

### Opgave 4 Satelliet met tether

Een satelliet cirkelt rond de aarde. Voor de omlooptijd  $T$  geldt:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

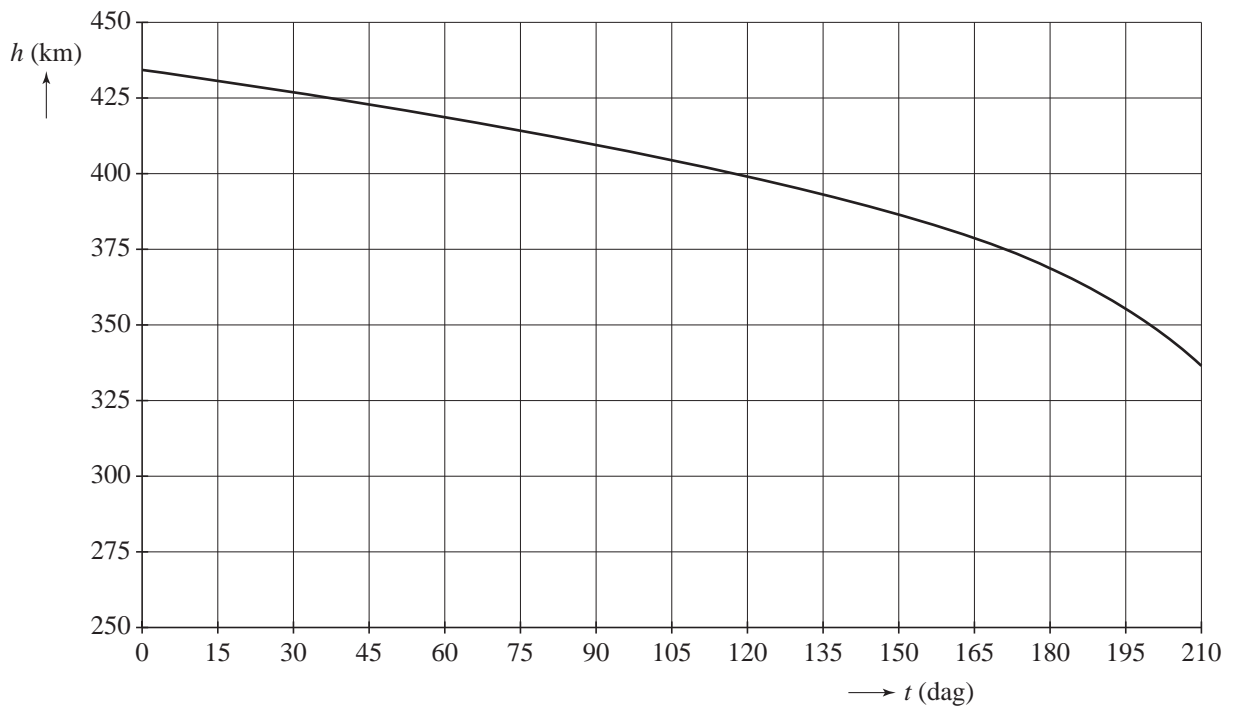
Hierin is:

- $r$  de afstand van de satelliet tot het middelpunt van de aarde;
- $G$  de gravitatieconstante;
- $M$  de massa van de aarde.

4p **17** Leid deze formule af met behulp van formules in Binas.

Een satelliet die door de buitenste lagen van de atmosfeer rondcirkelt, ondervindt een kleine wrijvingskracht. Als hij geen aandrijfmotor heeft, zal hij daardoor in een steeds lagere baan rond de aarde gaan cirkelen en uiteindelijk op de aarde neerstorten. In figuur 1 staat de grafiek van dit proces. Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 1**



Op een bepaald moment bevindt de satelliet zich op een hoogte van 400 km boven de aarde.

5p **18** Bepaal mede met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het hoogteverlies van de satelliet per omwenteling om de aarde.

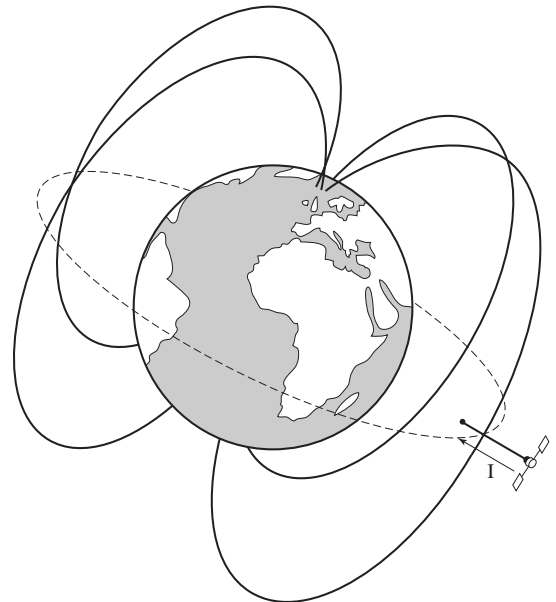
Wetenschappers onderzoeken of het mogelijk is om een satelliet zonder brandstof op 400 km hoogte te houden met een zogenaamde tether. Een tether is een lange, elektrisch geïsoleerde, metalen kabel die uit de satelliet richting aarde hangt. Onderaan de tether zit een metalen bol die lading uitwisselt met de ionosfeer. Zie figuur 2.

