

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.1 Het molecuulmodel

Opgave 1

Warmte gaat van een plaats met de hoogste temperatuur naar een plaats met de laagste temperatuur. Als de temperatuur stijgt, neemt de snelheid van de moleculen en de gemiddelde afstand tussen de moleculen toe. De aantrekkende krachten tussen de moleculen nemen dan af.

- Fout.
Er is warmte de kamer uitgegaan.
(Toelichting: kou is geen energievorm.)
- Fout.
De moleculen in de lucht bewegen overdag sneller dan 's nachts.
(Toelichting: de temperatuur is overdag hoger dan 's nachts. Hoe hoger de temperatuur, des te sneller bewegen de moleculen.)
- Goed.
- Goed.
- Fout.
De gemiddelde afstand tussen de moleculen in de lucht is 's nachts even groot als overdag.
(Toelichting: de ruimte is afgesloten. Het aantal moleculen lucht verandert dus niet tijdens afkoelen.)

Opgave 2

Bij omrekenen van temperaturen gebruik je de formule $T_{\text{Celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$.

- $25 = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
 $T_{\text{kelvin}} = 298,15 \text{ K}$
Afgerond: 298 K.
- $-4 = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
 $T_{\text{kelvin}} = 269,15 \text{ K}$
Afgerond: 269 K.
- $T_{\text{Celsius}} = 4 - 273,15$
 $T_{\text{Celsius}} = -269,15 \text{ °C}$
Afgerond: -269 °C .
- $T_{\text{Celsius}} = 293 - 273,15$
 $T_{\text{Celsius}} = 19,85 \text{ °C}$
Afgerond: 20 °C .

Opgave 3

De deodorant verdampt en is dan gasvormig. De moleculen bewegen vrij in alle richtingen. Na een tijdje bereiken de moleculen je neus en dan ruik je ze.

Opgave 4

- Het ontstaan van ijs verklaar je met de aanwezigheid van waterdamp in de lucht.

Als je het vriesvak opent, gaat er warmere lucht met waterdamp naar binnen. Als je het vriesvak weer sluit, koelt de waterdamp in het vriesvak zo snel af dat de waterdamp direct overgaat in de vaste stof ijs.

- Twee van de volgende manieren:
 - De deur zo kort mogelijk openen.
 - De deur zo min mogelijk openen.
 - Warm voedsel eerst laten afkoelen voor je het in de vriezer doet: warme lucht bevat meer waterdamp dan koude lucht.

Opgave 5

- Wat er gebeurt met de gemiddelde snelheid, leg je uit met de verandering van de temperatuur.

Als de temperatuur daalt, daalt de (gemiddelde) snelheid van de moleculen.

- $\Delta T_{\text{Celsius}} = 63 - (-80) = 143 \text{ °C}$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c Bij omrekenen van temperaturen gebruik je $T_{\text{Celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$.

$$T_{\text{Celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$$

Hieruit volgt: $T_{\text{kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273,15$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = (63 + 273,15) - (-80 + 273,15) = 143 \text{ K}$$

- d Dat een temperatuur van -80 K niet mogelijk is, leg je uit met het begrip absolute nulpunt.

Als de temperatuur daalt, dan daalt de snelheid van de moleculen.

Bij het absolute nulpunt staan de moleculen stil. Dan is de temperatuur 0 K .

Een lagere temperatuur dan 0 K is dus niet mogelijk.

Opgave 6

- a Of de spleten smaller of breder worden, beredeneer je met de gevolgen van warmtetoevoer aan een stof.

Stijgt de temperatuur, dan wordt de afstand tussen de deeltjes in het wegdek groter. De brug zet uit. De spleten worden smaller.

- b Waarom het wegdek niet aan de pijlers vastzit, verklaar je met de gevolgen van uitzetten van het wegdek.

Bij temperatuurstijging zet het wegdek uit. Zit het wegdek vast aan een pijler, dan duwt het wegdek de bovenkant van de pijlers naar rechts. Dan kan een pijler breken.

- c Waardoor rol B niet in het midden ligt, leg je uit met het verschil in uitzetten van stukken wegdek.

Als het wegdek uitzet, dan wordt de rol naar rechts verplaatst.

Hoe groter de afstand tot het beginpunt, des te meer zet het bijbehorende wegdek uit.

Bij de rechterpijler is de afstand tot het beginpunt van de brug groter dan bij de linker pijler.

Dus bij de rechterpijler moet de rol zich meer kunnen verplaatsen dan bij de linker pijler.

Daarom ligt rol B wat meer naar links.

Opgave 7

- a Dat de as dunner is, leg je uit met het molecuulmodel.

Bij een lage temperatuur is de afstand tussen de atomen kleiner dan bij een hoge temperatuur. Een kleinere afstand tussen de atomen betekent een dunnere as.

- b Dat je de methode niet kunt toepassen op elke plaats in de wereld leg je uit met de plaatselijke temperatuur.

Bij een lagere temperatuur is het gat in het wiel ook kleiner.

Heeft de as al een lage temperatuur, dan krimpt de as bij het afkoelen minder en past dan niet in het gat van het wiel.

Opgave 8

- a Er geldt $\rho = \frac{m}{V}$ met $m = 1,00 \text{ kg}$.

ijs $\rho = 0,917 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ (zie BINAS tabel 10A)

water $\rho = 0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ (zie BINAS tabel 11)

waterdamp $\rho = 0,598 \text{ kg m}^{-3}$ (zie BINAS tabel 12)

Hieruit volgt:

ijs $V = 1,090 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, afgerond $V = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

water $V = 1,002 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, afgerond $V = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

waterdamp $V = 1,672 \text{ m}^3$, afgerond $V = 1,67 \text{ m}^3$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b Wat er gebeurt met de warmte, beredeneer je met de gevolgen van warmtetoevoer aan een stof.

Als de temperatuur niet stijgt, wordt de warmte gebruikt voor het vergroten van de afstand tussen de moleculen.

- c Bij 100 °C gaat water over in waterdamp, maar tegelijkertijd gaat ook waterdamp over in water. Dat kan alleen als de moleculen elkaar nog steeds (een beetje) aantrekken.

Opgave 9

- a Of vast kaarsvet blijft drijven of gaat zinken, verklaar je met het verschil in dichtheid. Het verschil in dichtheid beredeneer je met het verschil in afstand tussen de moleculen.

In de vaste fase is de afstand tussen de moleculen kleiner dan in de vloeibare fase. Hierdoor heeft 1 cm³ vaste stof een grotere massa dan 1 cm³ vloeistof. De dichtheid van vast kaarsvet is groter dan die van vloeibaar kaarsvet.

Dus zakt vast kaarsvet naar de bodem als dit aan vloeibaar kaarsvet wordt toegevoegd.

- b Of de kinetische energie verandert, leg je uit met het verband tussen de kinetische energie van de moleculen en de temperatuur van de stof.

De gemiddelde kinetische energie van de moleculen is een maat voor de temperatuur van de stof.

In gebied A en C stijgt de temperatuur en neemt de kinetische energie dus toe.

In gebied B verandert de temperatuur niet, dus de kinetische energie ook niet.

- c Of de potentiële energie van de moleculen verandert, leg je uit met het verband tussen de potentiële energie en de afstand.

De verandering van de afstand leg je uit met de gevolgen van warmtetoevoer aan een stof.

In elk gebied neemt de afstand tussen de moleculen toe. In gebied A en C neemt de temperatuur toe en gaan de moleculen sneller bewegen. Hierdoor wordt de gemiddelde afstand tussen de moleculen groter.

In gebied B wordt de energie gebruikt om de afstand tussen de moleculen te vergroten.

Dus in elk gebied neemt de potentiële energie toe.

