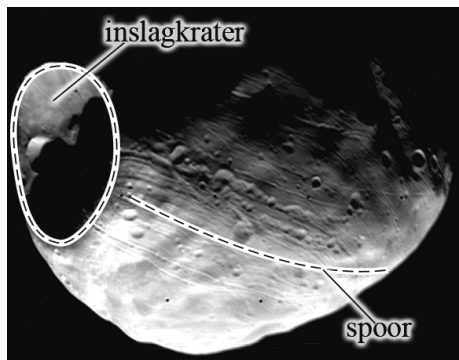


Sporen op Phobos

In 1977 maakte de ruimtesonde Viking 1 een foto van Phobos. Zie figuur 1. Phobos is een maan van de planeet Mars.

In tabel 1 staan de gegevens over Phobos die bij deze opgave gebruikt moeten worden.

figuur 1



tabel 1

gemiddelde straal (R)	$1,11 \cdot 10^4 \text{ m}$
omtrek	$6,9 \cdot 10^4 \text{ m}$
valversnelling (g)	$5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$
massa (M)	$1,07 \cdot 10^{16} \text{ kg}$

In figuur 1 zijn een grote inslagkrater en lange sporen over het oppervlak te zien. Over het ontstaan van de sporen zijn verschillende hypothesen opgesteld. Een daarvan luidt dat er rotsblokken werden weggeslingerd tijdens de inslag waardoor de krater ontstond. Deze rotsblokken kwamen met een snelheid in het gebied buiten de krater neer en werden na het neerkomen langzaam afgeremd door de schuifwrijvingskracht. Daarbij werden de sporen over het oppervlak van Phobos getrokken.

Model 1

Men onderzoekt deze hypothese eerst met een eenvoudig model. Daarin wordt de kromming van het oppervlak van Phobos verwaarloosd. In het model gelden de volgende regels:

- 1 Er werken drie krachten op het rotsblok: de zwaartekracht F_z , de normaalkracht F_N en de schuifwrijvingskracht F_w .
- 2 De schuifwrijvingskracht is gelijk aan $F_w = 0,25 \cdot F_N$.
- 3 Het rotsblok schuift over een horizontaal vlak, waarbij $F_N = F_z$.

Sommige sporen lopen helemaal om Phobos heen. Volgens model 1 komt een rotsblok met een beginsnelheid van 14 m s^{-1} na precies 1 ronde van $6,9 \cdot 10^4 \text{ m}$ tot stilstand.

4p **6** Toon dit aan.

De beginsnelheid van 14 m s^{-1} die volgt uit model 1 is groter dan de ontsnappingssnelheid van een object op Phobos.

- 3p 7 Bereken deze ontsnappingssnelheid met behulp van de gegevens in tabel 1.

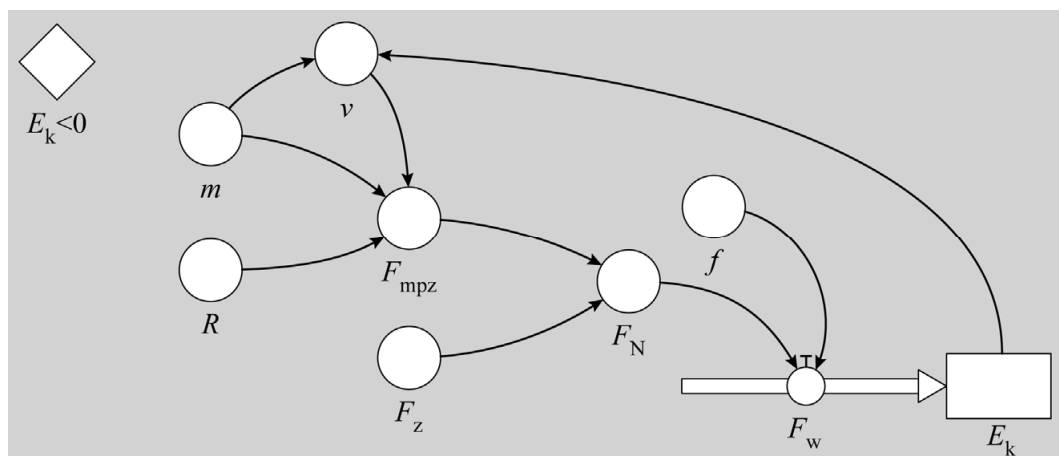
Een rotsblok met de beginsnelheid die volgt uit model 1 zou van Phobos ontsnappen en geen spoor over het oppervlak trekken. Er is dus een gedetailleerder model nodig om de hypothese over het ontstaan van de sporen te toetsen.

