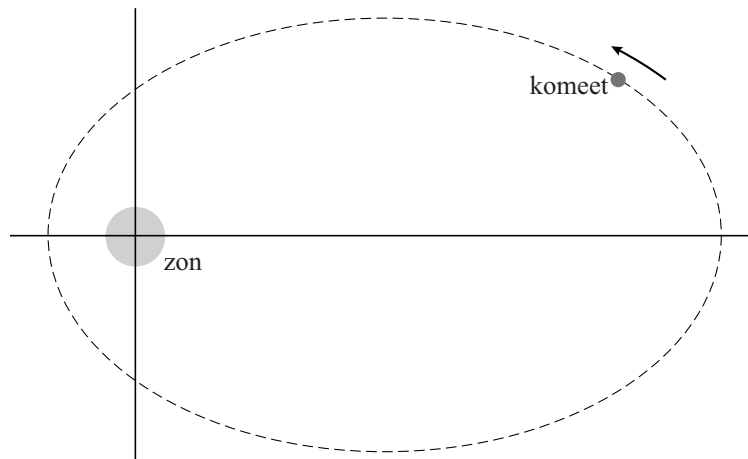


In 1969 is de komeet Churyumov-Gerasimenko ontdekt. Deze komeet beweegt in een ellipsvormige baan om de zon. In figuur 1 staat een bovenaanzicht van de baan. Deze figuur staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



De pijl geeft de bewegingsrichting van de komeet om de zon aan. De zon oefent een gravitatiekracht uit op de komeet.

4p 12

Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de gravitatiekracht op de komeet als een pijl met een lengte van 5 cm in de juiste richting.
- Ontbind deze kracht in een component langs de baan en een component loodrecht op de baan.
- Leg uit of de grootte van de snelheid van de komeet op dit punt in de baan verandert.

Wetenschappers hebben een eerste schatting kunnen maken van de massa en de dichtheid van de komeet:

- De massa ligt tussen  $0,9 \cdot 10^{13}$  kg en  $1,1 \cdot 10^{13}$  kg;
- De dichtheid ligt tussen  $500 \text{ kg m}^{-3}$  en  $550 \text{ kg m}^{-3}$ .

Zij willen berekenen wat de **grootste** waarde is die het volume van de komeet zou kunnen hebben.

1p 13

Welke waarden moeten zij dan in hun berekening gebruiken?

- A De grootste massa en de grootste dichtheid.
- B De grootste massa en de kleinste dichtheid.
- C De kleinste massa en de grootste dichtheid.
- D De kleinste massa en de kleinste dichtheid.

Om Churyumov-Gerasimenko van dichtbij te kunnen onderzoeken is de ruimtesonde Rosetta gelanceerd. Na een reis van 10 jaar en 6,5 miljard kilometer is Rosetta aangekomen bij de komeet.

- 3p 14 Bereken de gemiddelde snelheid in  $\text{km s}^{-1}$  van Rosetta tijdens de reis.

Rosetta draait in een cirkelvormige baan rondom de komeet. De baan heeft een straal van  $20 \cdot 10^3 \text{ m}$ .

De komeet heeft een massa van  $M = 1,0 \cdot 10^{13} \text{ kg}$ .

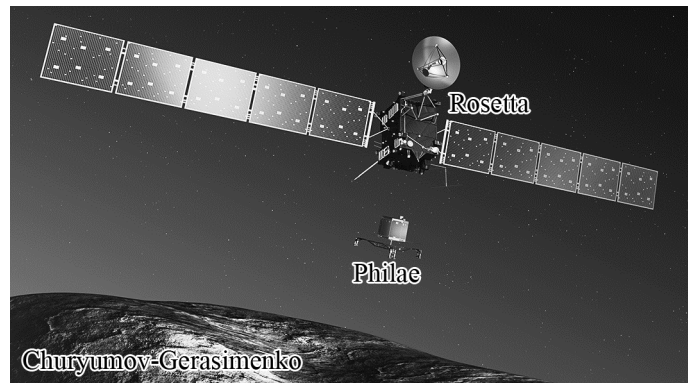
- 4p 15 Bereken de baansnelheid van Rosetta.

Rosetta doet vanuit haar baan metingen aan de komeet. Zo is de temperatuur van de komeet bepaald met behulp van de straling die door de komeet wordt uitgezonden. De straling die de komeet het meest uitzendt heeft een golflengte van  $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ .

- 3p 16 Bereken de temperatuur van de komeet in  $^{\circ}\text{C}$ .

Vanuit Rosetta is de komeetlander Philae naar de komeet afgedaald. Zie figuur 2. De landing op de komeet is anders verlopen dan van tevoren was bedacht. Philae zou na de landing verankerd worden aan het oppervlak van de komeet. Dat is echter niet gebeurd, zodat Philae weer omhoog is gestuiterd na de landing. Zie figuur 3. De snelheid vlak voor de landing is  $1,1 \text{ m s}^{-1}$ . Vlak na het opstuiten is de snelheid  $0,38 \text{ m s}^{-1}$ .

figuur 2



ESA-C. Carreau/ATG medialab

- 3p 17 Bereken hoeveel procent van de kinetische energie van Philae na de landing nog over is.

De ontsnappingsnelheid is de snelheid die minimaal nodig is om te ontsnappen van een hemellichaam en er niet meer op terug te vallen. Hiervoor geldt:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

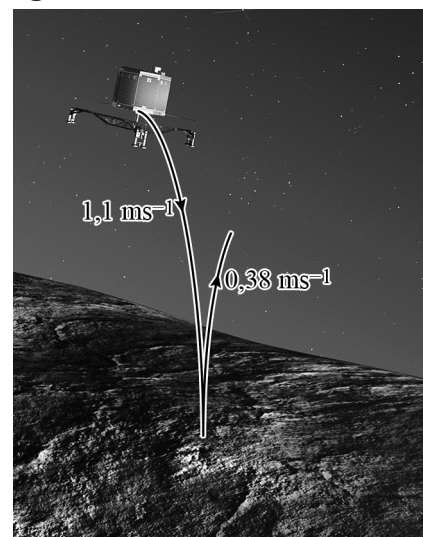
Hierin is  $G$  is de gravitatieconstante.

Voor de komeet geldt:

- $R = 2,9 \text{ km}$ ;
- $M = 1,0 \cdot 10^{13} \text{ kg}$ .

- 3p 18 Toon aan of Philae weer terug is gevallen naar de komeet.

figuur 3



ESA-C. Carreau/ATG medialab