- d Wat er in elk traject gebeurt met de inwendige energie, leg je uit met het begrip inwendige energie en de antwoorden op de vragen b en c.

De inwendige energie is de som van de kinetische energie en de potentiële energie.

Bekijk je de antwoorden op de vragen b en c, dan is de conclusie dat de inwendige energie in elk gebied toeneemt.

- e Of de temperatuur van het kaarsvet verandert, leg je uit met het verschil in temperatuur van het kaarsvet en de temperatuur van de omgeving.

De temperatuur van het kaarsvet zal na 19 minuten afnemen, omdat de omgevingstemperatuur lager is dan 71 °C.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.2 Transport van warmte

Opgave 10

- a In een dekbed zit materiaal waartussen lucht zit.
Lucht is een slechte warmtegeleider.
Door het materiaal is stroming nauwelijks mogelijk.
Sommige dekbedden hebben een glanzend oppervlak waardoor warmte teruggekaatst wordt richting je lichaam.
- b Het beter warm houden verklaar je met een verschil in warmtetransport.
- De lucht tussen de veertjes blijft op dezelfde plaats.
Er is dan geen warmtetransport door stroming mogelijk.

Opgave 11

- a In het water is er warmtetransport door stroming.
- b In het glas is er warmtetransport door geleiding.
- c In de lucht is er warmtetransport door straling en stroming.

Opgave 12

- a Volgens $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$ wordt per seconde meer warmte aan de omgeving afgegeven als de oppervlakte groter is.

Het oppervlak van een koelelement met ribben is veel groter dan dat van een blok aluminium met dezelfde massa.

- b Volgens $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$ wordt per seconde meer warmte aan de omgeving afgegeven als de warmtegeleidingscoëfficiënt groter is.
De warmtegeleidingscoëfficiënt van aluminium is veel groter dan die van ijzer.
- c Volgens $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$ wordt per seconde meer warmte aan de omgeving afgegeven als het temperatuurverschil groot is.

Door te ventileren vervang je de opgewarmde lucht door koude lucht. Het temperatuurverschil tussen het koelelement en de omgeving blijft dan het grootst.

Opgave 13

- a De thermische geleidbaarheid bereken je met de formule voor de warmtestroom.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in °C.

$$P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

$$P = 110 \text{ J s}^{-1}$$

$$A = 1,8 \text{ m}^2$$

$$d = 5,0 \text{ mm} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 37 - 26 = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Dus } \Delta T_{\text{kelvin}} = 11 \text{ K.}$$

$$110 = \lambda \cdot 1,8 \times \frac{11}{5,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\lambda = 2,77 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } \lambda = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}.$$

- b Of je huid een goede warmtegeleider is vergeleken met metalen leg je uit door gegevens in BINAS tabel 8 te vergelijken met het antwoord op vraag a.

De λ van metalen is groter dan $2,8 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Zie BINAS tabel 8.
De huid is geen goede warmtegeleider vergeleken met metalen.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c Bij verdampen ontsnappen de snelste moleculen uit het zweet. Daardoor daalt de temperatuur van het zweet. Daardoor wordt ook het lichaam gekoeld.

Opgave 14

- a De eenheid van R_{therm} leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de formule voor de thermische weerstand.

$$[R_{\text{therm}}] = \frac{[d]}{[\lambda] \cdot [A]}$$

$$[d] = \text{m}$$

$$[\lambda] = \text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$[A] = \text{m}^2$$

$$[R_{\text{therm}}] = \frac{\text{m}}{\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1} \times \text{m}^2}$$

$$[R_{\text{therm}}] = \text{K W}^{-1}$$

- b De formule leid je af met de formule voor warmtestroom en de formule voor thermische weerstand.

$$\text{Uit } R_{\text{therm}} = \frac{d}{\lambda \cdot A} \text{ volgt } \lambda = \frac{d}{R_{\text{therm}} \cdot A}.$$

$$\text{Invullen in de formule voor de warmtestroom levert } P = \frac{d}{R_{\text{therm}} \cdot A} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}.$$

$$\text{Hieruit volgt: } P = \frac{\Delta T}{R_{\text{therm}}}$$

- c Het vermogensverlies bereken je met het vermogensverlies door glas en het vermogensverlies door lucht.
Vermogensverlies bereken je met de gegeven formule voor de thermische weerstand.

$$R_{\text{therm,glas}} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

$$d = 6,0 \text{ mm} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,93 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1} \quad (\text{zie voorbeeld 3 pagina 199 van het leerboek})$$

$$A = 0,96 \text{ m}^2 \quad (\text{zie voorbeeld 3 pagina 199 van het leerboek})$$

$$R_{\text{therm,glas}} = 6,72 \cdot 10^{-3} \text{ K W}^{-1}$$

$$R_{\text{therm,lucht}} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

$$d = 12,0 \text{ mm} = 12,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$A = 0,96 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{therm,lucht}} = 5,208 \cdot 10^{-1} \text{ K W}^{-1}$$

$$R_{\text{therm,tot}} = R_{\text{therm,glas}} + R_{\text{therm,lucht}} = 6,72 \cdot 10^{-3} + 5,208 \cdot 10^{-1} = 5,276 \cdot 10^{-1} \text{ K W}^{-1}$$

$$P = \frac{\Delta T}{R_{\text{therm}}}$$

$$\Delta T = 12,4 - (-4,2) = 16,6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 16,6 \text{ K}$$

$$P = \frac{16,6}{5,276 \cdot 10^{-1}}$$

$$P = 31,46 \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P = 31 \text{ W.}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- d De hoeveelheid Gronings aardgas die je per uur minder hoeft te verbranden, bereken je met de stookwaarde van Gronings aardgas en de hoeveelheid energie die je per uur minder nodig hebt.

De hoeveelheid energie die je per uur minder nodig hebt, bereken je met de formule voor de warmtestroom.

De afname van het vermogensverlies bereken je met het vermogensverlies door dubbelglas en het vermogensverlies door enkel glas.

De afname van vermogensverlies $P_{\text{afname}} = 4,9 \cdot 10^3 - 31 = 4,869 \cdot 10^3 \text{ W}$.

$$P_{\text{afname}} = \frac{Q_{\text{afname}}}{t}$$

$$t = 1 \text{ uur} = 3600 \text{ s}$$

$$4,869 \cdot 10^3 = \frac{Q_{\text{afname}}}{3600}$$

$$Q_{\text{afname}} = 1,7528 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Er is dus $1,7528 \cdot 10^7 \text{ J}$ minder energieverlies per uur.

stookwaarde van Gronings aardgas = $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$ (zie BINAS tabel 28B)

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas minder} = \frac{1,7528 \cdot 10^7}{32 \cdot 10^6}$$

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas minder} = 0,5477 \text{ m}^3$$

Er is afgerond $0,55 \text{ m}^3$ minder aardgas per uur nodig.

Opgave 15

- a De totale warmtestroom bereken je met de definitie van de U -waarde.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^{\circ}\text{C}$.

De totale oppervlakte aan glas is $2,0 \times 2,0 \times (1,5 \times 2,0) = 12,0 \text{ m}^2$.

Het temperatuurverschil is $20,0 - 7,0 = 13,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 13,0 \text{ K}$.

De totale warmtestroom is $5,7 \times 12,0 \times 13,0 = 8,89 \cdot 10^2 \text{ W}$.

Afgerond: $8,9 \cdot 10^2 \text{ W}$.