Model 2

In model 2 wordt aangenomen dat Phobos bolvormig is en dat het rotsblok in een cirkelbaan over het oppervlak van Phobos beweegt. Figuur 2 toont het bijbehorende computermodel. De afgelegde afstand s wordt (in regel 7) steeds met een stapje ter grootte van ds opgehoogd, waarna de andere grootheden opnieuw worden berekend.

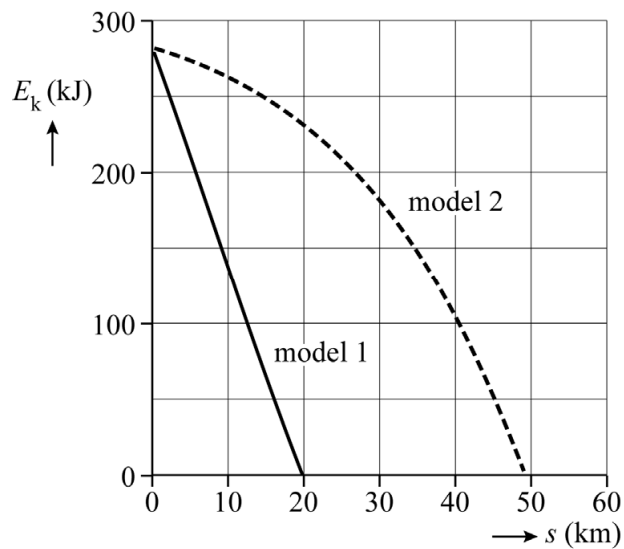
figuur 2

	modelformules	startwaardes
1	$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$	$s = 0 \text{ (m)}$
2	$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{R}$	$ds = 10 \text{ (m)}$
3	$F_N = F_z - F_{\text{mpz}}$	$f = 0,25$
4	$F_w = f F_N$	$m = 1,0 \cdot 10^4 \text{ (kg)}$
5	$dE_k = -F_w ds$	$R = 1,11 \cdot 10^4 \text{ (m)}$
6	$E_k = E_k + dE_k$	$g = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ (ms}^{-2}\text{)}$
7	$s = s + ds$	$F_z = mg \text{ (N)}$
8	als $E_k < 0$ dan stop eindals	$v = 7,5 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$
9		$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (J)}$



In figuur 3 is voor beide modellen de grafiek van de kinetische energie E_k van het rotsblok als functie van s getekend. Bij gelijke beginsnelheid is de lengte van het spoor volgens model 2 veel groter dan volgens model 1.

figuur 3

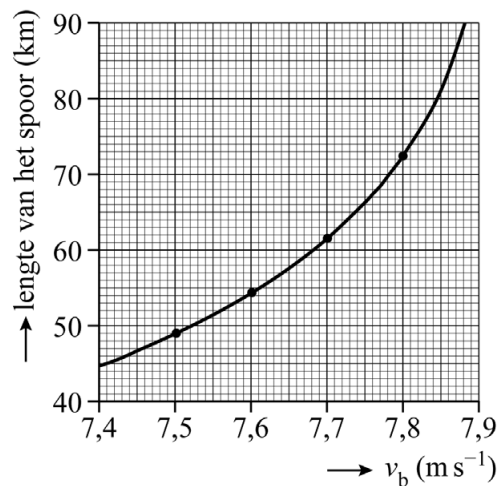


In figuur 3 is te zien dat het energieverlies per afgelegde meter aan het eind van het spoor bij beide modellen even groot is.

- 2p **8** Leg uit hoe dit resultaat verklaard wordt met behulp van de modelregels van model 2 en model 1.

Met model 2 is de lengte van het spoor bij verschillende beginsnelheden van het rotsblok bepaald. Zie figuur 4.

figuur 4



Uit figuur 4 blijkt dat het rotsblok precies een volledige ronde over het oppervlak van Phobos kan maken bij een beginsnelheid die lager is dan de ontsnappingssnelheid.

- 1p **9** Bepaal deze beginsnelheid. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

In figuur 4 is ook te zien dat de lengte van het spoor bij grotere beginsnelheden steeds sterker toeneemt. Bij een bepaalde beginsnelheid v_{grens} blijft het rotsblok oneindig lang door bewegen in de cirkelbaan over het oppervlak van Phobos. Het computermodel geeft dan geen uitkomst voor de lengte van het spoor. v_{grens} is kleiner dan de ontsnappingssnelheid.

- 4p **10** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken v_{grens} .
- Geef aan wat er met het rotsblok gebeurt bij beginsnelheden tussen v_{grens} en de ontsnappingssnelheid.