figuur 2



Figuur 3 geeft de positie weer van zo'n satelliet met een tether in een baan om de aarde. Doordat de tether zich in het aardmagnetisch veld bevindt, ontstaat er een lorentzkracht die de satelliet voortstuwt in zijn bewegingsrichting. De richting van de stroom in de tether is aangegeven. Figuur 3 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

figuur 3



- 3p **19** Beredeneer in welke richting de satelliet in figuur 3 beweegt, in oostelijke of in westelijke richting. Teken daartoe op de uitwerkbijlage de richtingen van het magnetisch veld van de aarde en van de lorentzkracht bij de tether.

De wrijvingskracht op de satelliet bedraagt 4,7 mN.

De sterkte van het magneetveld van de aarde bij de tether is 8,4  $\mu$ T.

De stroomsterkte in de tether is 1,1 A.

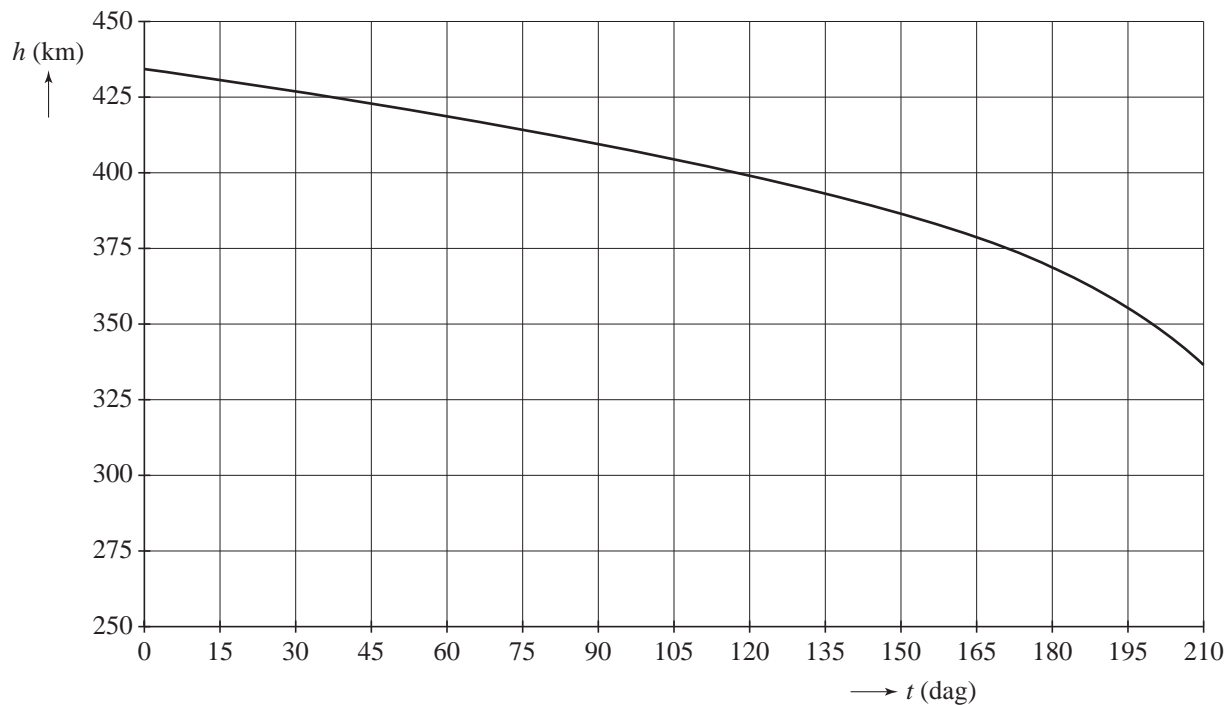
- 3p **20** Bereken de lengte die de tether moet hebben om de satelliet op gelijke hoogte met constante snelheid te laten bewegen.

Er bestaan ook zogenaamde 'polaire' satellieten waarbij de baan over de Noord- en Zuidpool van de aarde loopt.

- 2p **21** Leg uit of deze manier van voortstuwten met een tether ook bij polaire satellieten kan werken.

**uitwerkbijlage**

18



19