- b Het temperatuurverschil bereken je met de formule voor de warmtestroom.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^{\circ}\text{C}$.

$$P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

$$P = 8,9 \cdot 10^2 \text{ W}$$

$$\lambda = 0,93 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A})$$

$$A = 12,0 \text{ m}^2$$

$$d = 4,0 \text{ mm} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$8,9 \cdot 10^2 = 0,93 \times 12,0 \cdot \frac{\Delta T}{4,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta T = 0,318 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = \Delta T_{\text{Celsius}}$$

Dus $\Delta T_{\text{Celsius}}$ is afgerond $0,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

- c De warmtestroom is een continu proces: alle warmte die door de ruit gaat, gaat in eenzelfde tijd ook door de luchtlagen.
- d De totale dikte bereken je met de formule voor warmtestroom.
Het temperatuurverschil bereken je met het temperatuurverschil tussen de binnen- en buitenkant van het glas en het temperatuurverschil tussen de kamer en de buitenlucht.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^{\circ}\text{C}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 13,0 - 0,32 = 12,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 12,68 \text{ K}$$

$$P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

$$P = 8,9 \cdot 10^2 \text{ W}$$

$$\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$A = 12,0 \text{ m}^2$$

$$8,9 \cdot 10^2 = 24 \cdot 10^{-3} \times 12,0 \times \frac{12,68}{d}$$

$$d = 4,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Afgrond: 4,1 mm.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.3 Soortelijke warmte

Opgave 16

- a Geleiding.
b Dat zand een hogere temperatuur krijgt dan hout, leg je uit met de formule voor soortelijke warmte.

Voor de temperatuurstijging geldt $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$.

Als de hoeveelheid warmte Q en de massa m dezelfde waarde hebben, dan hangt de temperatuurstijging af van de soortelijke warmte c .

Volgens BINAS tabel 10A heeft zand een kleinere soortelijke warmte dan hout.

Dus zand stijgt meer in temperatuur dan hout.

Opgave 17

De temperatuurstijging (per m^2 weg) bereken je met de formule voor de soortelijk warmte.

De hoeveelheid opgenomen warmte (per m^2 weg) bereken je met het gemiddelde vermogen (per m^2 weg) en de tijd.

De massa van het asfalt (per m^2 weg) bereken je met de formule voor de dichtheid.

Het volume per m^2 weg bereken je met de dikte van de weg.

$$V_{\text{per m}^2 \text{ weg}} = A \cdot h = 1 \times 0,15 = 0,15 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho \text{ (van asfalt)} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A})$$

$$1,2 \cdot 10^3 = \frac{m}{0,15}$$

$$m = 180 \text{ kg}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = 6,0 \cdot 10^2 \text{ W}$$

$$t = 1 \text{ uur} = 3600 \text{ s}$$

$$6,0 \cdot 10^2 = \frac{Q}{3600}$$

$$Q = 2,16 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Per uur wordt er dus $2,16 \cdot 10^6 \text{ J}$ aan energie opgenomen.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c \text{ (van asfalt)} = 0,92 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A})$$

$$m = 1,8 \cdot 10^2 \text{ kg}$$

$$2,16 \cdot 10^6 = 1,8 \cdot 10^2 \times 0,92 \cdot 10^3 \times \Delta T$$

$$\Delta T = 13,04 \text{ K}$$

Afgerond: $\Delta T = 13 \text{ K}$.

De temperatuurstijging is dus afgerond $13 \text{ }^\circ\text{C}$ per uur.

Opgave 18

- a De hoeveelheid warmte bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
De massa van de lucht bereken je met de formule voor de dichtheid.
Het volume van de lucht bereken je met de afmetingen van de kamer.

$$V = \ell \cdot b \cdot h$$

$$V = 8,20 \times 3,60 \times 2,60 = 76,75 \text{ m}^3$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 1,293 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$1,293 = \frac{m}{76,75}$$

$$m = 99,237 \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 1,00 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 21,0 - 16,0 = 5,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 5,0 \text{ K}$$

$$Q = 99,237 \times 1,0 \cdot 10^3 \times 5,0 = 4,96 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 5,0 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- b Hoeveel m³ Gronings aardgas minstens nodig is, bereken je met de stookwaarde van Gronings aardgas en de hoeveelheid warmte die nodig is.

De stookwaarde van Gronings aardgas is $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$. (zie BINAS tabel 28B)

Om $5,0 \cdot 10^5 \text{ J}$ aan warmte te krijgen, moet $\frac{5,0 \cdot 10^5}{32 \cdot 10^6} = 1,55 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ aardgas worden verbrand.

Afgerond: $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$.

- c Er verdwijnt warmte via het rookgasafvoerkanaal van de cv-ketel.
Er verdwijnt warmte via kleine openingen in de woning.
Er wordt warmte gebruikt voor het opwarmen van de leidingen.
Er wordt warmte gebruikt om de muren op te warmen.
Er wordt warmte gebruikt voor het opwarmen van de spullen in het huis.

Opgave 19

- a Welk proces de meeste warmte afgeeft, lees je af in figuur 4.20 van het leerboek.

De hoeveelheid energie die vrijkomt tijdens het stollen is ongeveer vijf keer zo groot als de hoeveelheid energie die vrijkomt tijdens het afkoelen van de vaste stof of van de vloeistof. Dus tijdens het stollen wordt de meeste energie afgegeven.

- b De hoeveelheid warmte die het glauberzout afgeeft tot het gaat stollen bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^{\circ}\text{C}$.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 1,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 80 - 32 = 48 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 48 \text{ K}$$

$$Q = 1,2 \cdot 10^3 \times 10 \times 48 = 5,76 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 5,8 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- c De soortelijke warmte van glauberzout in de vaste fase bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
De hoeveelheid warmte leid je af met behulp van figuur 4.20 van het leerboek en de schaal van de horizontale as.
De schaal van de horizontale as bepaal je met de grafiek tijdens het afkoelen van de vloeibare fase.

Q bij het afkoelen van de vloeistof is $5,76 \cdot 10^5 \text{ J}$.

In figuur 4.20 komt dat overeen met 6,0 schaaldelen.

$$\text{Een schaaldeel} = \frac{5,76 \cdot 10^5}{6,0} = 0,96 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Q bij het afkoelen van de vaste stof is gelijk aan 4,0 schaaldelen.

$$\text{Dus } Q = 4,0 \times 0,96 = 3,84 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 3,84 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 32 - (-30) = 62 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 62 \text{ K}$$

$$3,84 \cdot 10^5 = c \times 10 \times 62$$

$$c = 6,193 \cdot 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } c = 6,2 \cdot 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}.$$

d Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

- De auto heeft een grotere massa. Dan kost het rijden zelf meer energie. Dus levert gebruik van glauberzout geen bijdrage aan energiebesparing.
- Tijdens de rit wordt warmte opgeslagen die later weer gebruikt wordt. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
- Bij de start gebruikt de motor minder energie. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
- De motor slijt minder. Daardoor gaat de auto langer mee. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
- De auto heeft een grotere massa. Er wordt ook energie opgeslagen die later weer gebruikt wordt. Het is zo niet na te gaan of het een besparing is of niet.

Opgave 20

- a De hoeveelheid warmte bereken je met de formule voor de soortelijke warmte. Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^\circ\text{C}$.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$m = 250 \text{ g} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$c = 0,88 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 100 - 20 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 80 \text{ K}$$

$$Q = 0,88 \cdot 10^3 \times 250 \cdot 10^{-3} \times 80 = 1,76 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 1,8 \cdot 10^4 \text{ J}.$$

- b De massa van ijzer bereken je met de verhouding van de dichtheden van aluminium en ijzer.

$$\rho_{\text{ijzer}} = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$\rho_{\text{aluminium}} = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$\text{De dichtheid van ijzer is } \frac{7,87 \cdot 10^3}{2,70 \cdot 10^3} = 2,91 \text{ keer zo groot als die van aluminium.}$$

Dus is de massa van een ijzeren pan 2,91 keer zo groot als die van eenzelfde pan van aluminium.

