

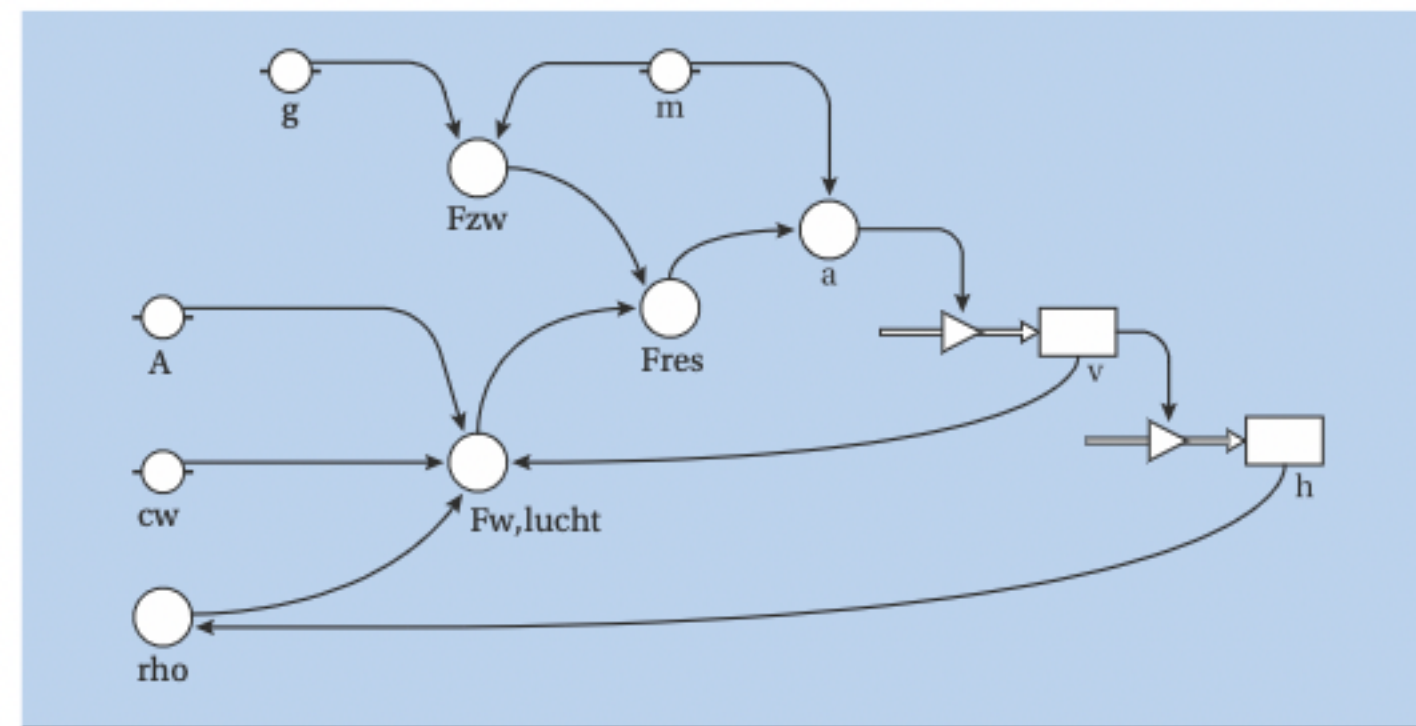
54 Gebruik in Coach het model *baumgartner* bij het beantwoorden van deze opgave.

Door vanaf een hoogte van 39 km te springen, lukte het Felix Baumgartner om sneller te vallen dan de geluidssnelheid. De dichtheid van de lucht is op grotere hoogte lager dan die op zeeniveau. Het huidige model houdt hier nog geen rekening mee. Het verband tussen de dichtheid van de lucht en de hoogte is:

$$\rho_{\text{lucht}} = 1,293 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{h}{5500}}$$

- ρ_{lucht} is de dichtheid van de lucht in kgm^{-3} .
- h is de hoogte in m.

In het model moet je drie dingen aanpassen: de constante luchtdichtheid veranderen in een hulpvariabele, de hoogte met een pijl verbinden met de luchtdichtheid en de formule invoeren in de hulpvariabele. Zie figuur 3.100.



