

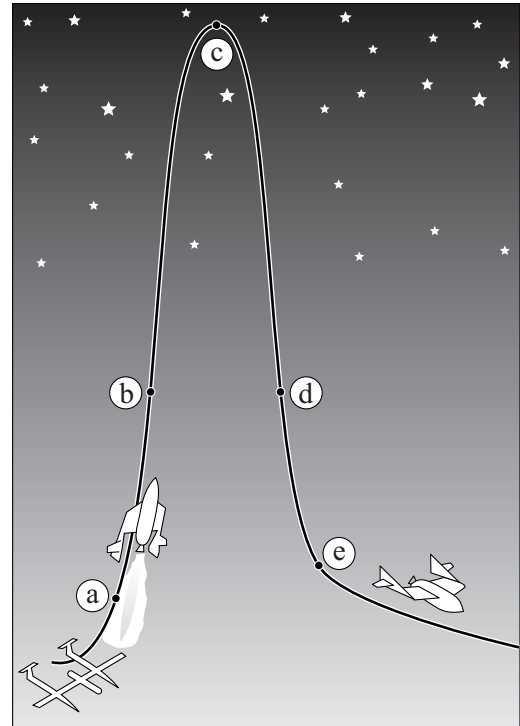
Sinds 2004 bestaat de mogelijkheid om met het ruimteschip SpaceShipOne een paar minuten in de ruimte te verblijven. In figuur 1 is getekend hoe dat gaat.

Figuur 1 is niet op schaal.

Een speciaal daarvoor gemaakt vliegtuig (de White Knight) brengt het ruimteschip SpaceShipOne naar een hoogte van ongeveer 15 km waar het ruimteschip wordt losgekoppeld. In de figuur zijn de punten a, b, c, d en e aangegeven.

- In punt a schakelt de raketmotor aan en dan gaat SpaceShipOne met een grote versnelling vrijwel verticaal omhoog.
- In punt b gaat de raketmotor uit.
- Punt c is het hoogste punt van de baan. Na het passeren van dit punt valt SpaceShipOne terug naar de aarde.
- Na het passeren van punt d begint het ruimteschip door de luchtweerstand weer af te remmen.
- Vanaf punt e gaat SpaceShipOne als zweefvliegtuig verder tot de landing.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat de grafiek van de verticale snelheid  $v_y$  als functie van de tijd van een vlucht van het ruimteschip. De tijdstippen die horen bij het passeren van de punten a, b, c en d zijn op de horizontale as aangegeven.

Tijdstip  $t_c$  hoort bij het hoogste punt c van de baan.

- 1p **13** Geef aan hoe dat uit de grafiek blijkt.
- 3p **14** Bepaal met behulp van de grafiek op de uitwerkbijlage de versnelling in punt c.

Op een bepaalde hoogte ten opzichte van de aarde (maar ook aan het aardoppervlak zelf) geldt voor de valversnelling:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Hierin is:

- $G$  de gravitatieconstante (in  $\text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}$ );
- $M$  de massa van de aarde (in kg);
- $r$  de afstand tot het middelpunt van de aarde (in m).

4p **15** Bereken de valversnelling op 100 km hoogte.

De inzittenden van het ruimteschip zijn op een deel van hun vlucht gewichtloos; dit betekent dat de normaalkracht op de inzittenden op dat moment gelijk is aan 0 N.

Op de uitwerkbijlage staat hierover een tabel.

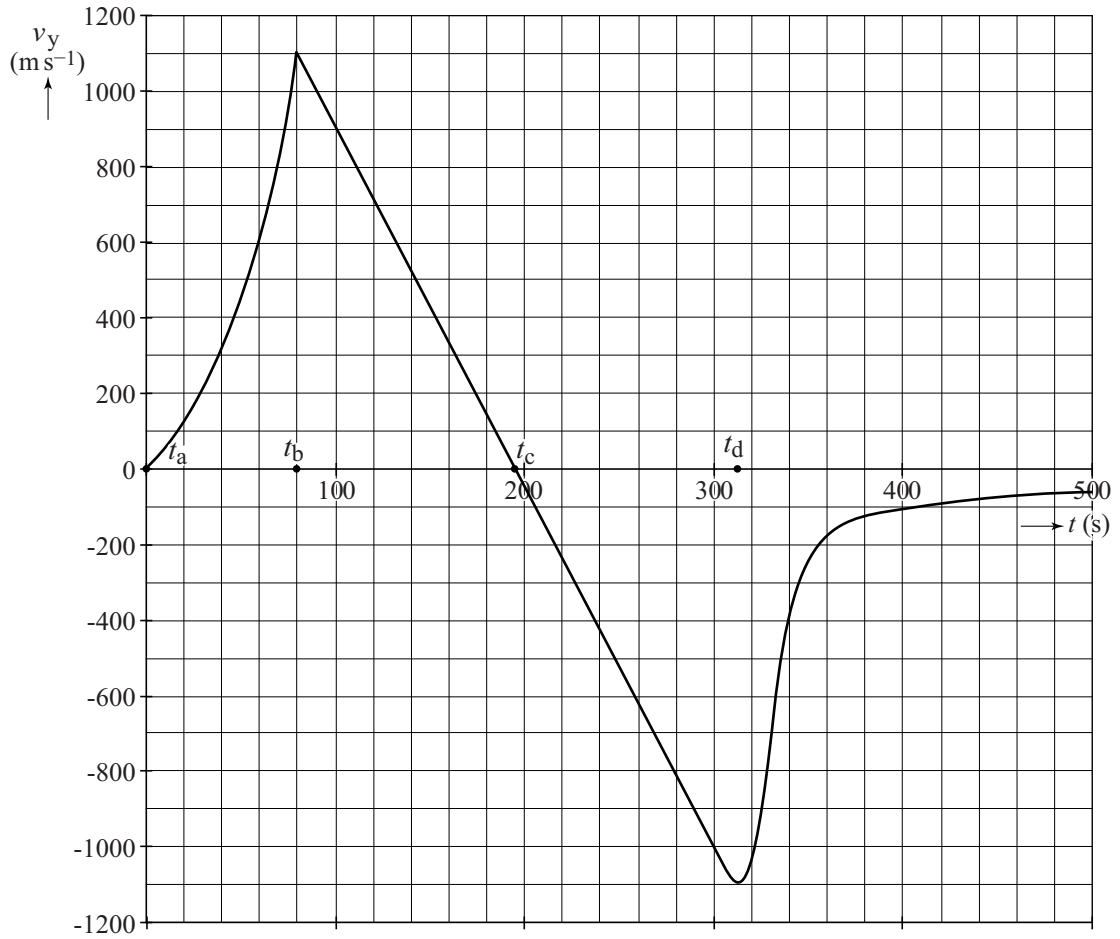
2p **16** Kruis in de tabel op de uitwerkbijlage aan of de inzittenden van het ruimteschip wel of niet gewichtloos zijn op de trajecten ab, bc, cd en in punt c.