De massa van de ijzeren pan is $250 \times 2,91 = 728 \text{ g}$.

Dus ongeveer 730 gram.

- c De hoeveelheid warmte bereken je met de formule voor de soortelijke warmte. Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in $^\circ\text{C}$.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$m = 730 \text{ g} = 730 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 100 - 20 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 80 \text{ K}$$

$$Q = 0,46 \cdot 10^3 \times 730 \cdot 10^{-3} \times 80 = 2,68 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Dat is meer dan } 1,8 \cdot 10^4 \text{ J}.$$

Opgave 21

- a De hoeveelheid warmte om ijs van $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ te laten smelten bereken je met de warmte die nodig is om het ijs te verwarmen van $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$ en de warmte om het ijs te laten smelten. De hoeveelheid warmte om te verwarmen bereken je met de soortelijke warmte. De hoeveelheid warmte om te smelten bereken je met de smeltwarmte. De massa bereken je met de formule voor de dichtheid.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Het volume bereken je met lengte van een ribbe.

$$V = \ell \times b \times h = \ell^3$$

$$\ell = 2,5 \text{ cm} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = (2,5 \cdot 10^{-2})^3$$

$$V = 1,562 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 0,917 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A})$$

$$0,917 \cdot 10^3 = \frac{m}{1,562 \cdot 10^{-5}}$$

$$m = 1,4328 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 18 \text{ K}$$

$$Q = 1,4328 \cdot 10^{-2} \times 2,2 \cdot 10^3 \times 18$$

$$Q = 5,673 \cdot 10^2 \text{ J}$$

De smeltwarmte van ijs is $334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$ (zie BINAS tabel 11 bij water)

Er is dus $1,4328 \cdot 10^{-2} \times 334 \cdot 10^3 = 4,785 \cdot 10^3 \text{ J}$ nodig om ijs te smelten.

In totaal dus $5,673 \cdot 10^2 + 4,785 \cdot 10^3 = 5,352 \cdot 10^3 \text{ J}$.

Afgerond: 5,4 kJ.

- b Het klontje smelt volledig als de hoeveelheid warmte om het water in het glas af te koelen (van $16 \text{ }^\circ\text{C}$ tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$) groter is dan 5,4 kJ.

De hoeveelheid warmte om het water in het glas af te koelen tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$ bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.

De massa van het water bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$

$$V = 200 \text{ mL} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$0,9982 \cdot 10^3 = \frac{m}{200 \cdot 10^{-6}}$$

$$m = 1,996 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 16 \text{ K}$$

$$Q = 1,996 \cdot 10^{-1} \times 4,18 \cdot 10^3 \times 16$$

$$Q = 1,334 \cdot 10^4 \text{ J} = 13,34 \text{ kJ}$$

Dus één klontje smelt volledig.

- c De eindtemperatuur van het water leid je af door de hoeveelheid warmte die nodig is om drie klontjes ijs te smelten te vergelijken met de hoeveelheid energie die vrijkomt als water afkoelt tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Om in totaal drie klontjes te kunnen laten smelten is $3 \times 5,4 = 16,2 \text{ kJ}$ aan warmte nodig.

Om het water af te koelen tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$ is $13,34 \text{ kJ}$ nodig. Dat is minder dan $16,2 \text{ kJ}$.

Als de temperatuur van het water is gedaald tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$, is nog een deel van het ijs niet gesmolten.

Het glas bevat dus water en ijs. De eindtemperatuur is dus $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 22

- a Als het ijs smelt, is er warmte nodig. Die komt uit de omgeving van het ijs: het zoute water.
De temperatuur van het zoute water daalt als het warmte afstaat aan het ijs.
- b De eindtemperatuur van het mengsel volgt uit de temperatuurdaling van de vloeistof.
De temperatuurdaling van de vloeistof bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
De massa van de vloeistof bereken je met de massa van het zoute water en de massa van het gesmolten ijs.
De hoeveelheid warmte voor de temperatuurdaling volgt uit de hoeveelheid warmte om het ijs te smelten.
De hoeveelheid warmte om het ijs te smelten bereken je met de smeltwarmte van het ijs.

De smeltwarmte van ijs is $334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$. (zie BINAS tabel 11 bij water)

De massa van het ijs is $100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$.

Er is dus $0,100 \times 334 \cdot 10^3 = 3,34 \cdot 10^4 \text{ J}$ nodig om het ijs te smelten.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 3,34 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$c = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$

$$m = 100 + 400 = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$3,34 \cdot 10^4 = 0,500 \times 4,0 \cdot 10^3 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 16,7 \text{ K}$$

$$\text{Dus } \Delta T_{\text{Celsius}} = 16,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

De begintemperatuur is $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

De eindtemperatuur van de vloeistof is afgerond $-17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Opgave 23

De snelheid van afkoelen beredeneer je met de formule voor soortelijke warmte.

De massa beredeneer je met de formule voor dichtheid.

De hoeveelheid warmte beredeneer je met de formule voor de warmtestroom.

De bekertjes zijn precies hetzelfde, dus de warmtestroom door de wand is bij beide bekertjes hetzelfde.

De dichtheid van melk is ongeveer $1,03 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ en die van water $0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

Dus in beide bekertjes zit ongeveer dezelfde massa aan vloeistof.

De soortelijke warmte van melk is $3,9 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en die van water $4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

De soortelijke warmte van melk is kleiner dan die van water.

Bij dezelfde uitstroom van warmte is de temperatuurdaling van melk groter dan die van water.

Dus melk koelt sneller af dan water.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.4 Algemene gaswet

Opgave 24

Zie tabel 4.1.

Locatie	p (10^3 hPa)	V (m^3)	T (K)	n (mol)
De Bilt (Nederland)	1,01	1,00	283	43,0
Death Valley (USA)	1,03	1,15	330	43,0
Vostok station (Antarctica)	0,625	1,05	184	43,0
Top Mt. Everest (Nepal)	0,337	1,00	243	16,7

Tabel 4.1

De grootheden die ontbreken bereken je met de algemene gaswet.
De gasconstante R staat in BINAS tabel 7.

$$\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = R = 8,3144621 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

De Bilt, Nederland:

$$V = 1,00 \text{ m}^3$$

$$T = 283 \text{ K}$$

$$n = 43,0 \text{ mol}$$

$$\frac{p \cdot 1,00}{43,0 \times 283} = 8,3144621$$

$$p = 101178 \text{ Pa}$$

$$\text{Afgerond: } p = 1,01 \cdot 10^3 \text{ hPa.}$$

Death Valley, USA:

$$p = 1,03 \cdot 10^3 \text{ hPa} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 330 \text{ K}$$

$$n = 43,0 \text{ mol}$$

$$\frac{1,03 \cdot 10^5 \cdot V}{43,0 \times 330} = 8,3144621$$

$$V = 1,14545 \text{ m}^3$$

$$\text{Afgerond: } V = 1,15 \text{ m}^3.$$

Vostok station, Antarctica:

$$p = 0,625 \cdot 10^3 \text{ hPa} = 0,625 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V = 1,05 \text{ m}^3$$

$$n = 43,0 \text{ mol}$$

$$\frac{0,625 \cdot 10^5 \times 1,05}{43,0 \cdot T} = 8,3144621$$

$$T = 183,555 \text{ K}$$

$$\text{Afgerond: } T = 184 \text{ K. (Dit is } -89 \text{ }^\circ\text{C)}$$

Mt. Everest, Nepal:

$$p = 0,337 \cdot 10^3 \text{ hPa} = 0,337 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V = 1,00 \text{ m}^3$$

$$T = 243 \text{ K}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$\frac{0,337 \cdot 10^5 \times 1,00}{n \cdot 243} = 8,3144621$$

$$n = 16,6797 \text{ mol}$$

Afgerond: $n = 16,7 \text{ mol}$.