Figuur 3.100

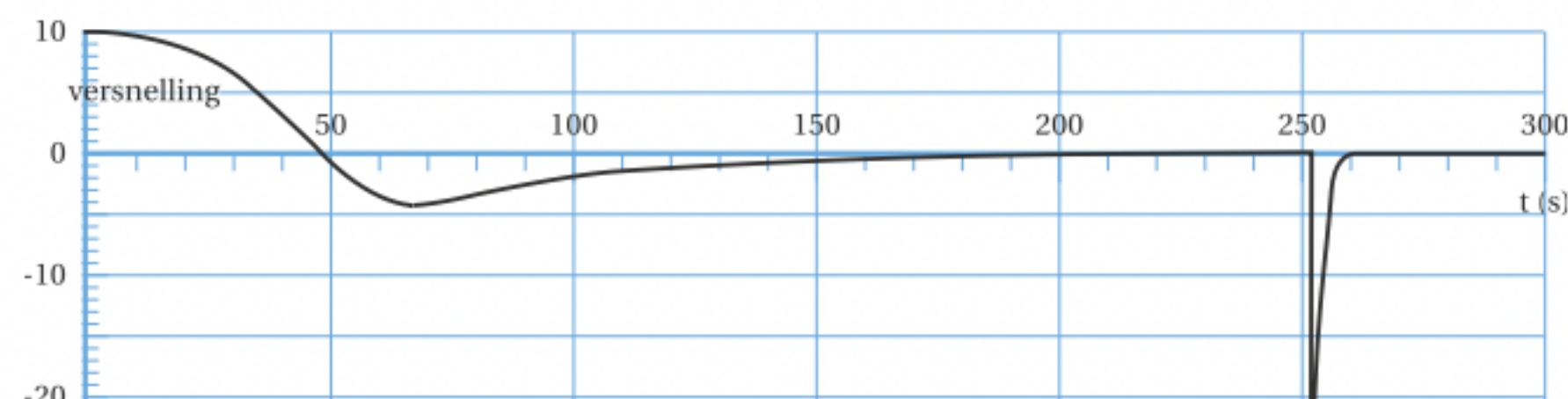
a Maak in Coach in het model de luchtdichtheid afhankelijk van de hoogte. Met het model kun je de maximale snelheid van Baumgartner bepalen. Je moet dan de volgende gegevens in het model verwerken:

- De sprong begint op 39 km hoogte.
- De massa van Baumgartner met zijn bekleding is 120 kg.
- De luchtweerstandscoefficiënt is 0,80.
- De frontale oppervlakte is $0,75 \text{ m}^2$.

b Wat is volgens het model de maximale snelheid die Baumgartner zal bereiken? Om veilig te landen, opent Baumgartner zijn parachute op een hoogte van 1,5 km. De luchtweerstandscoefficiënt is dan 0,90 en zijn frontale oppervlakte is $4,8 \text{ m}^2$. Deze condities zijn nog niet aan het model toegevoegd.

c Pas in Coach het model hierop aan.

Met dit model laat je Coach het (a,t) -diagram van figuur 3.101 tekenen.



Opgave 54

- a Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Verander de constante luchtdichtheid in een hulpvariabele.
 - Teken een relatiepijl van de hoogte naar de luchtdichtheid.
 - Voer de formule voor de luchtdichtheid in.

Zie figuur 3.44.



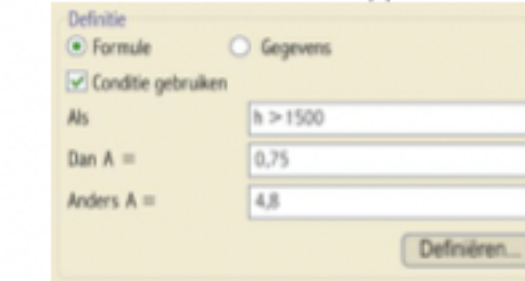
Figuur 3.44

- b De maximale snelheid bepaal je met behulp van een (v,t) -diagram in Coach. Het (v,t) -diagram laat je Coach maken nadat alle startwaarden zijn aangepast.

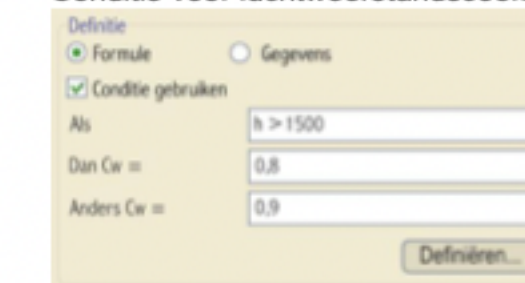
Uit het (v,t) -diagram volgt de maximale snelheid $v_{\text{max}} = 339 \text{ m s}^{-1}$. Afgerond: $3,4 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

- c Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt verander je in hulpvariabelen.
 - Teken relatiepijlen van de hoogte naar de frontale oppervlakte en naar de luchtweerstandscoefficiënt
 - Voeg condities toe voor zowel de frontale oppervlakte als voor de luchtweerstandscoefficiënt die afhangt van de hoogte. Zie figuur 3.45.

Conditie voor frontale oppervlakte



Conditie voor luchtweerstandscoefficiënt



Figuur 3.45

- d Omdat Baumgartner naar beneden beweegt, neem je de richting naar beneden positief. De snelheid is maximaal als de versnelling nul wordt: tot die tijd neemt de snelheid toe, daarna neemt hij weer af. Op $t = 49 \text{ s}$ is de snelheid maximaal.

De luchtweerstandskracht is het grootst als de versnelling het negatiefst is. De resulterende kracht is dan naar boven gericht. De richting van de luchtweerstandskracht is tegen de bewegingsrichting in. Op $t = 251 \text{ s}$ is de luchtweerstandskracht maximaal.

Zodra de parachute wordt geopend, is de luchtweerstandskracht maximaal. Op $t = 251 \text{ s}$ wordt de parachute geopend.

Als de daalsnelheid een constante waarde heeft bereikt, dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N, volgens de eerste wet van Newton. De versnelling is dan ook gelijk aan 0 m s^{-2} . Op $t = 260 \text{ s}$ heeft de daalsnelheid een constante waarde bereikt.

- e De maximale grootte van de kracht volgt uit het (F_{res},t) -diagram. Laat Coach een (F_{res},t) -diagram tekenen en lees de maximale kracht af bij $t = 251 \text{ s}$.
- f Een belangrijk verschil is dat in werkelijkheid de parachute niet direct helemaal geopend is. De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt veranderen dus geleidelijk.