

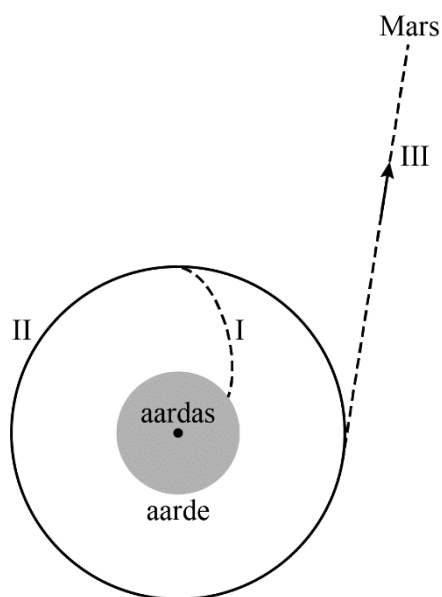
In februari 2018 is de Falcon 9 heavy (kortweg F9h) getest. Dit is een raket die naar Mars moet reizen. Zie figuur 1.

Het bovenaanzicht van het testtraject is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 2. F9h werd gelanceerd (I) richting een baan om de aarde. Daar aangekomen werd de raket tijdelijk ‘geparkeerd’ in deze baan om de aarde, de zogenaamde parkeerbaan (II). Daarna vervolgde hij zijn weg verder richting Mars (III).

figuur 1



figuur 2



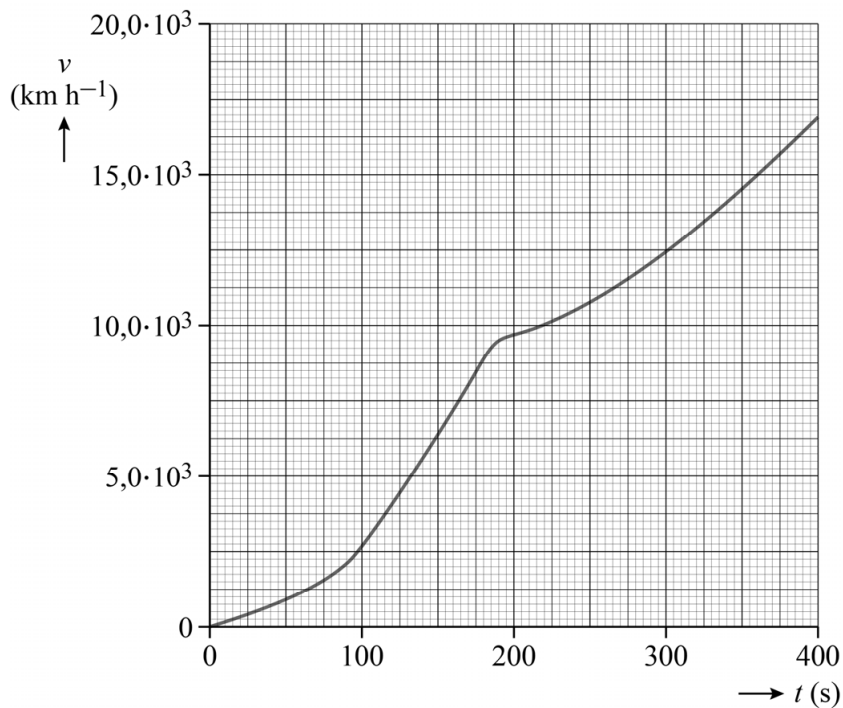
I Lancering

Om in de parkeerbaan te komen, moest de raket brandstof verbranden om voldoende kinetische energie en zwaarte-energie te krijgen. De benodigde zwaarte-energie is niet afhankelijk van de plek waar de raket vanaf aarde gelanceerd werd. De benodigde kinetische energie is wel afhankelijk van de plek van lancering. Omdat de aarde om de aardas draait, heeft het lanceerplatform zelf een snelheid v_L . Hierdoor had de raket al voor de lancering kinetische energie.

- 4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat de snelheid v_L bij de evenaar het grootst is.
 - Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat er minder brandstof nodig is als de lanceerplek dicht bij de evenaar ligt.

Van de eerste minuten van de beweging van F9h is een (v,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



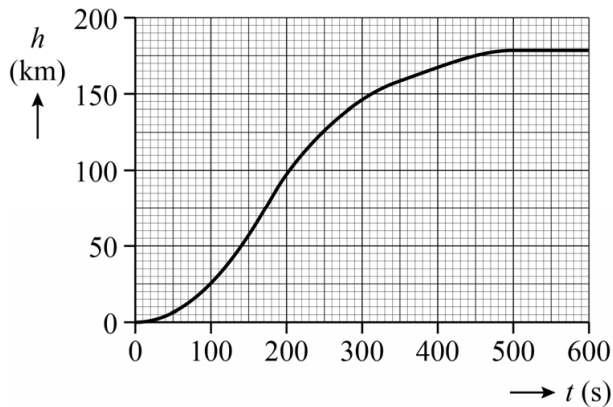
De raket gebruikte een hoofdmotor en extra hulpmotoren. Na ruim 3 minuten werden de hulpmotoren uitgeschakeld en bleef alleen de hoofdmotor van de raket werken. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling op $t = 180$ s. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

II Parkeerbaan

In figuur 4 is in een (h, t) -diagram de hoogte van F9h boven het aardoppervlak uitgezet tegen de tijd.

figuur 4



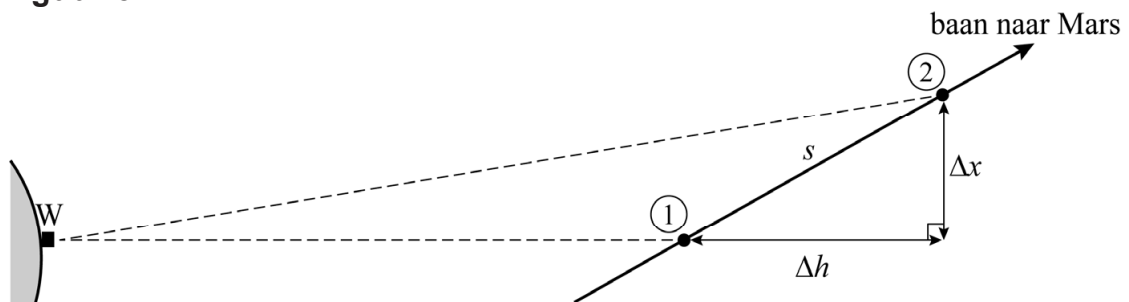
Ongeveer acht minuten na de lancering bereikte F9h de cirkelvormige parkeerbaan.

- 5p 13 Bepaal met behulp van figuur 4 en een berekening de baansnelheid van F9h in de parkeerbaan. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

III Op weg naar Mars

Na een tijd verliet F9h de parkeerbaan en vervolgde de raket de reis naar Mars. Aangenomen wordt dat de snelheid van F9h in dit traject constant was en anders dan de snelheid van F9h in de parkeerbaan. Tijdens een deel van de vlucht werd F9h door een waarnemer W twee keer gefotografeerd. Het zijaanzicht van de baan is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 5.

figuur 5



F9h legde tussen de tijdstippen van foto 1 en foto 2 een afstand s af. Deze afstand kan bepaald worden uit:

- het hoogteverschil Δh van $9,21 \cdot 10^6$ m.
- de afstand Δx , die door de waarnemer is bepaald op $4,38 \cdot 10^6$ m.

Tussen het maken van foto 1 en foto 2 zat een tijd van 20,0 minuten.

- 3p 14 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de afstand s .
 - Bereken de snelheid van F9h op het traject richting Mars.