(Dit is slechts 39% van de hoeveelheid lucht in een m^3 in Nederland.)

Opgave 25

- a De massa van $1,00 \text{ mol}$ lucht (in 1 m^3) bereken je met de massa van lucht (in 1 m^3) en het aantal mol lucht (in 1 m^3).

Het aantal mol lucht in 1 m^3 lucht bereken je met de algemene gaswet.

De massa van 1 m^3 lucht volgt uit de dichtheid.

De dichtheid van lucht is bij $T = 273 \text{ K}$ en $p = p_0$ gelijk aan $1,293 \text{ kg m}^{-3}$. (zie BINAS tabel 12)

De massa van 1 m^3 lucht is dus $1,293 \text{ kg} = 1,293 \cdot 10^3 \text{ g}$.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

$$p = p_0 = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (\text{zie BINAS tabel 7})$$

$$V = 1,00 \text{ m}^3$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7})$$

$$\frac{1,01325 \cdot 10^5 \times 1,00 \cdot 10^{-3}}{273} = n \times 8,3145$$

$$n = 44,63 \text{ mol}$$

Dus in 1 m^3 lucht zit $44,63 \text{ mol}$ lucht.

$$\text{Dus de massa van } 1,00 \text{ mol lucht is } \frac{1,293 \cdot 10^3}{44,63} = 28,97 \text{ g.}$$

Afgerond: $29,0 \text{ g}$.

- b De dichtheid van lucht is gelijk aan de massa van 1 m^3 lucht.

De massa van 1 m^3 lucht bereken je met het aantal mol lucht (in 1 m^3) en de massa van 1 mol lucht.

Het aantal mol lucht (in 1 m^3) bereken je met de algemene gaswet.

De temperatuur druk je uit in kelvin.

$$T_{\text{Celsius}} = -55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{Celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$$

$$-55 = T_{\text{kelvin}} - 273,15$$

$$T_{\text{kelvin}} = 218,15 \text{ K}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

$$p = 0,26 \text{ bar} = 0,26 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (\text{zie BINAS tabel 5})$$

$$V = 1,00 \text{ m}^3$$

$$R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7})$$

$$\frac{0,26 \cdot 10^5 \times 1,00 \cdot 10^{-3}}{218,15} = n \times 8,3145$$

$$n = 14,33 \text{ mol}$$

De massa van $14,33 \text{ mol}$ lucht is $14,33 \times 29,0 = 4,1557 \cdot 10^2 \text{ g} = 0,4156 \text{ kg}$

Dus de dichtheid van lucht is afgerond: $0,42 \text{ kg m}^{-3}$.

- c De massa lucht in 1 m^3 is op 11 km hoogte veel kleiner dan vlak bij de grond.

Als het percentage zuurstof gelijk is, is daardoor de hoeveelheid zuurstof in 1 m^3 lucht op 11 km hoogte veel kleiner dan vlak bij de grond.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 26

- a De gasmoleculen zelf zetten niet uit.
Bij een hogere temperatuur neemt de kinetische energie van de moleculen in het gas toe.
Hierdoor wordt bij gelijkblijvende druk de afstand tussen de moleculen groter.
De juiste formulering kan zijn: bij een hogere temperatuur neemt het volume van het gas toe.
- b Volgens de algemene gaswet geldt voor een aantal moleculen (aantal mol) gas $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$.
Bij een hogere temperatuur en dezelfde druk is het volume van dezelfde hoeveelheid gas groter.
Het aantal moleculen (aantal mol) is gelijk gebleven. Dus het aantal moleculen per m³ is kleiner geworden.
Voor hetzelfde aantal moleculen telt de meter meer m³. Dus betaalt de consument meer voor hetzelfde aantal moleculen.
- c Het volume bereken je met de algemene gaswet toegepast op de twee situaties.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

De druk is steeds gelijk en de hoeveelheid gas ook.
De algemene gaswet kun je dan vereenvoudigen tot:

$$\frac{V}{T} = \text{constant}$$

$$\text{Dus geldt: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_1 = 2000 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 7,0 + 273,15 = 280,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 15 + 273,15 = 288,15 \text{ K}$$

$$\frac{2000}{280,15} = \frac{V_2}{288,15}$$

$$V_2 = 2,057 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$\text{Afgerond: } V_2 = 2,06 \cdot 10^3 \text{ m}^3.$$

Opgave 27

De gemiddelde snelheid bereken je uit de toename van de massa aan stikstof en de tijd.
De toename van de massa aan stikstof bereken je uit de molaire massa en de hoeveelheid stikstof.
De hoeveelheid stikstof bereken je met de algemene gaswet.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

$$p = 1,3 \text{ bar} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$V = 29 \text{ dm}^3 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (\text{aflezen in figuur 4.28 van het leerboek})$$

$$T = 15 + 273,15 = 288,15 \text{ K}$$

$$R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7})$$

$$\frac{1,3 \cdot 10^5 \times 29 \cdot 10^{-3}}{288,15} = n \times 8,3145$$

$$n = 1,573 \text{ mol}$$

De molaire massa van stikstof is 28 g mol^{-1} .

Dus $1,573 \text{ mol}$ heeft een massa van $1,573 \times 28 = 44,04 \text{ g}$.

De stikstof ontstaat in $35 - 10 = 25 \text{ ms} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

$$\text{De gemiddelde snelheid} = \frac{44,04}{25 \cdot 10^{-3}} \text{ g s}^{-1}.$$

$$\text{De gemiddelde snelheid} = 1,761 \cdot 10^3 \text{ g s}^{-1}.$$

$$\text{Afgerond: } 1,8 \cdot 10^3 \text{ g s}^{-1}.$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 28

- a De bij F aangevoerde lucht staat onder hoge druk. Dit komt door de grote kracht die tijdens het pompen op de lucht in de fietspomp wordt uitgeoefend. Door die hoge druk wordt het ventielslangetje opzij gedrukt en kan lucht via het gaatje de band instromen. Door de elasticiteit van het slangetje en de druk in de band wordt het gaatje steeds afgesloten als er geen lucht via F het ventiel in wordt geperst. Bij F is de druk dan gelijk aan de druk van de buitenlucht en die is altijd kleiner dan de druk in de band.
- b De druk in de pomp moet 0,40 bar groter zijn dan de druk in de band om het ventiel te openen. De druk in de band is 1,20 bar, dus gaat het ventiel open bij een pompdruk van 1,60 bar. In figuur 4.31 van het leerboek lees je bij 1,6 bar af dat de afstand tot C = 15,0 cm.
- c De druk in de band bereken je uit de extra druk en de druk in de pomp als de zuiger in positie B staat.
De druk in de pomp in positie B bepaal je met behulp van figuur 4.31 in het leerboek.

De afstand van B tot C is 5,0 cm. (zie figuur 4.30)

De druk in de fietspomp is dan 1,70 bar. (zie figuur 4.31)

De druk in de fietspomp moet 0,40 bar groter zijn dan de druk in de fietsband om het ventiel open te houden.

Dus de druk in de fietsband is dan $1,70 - 0,40 = 1,30$ bar.

- d Van K naar L bekijk je alleen het volume in de pomp.
Vanaf L is het ventiel open en bekijk je het volume van de pomp en de band samen.
Voor elk deel afzonderlijk geldt $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$.
Bij het verplaatsen van de zuiger over eenzelfde afstand is de totale volumeverandering voor beide delen dezelfde. Maar het effect van deze volumeverandering is op het volume van enkel de pomp groter dan op het volume van pomp en band samen.
Dus eenzelfde volumeverandering zal in deel LM leiden tot een kleinere drukverandering dan in deel KL. De kromme LM is dus minder steil dan de kromme KL.

