

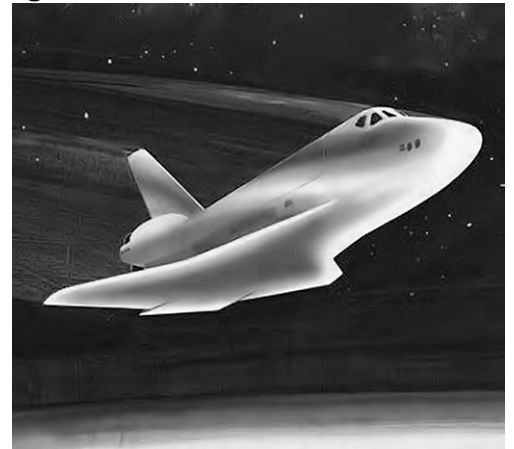
**Opgave 4 Terugkeer in de dampkring**

Figuur 1 is een tekening van een space shuttle die in de dampkring terugkeert. De space shuttle brengt astronauten van en naar het ruimtestation ISS (International Space Station).

Het ruimtestation ISS cirkelt op een hoogte van 340 km boven het aardoppervlak. De baansnelheid is  $27,7 \cdot 10^3$  km/h.

- 4p **14** Bereken de omlooptijd van het ruimtestation.

**figuur 1**



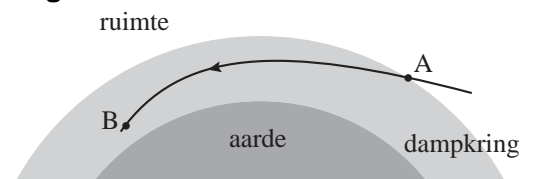
In figuur 2 is de baan van de shuttle schematisch weergegeven.

In punt A komt de shuttle met grote snelheid de buitenste lagen van de dampkring binnen.

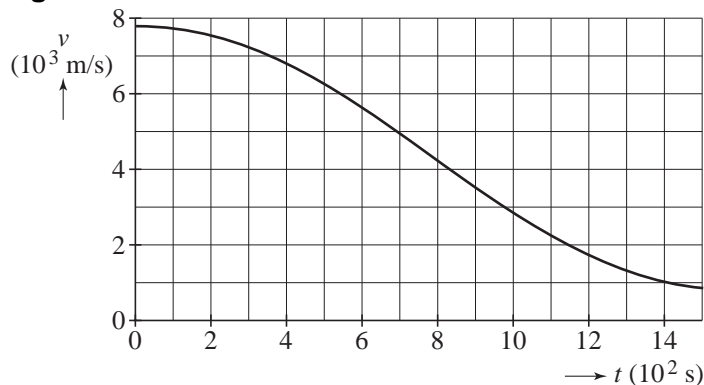
Door de grote luchtweerstand verliest hij in korte tijd veel van zijn energie. In punt B is de snelheid zo veel afgenomen dat de shuttle als een gewoon vliegtuig naar de landingsbaan kan vliegen.

In figuur 3 is het  $(v,t)$ -diagram getekend tussen de punten A ( $t = 0$  s) en B ( $t = 15 \cdot 10^2$  s).

**figuur 2**



**figuur 3**



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **15** Maak met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage een schatting van de afstand die de shuttle aflegt tussen de punten A en B. Licht je antwoord toe met een berekening.

Onder de mechanische energie van een voorwerp verstaat men de som van zijn kinetische energie en zijn zwaarte-energie; in formulevorm:  $E_{\text{mech}} = E_{\text{k}} + E_{\text{z}}$ . Tijdens de terugkeer in de dampkring wordt de mechanische energie van de shuttle omgezet in warmte.

In punt A is zijn zwaarte-energie  $1,1 \cdot 10^{11}$  J en in punt B  $7,2 \cdot 10^9$  J.

De massa van de shuttle is  $92 \cdot 10^3$  kg.

- 4p 16 Toon aan dat op het traject AB per seconde gemiddeld  $1,9 \cdot 10^9$  J mechanische energie wordt omgezet in warmte. Gebruik daarbij bovenstaande gegevens en figuur 3.

Op de space shuttle is een hitteschild aangebracht dat bestaat uit zwarte HRSI tegels (**H**igh-temperature **R**e-usable **S**urface **I**nsulation).

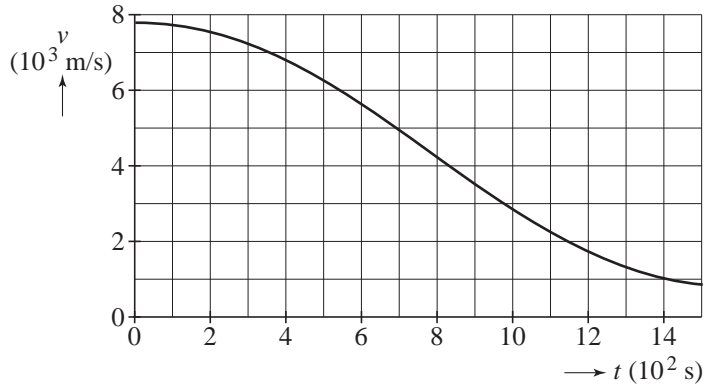
Dit hitteschild moet de space shuttle en de bemanning beschermen tegen extreme omstandigheden die optreden als de shuttle met hoge snelheid de dampkring binnenkomt.

Op de uitwerkbijlage staan drie onvolledige zinnen over enkele materiaaleigenschappen van deze tegels.

- 3p 17 Maak de zinnen op de uitwerkbijlage af.

**uitwerkbijlage**

15



toelichting/berekening: .....

.....

.....

.....

- 17 Het smeltpunt van het materiaal moet hoog zijn, want .....
- .....
- De dichtheid van het materiaal moet klein zijn, want .....
- .....
- De warmtegeleidingscoëfficiënt moet klein zijn, want .....
- .....