

33 In een wolk bevinden zich vallende waterdruppels. De temperatuur in de wolk is 273 K en de luchtdruk is 800 hPa. Op de grond is de luchtdruk 1000 hPa, de dichtheid van lucht 1,29 kg m<sup>-3</sup> en de temperatuur 293 K.

- a Bereken met  $p = \rho \cdot g \cdot h$  hoe hoog de wolk zich bevindt, uitgedrukt in km.  
Gebruik hiervoor de gegeven dichtheid van lucht, en verwaarloos de afname van de dichtheid met de hoogte.

In werkelijkheid neemt de dichtheid van lucht af als je hoger komt.

- b Beredeneer of je uitkomst van vraag a daardoor te groot of te klein is.

- c Bereken de werkelijke dichtheid van lucht in de wolk.

De eindsnelheid van een waterdruppel in de wolk is recht evenredig is met  $r^2$ .

Op een bepaalde hoogte valt druppel A met een snelheid van 12 mm s<sup>-1</sup>. Een stuk

onder druppel A valt druppel B, met een snelheid van 3,0 mm s<sup>-1</sup>.

- d Hoeveel keer is druppel A zwaarder dan druppel B?

Door de grotere snelheid van druppel A haalt hij druppel B in, en smelten ze samen tot één grote nieuwe druppel AB. Meteen na de botsing heeft druppel AB slechts een snelheid van 11 mm s<sup>-1</sup>.

- e Leg uit waarom de snelheid van druppel AB meteen na de botsing kleiner is dan de oorspronkelijke snelheid van druppel A.

De snelheid van druppel AB neemt na enige tijd toe tot 13 mm s<sup>-1</sup>.

- f Leg uit waarom de eindsnelheid van druppel AB groter is dan de oorspronkelijke snelheid van druppel A.

## 6 Afsluiting

### Opgave 33

- a De hoogte bereken je met de formule voor een kolom lucht.  
De druk van een kolom lucht is gelijk aan het verschil tussen de druk in de wolk en de druk op de grond.

$$p = p_{\text{grond}} - p_{\text{wolk}} \\ p = 1000 - 800 = 200 \text{ hPa}$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h \\ p = 200 \text{ hPa} = 200 \cdot 10^2 \text{ Pa} \\ \rho = 1,29 \text{ kg m}^{-3} \\ g = 9,81 \text{ m s}^{-2} \\ 200 \cdot 10^2 = 1,29 \times 9,81 \times h \\ h = 1,580 \cdot 10^3 \text{ m} \\ \text{Afgerond: } 1,58 \text{ km.}$$

- b Bij a ga je uit van een constante dichtheid. In werkelijkheid neemt de dichtheid af. De gemiddelde dichtheid is dus kleiner dan 1,29 kg m<sup>-3</sup>. De andere grootheden behouden dezelfde waarde. Bij een kleinere dichtheid hoort een grotere waarde voor  $h$ . De uitkomst bij a is dus te klein.

- c De dichtheid in de wolk bereken je met de algemene gaswet.

$$\frac{p_1}{\rho_1 \cdot T_1} = \frac{p_2}{\rho_2 \cdot T_2} \\ p_1 = 1000 \text{ hPa} \\ \rho_1 = 1,29 \text{ kg m}^{-3} \\ T_1 = 293 \text{ K} \\ p_2 = 800 \text{ hPa} \\ T_2 = 273 \text{ K} \\ \frac{1000}{1,29 \times 293} = \frac{800}{\rho_2 \cdot 273} \\ \rho_2 = 1,1076 \text{ kg m}^{-3} \\ \text{Afgerond: } 1,11 \text{ kg m}^{-3}.$$

- d De massa van een druppel is recht evenredig met het volume.  
Een bolvormig volume is recht evenredig met  $r^3$ .  
De valsnelheid is recht evenredig met  $r^2$ .  
Druppel A valt 4 keer zo snel als druppel B.  
De straal van druppel A is dus 2 keer zo groot als de straal van druppel B.  
Een 2 keer zo grote straal betekent een 8 keer zo groot volume.  
Een 8 keer zo groot volume betekent een 8 keer zo grote massa.  
De massa van druppel A is 8 keer zo groot als die van druppel B.
- e Volgens de wet van behoud van energie is de kinetische energie van druppel A en druppel B vlak voor de botsing gelijk aan de kinetische energie van de druppel AB na de botsing.
- $$\frac{1}{2} m_A \cdot 12^2 + \frac{1}{2} m_B \cdot 3^2 = \frac{1}{2} (m_A + m_B) \cdot v_{AB}^2$$
- Hieruit volgt dat de snelheid van druppel AB na de botsing kleiner zal zijn dan 12 ms<sup>-1</sup>.
- f De straal van de gevormde druppel AB is groter dan de straal van druppel A.  
De valsnelheid is recht evenredig met  $r^2$ . Dus de eindsnelheid van druppel AB is groter dan de eindsnelheid van druppel A.