Opgave 29

- a De (p, T) -grafieklijnen bij de toestandsveranderingen van 1 naar 2 en van 3 naar 4 gaan door de oorsprong. Dan is de druk recht evenredig met de temperatuur.
Dit is het geval als de verhouding tussen het volume van het gas en de hoeveelheid gas niet veranderen. De hoeveelheid gas bevindt zich in een door een zuiger afgesloten vat.
Dus de hoeveelheid gas verandert niet en daardoor verandert het volume dus ook niet.
- b Het volume in toestand 3 bereken je met de algemene gaswet toegepast op toestand 1 en toestand 3. De hoeveelheid gas verandert niet.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_3 \cdot V_3}{T_3}$$

$$p_1 = 1,0 \text{ bar}$$

$$V_1 = 40 \text{ dm}^3$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$p_3 = 2,0 \text{ bar}$$

$$T_3 = 900 \text{ K}$$

$$\frac{1,0 \times 40}{300} = \frac{2,0 \cdot V_3}{900}$$

$$V_3 = 60 \text{ dm}^3$$

Opmerking

Je kunt het volume in toestand 3 ook berekenen met de algemene gaswet toegepast op toestand 2 en toestand 3.

Er geldt dan: $V_2 = V_1 = 40 \text{ dm}^3$.

$$p_2 = 2,0 \text{ bar}$$

$$T_2 = 600 \text{ K}$$

$$p_3 = 2,0 \text{ bar}$$

$$T_3 = 900 \text{ K}$$

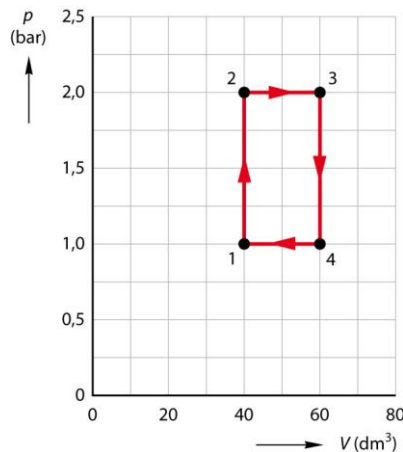
Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

c In tabel 4.2 staat een overzicht van de grootheden p , V en T .

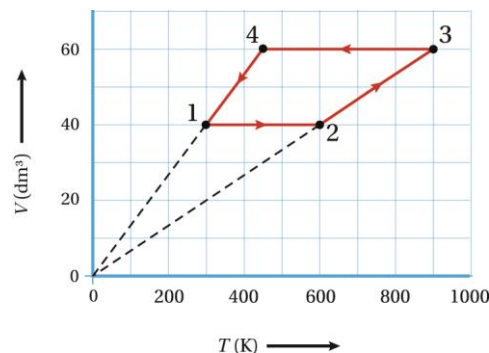
	toestand 1	toestand 2	toestand 3	toestand 4
p (bar)	1,0	2,0	2,0	1,0
V (dm ³)	40	40	60	60
T (K)	300	600	900	450

Tabel 4.2

Het (p, V) -diagram is weergegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1



Figuur 4.2

e Het (V, T) -diagram is weergegeven in figuur 4.2.

Opgave 30

Het volume in de slang en de drukmeter samen bereken je met de gegevens bij twee situaties. Hierbij gebruik je de algemene gaswet in een vereenvoudigde vorm.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

De temperatuur en de hoeveelheid gas veranderen niet. De algemene gaswet wordt dan:

$$p \cdot V = \text{constant}$$

Je vergelijkt twee situaties met elkaar. Er geldt: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$.

Stel het volume van de lucht in de slang en in de drukmeter gelijk aan V_x .

Bij toestand 1 geldt dan: $V_1 = 15,0 + V_x$ en $p_1 = 1,00$ bar.

Bij toestand 2 geldt dan: $V_2 = 8,0 + V_x$ en $p_2 = 1,50$ bar.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$1,00 \times (15,0 + V_x) = 1,50 \times (8,0 + V_x)$$

$$V_x = 6,0 \text{ cm}^3$$

Opgave 31

a De druk leid je af met de algemene gaswet: $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$

De hoeveelheid gas n is gelijk gebleven.

Het volume V is groter geworden.

De temperatuur T is gedaald.

Zowel de toename van het volume V als de daling van de temperatuur T zorgen voor een afname van de druk p .

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b Het aantal cilinders bereken je met de hoeveelheid gas in de ballon en de hoeveelheid gas in één cilinder.
De hoeveelheid gas bereken je telkens met de algemene gaswet.

Het aantal mol in één heliumcilinder

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

$$p_{\text{cilinder}} = 2,1 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{cilinder}} = 75 \text{ dm}^3 = 75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_{\text{cilinder}} = 25 \text{ °C} = 25 + 273,15 = 298,15 \text{ K}$$

$$R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \text{ (zie BINAS tabel 7)}$$

$$\frac{2,1 \cdot 10^7 \times 75 \cdot 10^{-3}}{298,15} = n \times 8,3145$$

$$n_{\text{cilinder}} = 635,3 \text{ mol}$$

Het aantal mol in de ballon

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

$$p_{\text{ballon}} = 500 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{ballon}} = 8,0 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

$$T_{\text{ballon}} = -43 \text{ °C} = -43 + 273,15 = 230,15 \text{ K}$$

$$R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \text{ (zie BINAS tabel 7)}$$

$$\frac{500 \times 8,0 \cdot 10^5}{230,15} = n \times 8,3145$$

$$n_{\text{ballon}} = 2,090 \cdot 10^5 \text{ mol}$$

Het aantal heliumcilinders dat nodig is om deze ballon te vullen is:

$$\frac{2,09 \cdot 10^5}{635,3} = 3,29 \cdot 10^2$$

Afgerond: $3,3 \cdot 10^2$ cilinders.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.5 Uitzetten en uitrekken

Opgave 32

De lineaire uitzettingscoëfficiënt bereken je met de formule voor uitzetting: lengte.
De lengte bereken je met de lengtetoe name en de totale lengte.

$$\ell_0 = 2460 \text{ m}$$

$$\Delta \ell = 2,2 \text{ m}$$

$$\ell = 2460 + 2,2 = 2462,2 \text{ m}$$

$$\ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 45 - (-35) = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 80 \text{ K}$$

$$2462,2 = 2460 \times (1 + \alpha \times 80)$$

$$\alpha = 1,1178 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}.$$

Opgave 33

a Voor het oude volume geldt: $V_0 = \ell_0 \cdot b_0 \cdot h_0$

Voor het nieuwe volume geldt: $V = \ell \cdot b \cdot h$

Voor de volumetoe name geldt: $\Delta V = V - V_0$

Omdat $\Delta T = 1 \text{ K}$, kun je $\ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$ vereenvoudigen tot $\ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha)$.

Een vergelijkbare formule geldt voor de breedte en de hoogte.

$$\text{Dus } \ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha)$$

$$b = b_0 \cdot (1 + \alpha)$$

$$h = h_0 \cdot (1 + \alpha)$$

Invullen in $V = \ell \cdot b \cdot h$ levert:

$$V = \ell_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot b_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot h_0 \cdot (1 + \alpha)$$

$$V = \ell_0 \cdot b_0 \cdot h_0 \cdot (1 + \alpha)^3$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha)^3$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot (1 + \alpha)^2$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot (1 + 2\alpha + \alpha^2)$$

$$V = V_0 \cdot (1 + 2\alpha + \alpha^2 + \alpha + 2\alpha^2 + \alpha^3)$$

$$V = V_0 \cdot (1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3)$$

$$V = V_0 + V_0 \cdot (3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3)$$

$$V - V_0 = V_0 \cdot (3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3)$$

$$\Delta V = (3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3) \cdot V_0$$

b De waarde van α is veel kleiner dan 1.

