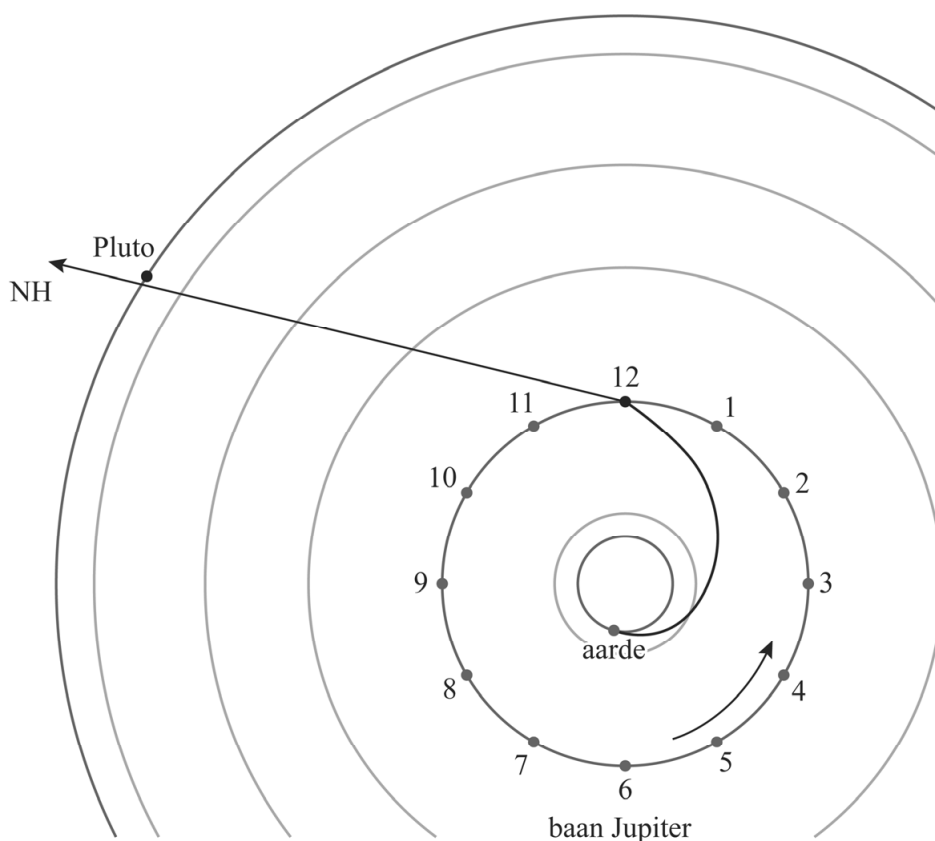
Deze opgave bestaat uit twee delen:

- deel A De reis van NH
- deel B De energievoorziening van NH

deel A De reis van NH

In figuur 1 is het traject van de ruimtesonde NH langs banen van planeten in het zonnestelsel weergegeven.

figuur 1



Eén jaar na de lancering kruiste NH de baan van Jupiter. De afstand tussen NH en Jupiter was op dat moment heel klein. Door de aantrekkingskracht van Jupiter boog NH af richting Pluto. Jupiter heeft een omlooptijd van 12 jaar en beweegt in de richting van de pijl. De baan van Jupiter mag als cirkelvormig beschouwd worden. Op de baan zijn 12 posities van Jupiter aangegeven. Zie figuur 1.

- 1p **6** Geef aan op welke positie Jupiter zich bevond op het moment dat NH vanaf de aarde gelanceerd werd.

In juli 2015 was NH in de buurt van Pluto aangekomen. NH had toen een snelheid van $1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$. De snelheid van Pluto wordt in deze opgave verwaarloosd.

De ontwerpers van de missie hadden de keuze uit drie opties:

- 1 NH wordt in een cirkelbaan om Pluto gebracht.
- 2 NH stort neer op Pluto.
- 3 NH passeert Pluto en gaat verder de ruimte in.

De ontwerpers hebben berekend welke snelheid nodig was om NH ($m = 465 \text{ kg}$) in een baan met een straal van $12,5 \cdot 10^6 \text{ m}$ om Pluto te laten cirkelen. Deze snelheid is $2,6 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

4p **7** Toon dat met een berekening aan.

Om NH af te remmen is een raket nodig. Deze raket gebruikt hydrazine als brandstof. De ontwerpers hebben berekend hoeveel hydrazine nodig zou zijn om NH af te remmen van $1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ tot $2,6 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$. De raketmotor verricht $0,95 \text{ MJ}$ arbeid per $1,0 \text{ kg}$ gebruikte hydrazine. De ontwerpers concludeerden dat NH veel meer massa aan brandstof nodig zou hebben dan zijn eigen massa van 465 kg .

