

## Opgave 4 Maanrobotjes

Sinds astronaut Jack Schmidt in 1972 de maan verliet, zijn er geen mensen meer op de maan geweest. De Nederlandse Nobelprijswinnaar Gerard 't Hooft denkt dat dit op korte termijn ook niet meer zal gebeuren. In zijn boek *'Playing with planets'* beschrijft hij een plan om de maan te koloniseren met behulp van minirobotjes. Zie figuur 1. Zo'n maanrobotje is voorzien van een camera en kan via internet bestuurd worden. Iedereen kan zo zelf via internet de maan verkennen.

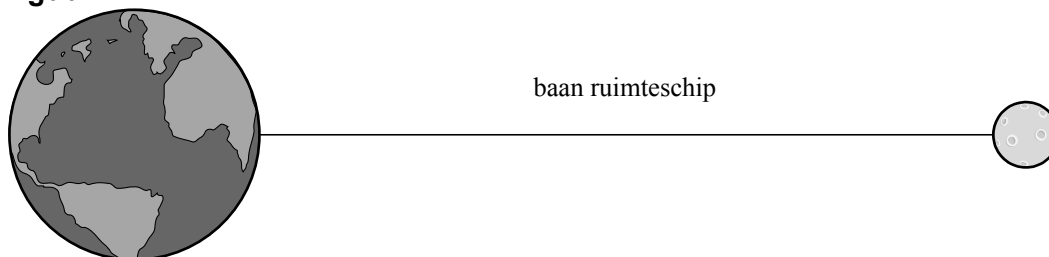
figuur 1



- Een moeilijkheid bij het besturen op afstand is de tijd tussen het geven van een commando en het waarnemen van het resultaat hiervan op het beeldscherm. Dit komt niet alleen door trage internetverbindingen, maar ook door de tijd  $\Delta t$  die verstrijkt tussen het zenden en ontvangen van signalen naar en van de maan.
- 3p 12 Bereken  $\Delta t$  en noem een concrete moeilijkheid die kan ontstaan bij het besturen op afstand. Verwaarloos de tijd die maanrobotjes nodig hebben om signalen te verwerken.

Een ruimtevaartorganisatie als de NASA of de ESA zou een ruimteschip naar de maan kunnen sturen om de maanrobotjes af te leveren. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een methode waarbij een ruimteschip rechtstreeks van de aarde naar de maan vliegt. Zie figuur 2.

figuur 2



Verwaarloos in vraag 13 en 14 de gravitatiekracht van de maan op het ruimteschip.

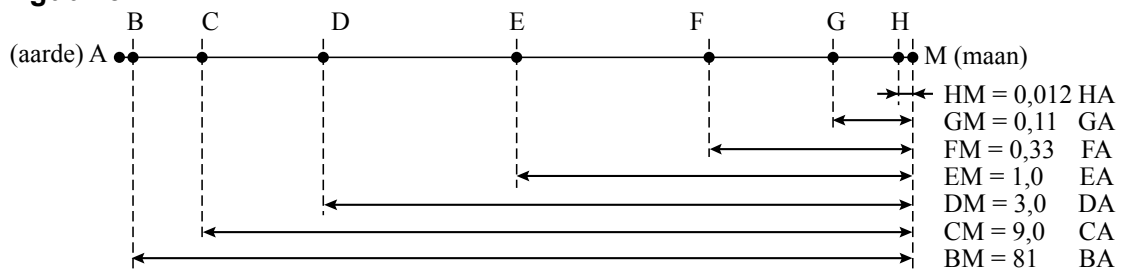
- 2p 13 Neemt de gravitatie-energie van het ruimteschip tijdens de vlucht van de aarde naar de maan toe of af? Licht je antwoord toe.

Voor de lancering van zo'n ruimteschip wordt gebruik gemaakt van een stuwraak. Nadat de stuwraak op een hoogte van 300 km boven het aardoppervlak wordt afgeworpen, moet het ruimteschip voldoende snelheid hebben om de maan te bereiken. De massa van het ruimteschip inclusief de maanrobotjes is  $4,0 \cdot 10^3$  kg.

- 4p **14** Bereken hoeveel kinetische energie het ruimteschip moet hebben om de maan te bereiken, direct na het afwerpen van de stuwraket.  
Hint: gebruik hierbij de formule voor de gravitatie-energie.

In werkelijkheid is de gravitatiekracht van de maan op het ruimteschip niet te verwaarlozen. Op de reis zal het ruimteschip een punt passeren waar de gravitatiekracht van de aarde even groot is als de gravitatiekracht van de maan. In de figuur 3 staan zeven plaatsen (B tot en met H) waar dit punt zich mogelijk bevindt. De afstanden in deze figuur zijn op schaal. Voor ieder punt is aangegeven hoe de afstand van het punt tot de maan zich verhoudt tot de afstand van het punt tot de aarde.

**figuur 3**



- 2p **15** Leg uit waarom de plaatsen B tot en met E zeker niet juist kunnen zijn.
- 3p **16** Geef aan welke van de plaatsen F, G of H de juiste is. Licht je antwoord toe met een berekening of een redenering.

De maanrobotjes maken voor hun energievoorziening gebruik van zonnepanelen. Bij de keuze van het materiaal van deze zonnepanelen moet rekening worden gehouden met de golflengtes van het opvallende zonlicht.

De opbrengst van de zonnepanelen zal het hoogst zijn wanneer deze geoptimaliseerd worden voor de golflengte waarbij de zon de meeste energie uitzendt.

- 2p **17** Bereken die golflengte.

In de straling van de zon komen niet alle golflengten voor. In tabel 20 van BINAS zijn donkere lijnen in het zonnespectrum te zien. Een aantal van deze lijnen wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van waterstof in de buitenste laag van de zon.

- 4p **18** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de golflengte van één van de donkere lijnen in het zonnespectrum die worden veroorzaakt door de aanwezigheid van waterstof.
  - Leg uit waarom je deze lijn gekozen hebt.
  - Bereken de fotonenergie die hoort bij de gekozen lijn. Geef je antwoord in joule.