De som $3\alpha^2 + \alpha^3$ is dan zo klein dat deze te verwaarlozen is ten opzichte van 3α .

$$\Delta V = 3\alpha \cdot V_0$$

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0$$

$$\text{Dus } \gamma = 3\alpha.$$

c Voor de kubieke uitzettingscoëfficiënt voor gassen geldt: $\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \cdot \Delta T$

De volumeverandering bepaal je met behulp van de algemene gaswet: $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$

Herschrijven van de formule levert: $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$

De hoeveelheid gas en de druk veranderen niet, alleen de temperatuur.

Voor het beginvolume bij temperatuur T_0 kun je dan schrijven: $V_0 = \frac{n \cdot R \cdot T_0}{p}$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Voor het volume bij temperatuur T geldt dan: $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$

$$V - V_0 = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} - \frac{n \cdot R \cdot T_0}{p}$$

$$V - V_0 = \frac{n \cdot R}{p} (T - T_0)$$

$$\Delta V = \frac{n \cdot R}{p} \cdot \Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\frac{n \cdot R}{p} \cdot \Delta T}{\frac{n \cdot R \cdot T}{p}}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{n \cdot R \cdot \Delta T}{p} \times \frac{p}{n \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{1}{T} \cdot \Delta T$$

Omdat $\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \cdot \Delta T$ geldt dus: $\gamma = \frac{1}{T}$

- d Voor gassen geldt: $\frac{(\Delta V)_{\text{gas}}}{V_0} = \gamma \cdot \Delta T$.

Hieruit volgt: $(\Delta V)_{\text{gas}} = \gamma \cdot \Delta T \cdot V_0$

Voor vaste stoffen geldt: $(\Delta V)_{\text{vast}} = 3\alpha \cdot V_0$

Voor de verhouding tussen de volumetoenames geldt dan:

$$\frac{(\Delta V)_{\text{gas}}}{(\Delta V)_{\text{vast}}} = \frac{\gamma \cdot \Delta T \cdot V_0}{3\alpha \cdot V_0} = \frac{\gamma \cdot \Delta T}{3\alpha}$$

Dus als de temperatuur stijgt met 10°C is $\Delta T = 10\text{ K}$.

Voor gas geldt: $\gamma = \frac{1}{T}$.

Onder normale omstandigheden is T rond 300 K . Dan is $\gamma = 3,3 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$.

Volgens BINAS tabel 8 is de lineaire uitzettingscoëfficiënt van metalen $2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

$$\text{Dus } \frac{(\Delta V)_{\text{gas}}}{(\Delta V)_{\text{vast}}} = \frac{3,3 \cdot 10^{-3} \times 10}{3 \times 2 \cdot 10^{-5}} = 5,5 \cdot 10^2.$$

De orde van grootte is 10^3 .

- e Een vaste stof wordt door bindingskrachten bij elkaar gehouden, terwijl die in een (ideaal) gas (nagenoeg) volledig ontbreken.
Een gas zet zover uit als de druk van buitenaf dat toelaat.
Bij een vaste stof speelt de buitendruk nauwelijks een rol, de stof houdt zichzelf bij elkaar.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 34

- a De spanning in de draad bereken je met de formule voor de spanning.
De oppervlakte bereken je met behulp van de diameter.

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d \text{ is } 1,2 \text{ mm} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (1,2 \cdot 10^{-3})^2$$

$$A = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ is de spanning in Nm^{-2} .

$$F = 26 \text{ N}$$

$$A = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{26}{1,13 \cdot 10^{-6}}$$

$$\sigma = 2,29 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$$

Afgerond: $\sigma = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$.

- b De uitrekking bereken je met de formule voor de rek.
De rek bereken je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = 2,8 \cdot 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

$$\sigma = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$$

$$2,8 \cdot 10^9 = \frac{2,3 \cdot 10^7}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = 8,21 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

$$\varepsilon \text{ is } 8,21 \cdot 10^{-3}$$

$$\ell_0 = 12 \text{ m}$$

$$8,21 \cdot 10^{-3} = \frac{\Delta \ell}{12}$$

$$\Delta \ell = 9,85 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta \ell = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 9,9 \text{ cm}$.

Opgave 35

- a De spanning bereken je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De rek bereken je met de formule voor de rek.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

$$\Delta \ell = 0,88 \text{ cm} = 0,88 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\ell_0 = 28 \text{ m}$$

$$\varepsilon = \frac{0,88 \cdot 10^{-2}}{28}$$

$$\varepsilon = 3,14 \cdot 10^{-4}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$E = 0,20 \cdot 10^{12} \text{ N m}^{-2} \quad (\text{zie BINAS tabel 9})$$

$$0,20 \cdot 10^{12} = \frac{\sigma}{3,14 \cdot 10^{-4}}$$

$$\sigma = 6,28 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } \sigma = 6,3 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

- b De diameter van één staaldraadje bereken je met de oppervlakte van één staaldraadje.
De oppervlakte van één staaldraadje bereken je uit de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de liftkabel en het aantal staaldraadjes in de liftkabel.
De oppervlakte van de dwarsdoorsnede bereken je met de spanning in en de kracht op de kabel.
De kracht op de kabel bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De massa is de massa van de lift met maximale belading.

$$m = 240 + 900 = 1140 \text{ kg}$$

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 1140 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 1,118 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = 6,3 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

$$6,3 \cdot 10^7 = \frac{1,118 \cdot 10^4}{A}$$

$$A = 1,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 2000 \times A_{\text{staaldraadje}}$$

$$1,77 \cdot 10^{-4} = 2000 \times A_{\text{staaldraadje}}$$

$$A_{\text{staaldraadje}} = 8,87 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{staaldraadje}} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$8,87 \cdot 10^{-8} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d = 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,338 \text{ mm}$$

$$\text{Afgerond: } 0,34 \text{ mm.}$$

Opgave 36

- a Welk materiaal het meest elastisch is, leg je uit met het begrip elastische vervorming.

Een materiaal is elastisch tot het gaat vloeien. De grafiek gaat dan horizontaal lopen.

Hoe groter de rek is, des te elastischer is het materiaal.

Bij materiaal 1 is de rek groter voordat de grafiek horizontaal gaat lopen.

Materiaal 1 is dus het meest elastisch.

- b De massa waarbij de draad plastisch gaat vervormen, bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de spanning.
De oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de draad bereken je met behulp van de diameter van de draad.

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d \text{ is } 8,0 \text{ mm} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (8,0 \cdot 10^{-3})^2$$

$$A = 5,026 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$\sigma = 2,6 \cdot 10^8 \text{ N m}^{-2} \text{ (aflezen in figuur 4.41 in het leerboek)}$$

$$2,6 \cdot 10^8 = \frac{F}{5,026 \cdot 10^{-5}}$$

$$F = 1,30 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$1,30 \cdot 10^4 = m \times 9,81$$

$$m = 1,33 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m = 1,3 \cdot 10^3 \text{ kg.}$$

Opgave 37

- a De uitrekking bereken je met de formule voor de rek.
De rek bereken je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De spanning bereken je met de formule voor de spanning.
De kracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 10 \times 9,81 = 98,1 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = 2 \times 2,5 \text{ mm}^2 = 5,0 \text{ mm}^2 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{98,1}{5,0 \cdot 10^{-6}}$$

$$\sigma = 1,96 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = 124 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$124 \cdot 10^9 = \frac{1,96 \cdot 10^7}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = 1,58 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

$$\ell_0 = 3,0 \text{ m}$$

$$1,58 \cdot 10^{-4} = \frac{\Delta \ell}{3,0}$$

$$\Delta \ell = 4,74 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } 4,74 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,47 \text{ mm.}$$

- b Of de touwladder breekt, leid je af door de massa van Boris en Dirk te vergelijken met de maximale massa die aan de touwladder kan hangen voordat hij breekt.
De massa bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor spanning.
De spanning is de treksterkte van koper.

