

Opgave 2 Valtoren

Wetenschappers willen bestuderen hoe vloeistofstromen verlopen als er geen zwaartekracht zou zijn. Om het effect van de zwaartekracht uit te schakelen worden de experimenten uitgevoerd in een capsule die een vrije val maakt. De vloeistoffen zijn dan gewichtloos.

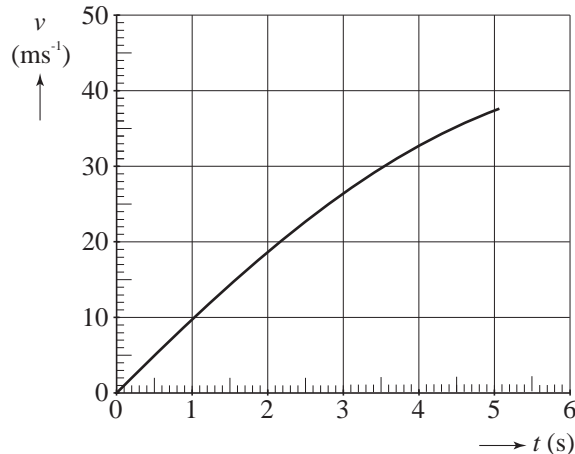
Deze experimenten kunnen worden uitgevoerd in de valtoren van Bremen, waarin een capsule over een afstand van 110 m kan vallen, zie figuur 4.

In figuur 5 staat de (v, t) -grafiek van een vallende capsule. Op $t = 5,1$ s heeft de capsule 110 m afgelegd.

figuur 4



figuur 5



Aan de grafiek is te zien dat de capsule tijdens deze val luchtweerstand ondervond.

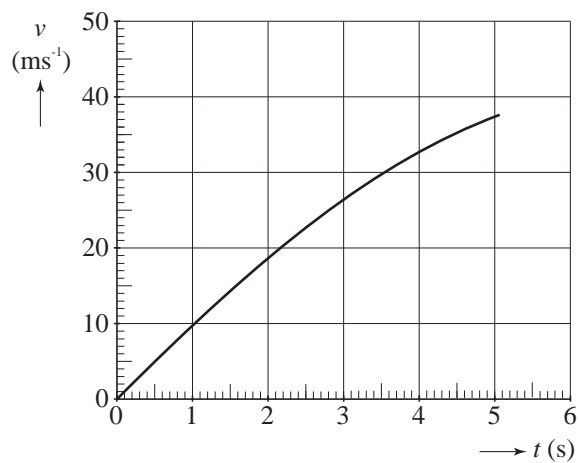
- 4p **6** Bepaal hoeveel procent van de oorspronkelijke zwaarte-energie na 110 m in warmte was omgezet ten gevolge van de luchtweerstand.

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **7** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage hoe de grafiek zou lopen indien er helemaal geen luchtweerstand was geweest. Laat de grafiek eindigen op het tijdstip dat de 110 m is afgelegd.

uitwerkbijlage

7



In de valtoeren bevindt zich een cilindervormige valbuis met een lengte van 120 m en een diameter van 3,5 m. Om de gewichtloze toestand zo goed mogelijk te benaderen wordt de valbuis vacuüm gepompt.

De luchtdruk is 1025 hPa en de temperatuur is 20 °C.

De molaire massa van lucht is 28,8 g.

- 4p **8** Bereken de massa van de lucht die uit de buis gepompt moet worden. Verwaarloos daarbij het volume dat door apparatuur en dergelijke ingenomen wordt.

In werkelijkheid is het niet mogelijk om de buis volledig vacuüm te pompen.

Daardoor is de vloeistof in de capsule net niet helemaal gewichtloos. Men spreekt dan van microzwaartekracht: tijdens het vallen blijkt het gewicht nog maar een miljoenste deel van de gewone zwaartekracht te zijn.

- 3p **9** Bereken het gewicht van 1,0 mL siliconenolie tijdens het vallen.

Aan het einde van de val over 110 m wordt de capsule opgevangen in een tank met polystyreenbolletjes en over een afstand van 7,5 m eenparig vertraagd afgeremd.

De proefopstellingen in de capsule moeten bestand zijn tegen hele grote krachten.

- 4p **10** Leg dit uit. Bereken daartoe eerst de vertraging die de capsule ondergaat, uitgedrukt in de valversnelling g .

In plaats van de capsule op te hijsen en te laten vallen, kan men de capsule ook naar boven schieten met een soort katapult.

Figuur 6 is het bijbehorende (h,t) -diagram; $h = 0$ is zowel de hoogte waarop de capsule loskomt van de katapult als de hoogte waarop het afremmen van de landing begint.

- 2p **11** Leg uit hoe lang de tijdsduur is dat de vloeistof vrijwel gewichtloos is.

figuur 6