4p **8** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de massa hydrazine die nodig is om de eigen massa van NH af te remmen.
- Geef aan waarom in werkelijkheid nog veel meer hydrazine nodig zou zijn om NH af te remmen.

De ontwerpers hebben besloten om NH verder de ruimte in te sturen.

deel B De energievoorziening van NH

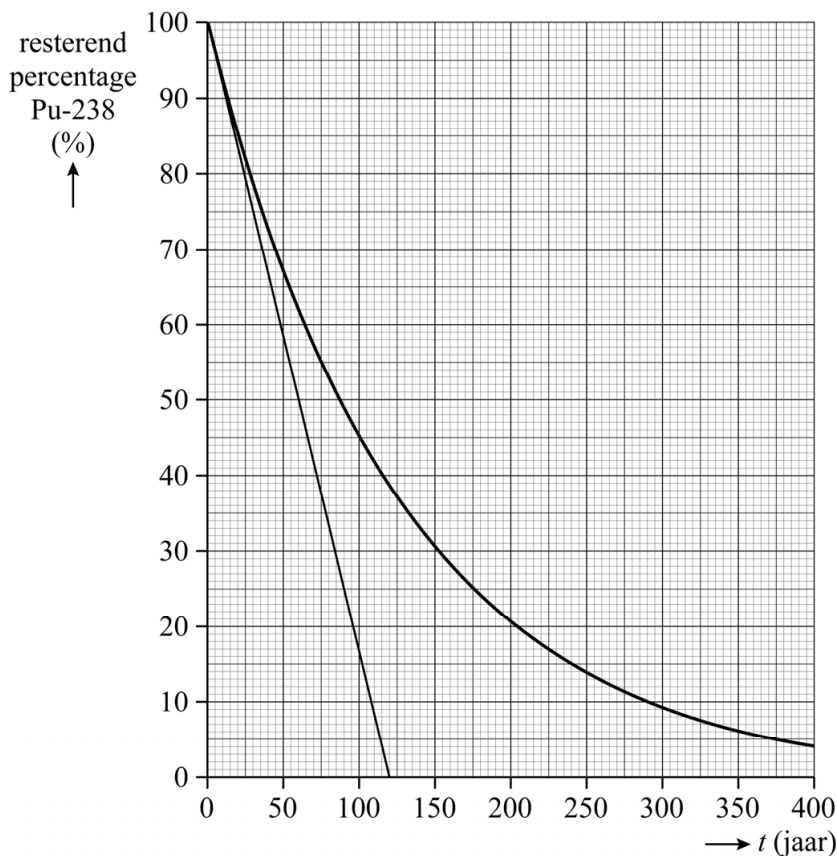
Voor de elektrische apparatuur aan boord van NH is een energiebron nodig. NH gebruikt hiervoor plutonium-238. Deze isotoop zendt alleen α -straling uit.

3p 9 Geef de vergelijking van de vervalreactie van plutonium-238.

In figuur 2 staat de vervalcurve van plutonium-238 vanaf het moment van lanceren van NH. Op de verticale as staat het resterende percentage plutoniumdeeltjes ten opzichte van de lancering.

In het diagram is ook de raaklijn getekend op $t = 0$.

figuur 2



De ontwerpers moesten de massa van het Pu-238 berekenen waarmee de reactor van NH bij de lancering gevuld moest zijn. Voor de juiste werking moest de activiteit van het plutonium bij de lancering gelijk zijn aan $6,0 \cdot 10^{15}$ Bq. De massa van een Pu-238-deeltje is gelijk aan $3,95 \cdot 10^{-25}$ kg.

4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 2 na hoeveel tijd alle Pu-238-deeltjes zouden zijn omgezet als de activiteit vanaf de lancering constant zou zijn. Geef je antwoord in 3 significante cijfers.
- Bereken de massa van het plutonium waarmee de reactor op het moment van de lancering gevuld moest zijn.

Per vervallende plutoniumkern komt 5,59 MeV energie vrij. Deze energie wordt volledig omgezet in warmte waarmee in een generator elektrische energie wordt opgewekt. Het elektrische vermogen van deze generator is bij de lancering van de missie 248 W. De activiteit van het plutonium bij de lancering is $6,0 \cdot 10^{15}$ Bq.

- 3p **11** Bereken het rendement van de generator bij de lancering. Geef het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Het elektrische vermogen is recht evenredig met de activiteit van het overgebleven plutonium.

Voor het goed functioneren van de apparatuur moet de generator minimaal 31 W leveren.

- 3p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoelang de energiebron van NH kan functioneren. Geef het antwoord in twee significante cijfers.