Op tijdstip  $t_b$  wordt de motor uitgeschakeld en bevindt het ruimteschip zich op een hoogte van 45 km. Op tijdstip  $t_c$  wordt het hoogste punt bereikt. Mensen die op een hoogte van 100 km of meer zijn geweest, mogen zich astronaut noemen.

4p **17** Toon met behulp van de grafiek op de uitwerkbijlage aan of de inzittenden van het ruimteschip zich astronaut mogen noemen na de vlucht.

# uitwerkbijlage

13, 14



Bepaling vraag 14: .....

.....

.....

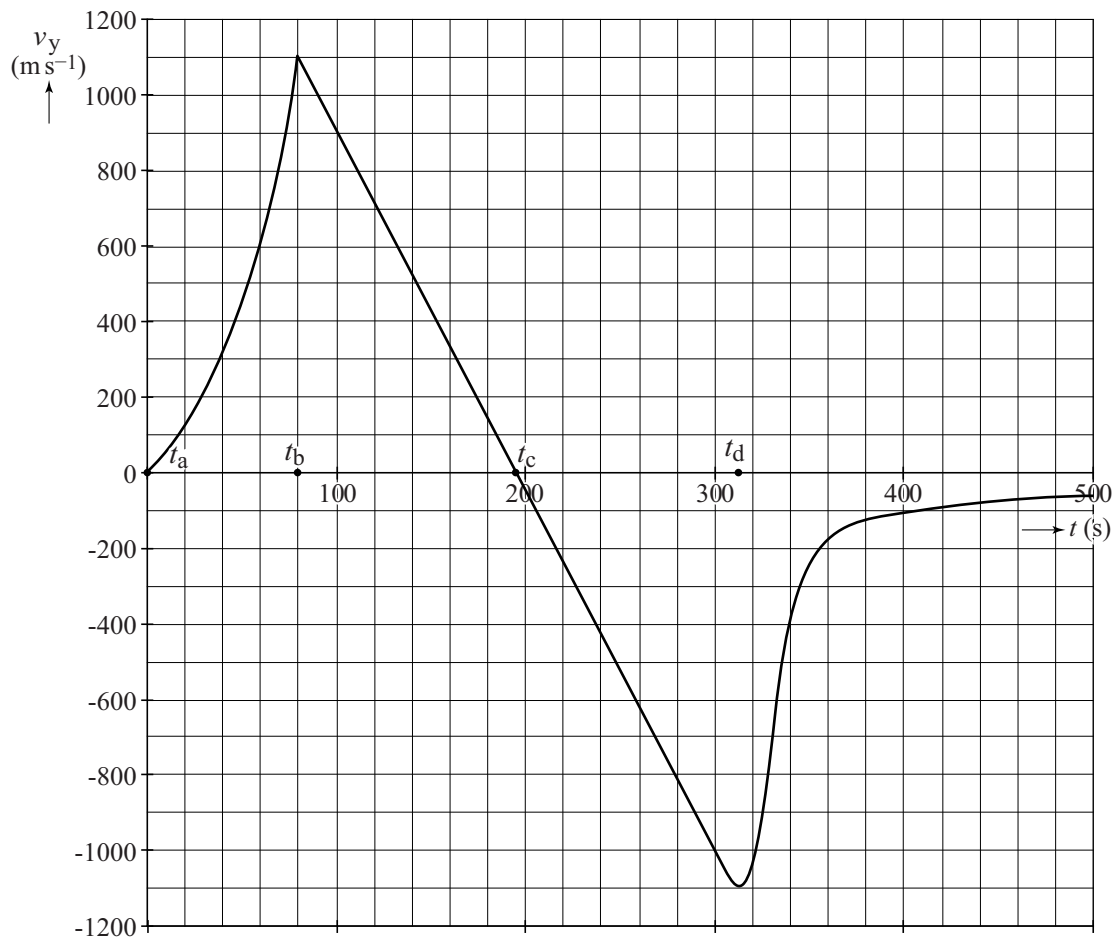
.....

## uitwerkbijlage

- 16 Kruis in de tabel aan of de inzittenden van het ruimteschip wel of niet gewichtloos zijn op de trajecten ab, bc, cd en in punt c.

	wel gewichtloos	niet gewichtloos
traject ab		
traject bc		
in punt c		
traject cd		

17



Antwoord: .....

.....

.....

.....