De treksterkte is de maximale spanning die een materiaal kan hebben voordat het breekt.

$$\sigma = 0,21 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = 2 \times 2,5 = 5,0 \text{ mm}^2 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$0,21 \cdot 10^9 = \frac{F}{5,0 \cdot 10^{-6}}$$

$$F = 1,05 \cdot 10^3 \text{ N}$$

De kracht is de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$1,05 \cdot 10^3 = m \times 9,81$$

$$m = 107 \text{ kg}$$

De twee jongens en de ladder hebben samen een massa van $50 + 50 + 10 = 110 \text{ kg}$.

De touwladder breekt dus waarschijnlijk.

Opgave 38

- a De uitrekking beredeneer je met de rek.
De rek beredeneer je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De spanning beredeneer je met de formule voor de spanning.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ met } \sigma = \frac{F}{A} \text{ en } \varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

Alle draden zijn van hetzelfde materiaal gemaakt. Dus de elasticiteitsmodulus is hetzelfde.
Op alle draden werkt dezelfde (zwaarte)kracht.

De doorsnede van draad A is gelijk aan die van draad B. Dus de spanning in de draden A en B is hetzelfde. Dus de rek van draad A is gelijk aan die van draad B.
De lengte van draad B is groter dan die van draad A. Dus de uitrekking ook.

De doorsnede van draad C is groter dan die van draad A. Dus de spanning in draad C is kleiner dan die in draad A. Daardoor is de rek van draad C kleiner dan die van draad A.
De lengte van draad A is gelijk aan die van draad C. Dus de uitrekking van draad C is kleiner dan die van draad A.

- b De volgorde van oplopende uitrekking is C, A, B.
De uitrekking beredeneer je met de formule voor de rek.
De rek beredeneer je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De spanning beredeneer je met de formule voor de spanning.
De oppervlakte beredeneer je met de diameter.

$$\text{Voor de oppervlakte van de dwarsdoorsnede geldt: } A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Draad D is twee keer zo dik en heeft dus een twee keer zo grote diameter als draad A en daardoor een vier keer zo grote oppervlakte.

$$\text{Voor de spanning geldt: } \sigma = \frac{F}{A}$$

De kracht is dezelfde. De oppervlakte is vier keer zo groot. Dus de spanning in draad D is dan vier keer zo klein als de spanning in draad A.

$$\text{Voor de rek geldt: } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

De elasticiteitsmodulus is dezelfde. De spanning is vier keer zo klein. Dus de rek in draad D is dan eveneens vier keer zo klein als de rek in draad A.

Voor de rek geldt: $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$

De rek in draad D is vier keer zo klein, maar de lengte is twee keer zo groot.
Dus de uitrekking van draad D is kleiner dan de uitrekking van draad A.

Opgave 39

- a De diameter bepaal je uit de dwarsdoorsnede.
De dwarsdoorsnede bereken je met het volume van de draad en de lengte van de draad.
Het volume van de draad bereken je met de formule voor de dichtheid.

Voor de dichtheid geldt: $\rho = \frac{m}{V}$

De massa is voor elke kabel gelijk.

Volgens BINAS tabel 8 heeft aluminium de kleinste dichtheid.

Bij een gelijke massa is het volume van de aluminium kabel groter dan dat van de ijzeren kabel.

Voor het volume van een draad geldt:

$$V = A \cdot \ell$$

De lengte is voor elke kabel gelijk.

Dus de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van aluminium is groter dan die van ijzer.

Voor de dwarsdoorsnede van een draad geldt:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Dus de diameter van de kabel van aluminium is groter dan die van de ijzeren kabel.

- b Je vergelijkt de rek van ijzer met aluminium.
De rek in een kabel bereken je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De spanning in de kabel bereken je met de formule voor de spanning.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Uit vraag a volgt dat de aluminiumkabel de grootste dwarsdoorsnede heeft.

De dichtheid van aluminium is $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ en die van ijzer $7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. (BINAS tabel 8)

De dichtheid van ijzer is dus 2,9 keer zo groot als die van aluminium.

Dus de dwarsdoorsnede van de ijzeren kabel is 2,9 keer zo klein als die van de aluminium kabel.

De massa van beide kabels is dezelfde. Dus werkt er dezelfde kracht op de kabel.

De spanning in de ijzeren kabel is dan 2,9 keer zo groot als die in de aluminium kabel.

$$\sigma_{\text{ijzer}} = 2,9 \sigma_{\text{Al}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

De elasticiteitsmodulus E van ijzer is $220 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$ en die van aluminium is $71 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$. (BINAS tabel 8)

De elasticiteitsmodulus van ijzer is dus 3,1 keer zo groot als de elasticiteitsmodulus van aluminium.

$$E_{\text{ijzer}} = 3,1 E_{\text{Al}}$$

$$\text{Er geldt dus: } \varepsilon_{\text{ijzer}} = \frac{\sigma_{\text{ijzer}}}{E_{\text{ijzer}}} = \frac{2,9 \sigma_{\text{Al}}}{3,1 E_{\text{Al}}} = \frac{2,9}{3,1} \cdot \frac{\sigma_{\text{Al}}}{E_{\text{Al}}} = 0,94 \cdot \varepsilon_{\text{Al}}$$

De rek van de aluminium kabel is dus het grootst.

- c De ijzeren kern zorgt ervoor dat de elektriciteitskabel niet te veel uitrekt door zijn eigen massa.
IJzer heeft een grotere elasticiteitsmodulus, waardoor ijzer minder uitrekt bij dezelfde kracht.

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.6 Afsluiting

Opgave 40

- a De temperatuurstijging bereken je met de formule voor de lineaire uitzetting.
De lengte bereken je met de omtrek.
De omtrek bereken je telkens met de diameter.

$$O = 2\pi r = \pi d$$

$$d_{\text{in},20} = 1,499 \text{ m}$$

$$O_{\text{in},20} = \pi \times 1,499 = 4,7092 \text{ m}$$

$$d_{\text{in},T} = 1,501 \text{ m}$$

$$O_{\text{in},20} = \pi \times 1,501 = 4,7155 \text{ m}$$

$$\ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 9})$$

$$4,7155 = 4,7092 \cdot (1 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T)$$

$$\frac{0,00628}{4,7092} = 10 \cdot 10^{-6} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 133,3 \text{ K}$$

$$\text{Dus } \Delta t = 133,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De begintemperatuur is 20 °C.

$$t_{\text{eind}} = 133,3 + 20 = 153,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dus de temperatuur moet hoger dan 153 °C zijn.

- b De hoeveelheid warmte die de ring heeft opgenomen, bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 9})$$

$$m = 2,4 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 153 - 20 = 133 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 133 \text{ K}$$

$$Q = 0,46 \cdot 10^3 \times 2,4 \times 133$$

$$Q = 1,46 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 1,5 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- c De spanning bereken je met de formule voor de elasticiteitsmodulus.
De rek bereken je met de formule voor de rek.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

$$\Delta \ell = 0,00628 \text{ m} \quad (\text{zie vraag a})$$

$$\ell = 4,709 \text{ m}$$

$$\varepsilon = \frac{0,00628}{4,709}$$

$$\varepsilon = 1,33429 \cdot 10^{-3}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = 0,20 \cdot 10^{12} \text{ Pa} \quad (\text{zie BINAS tabel 9})$$

$$0,20 \cdot 10^{12} = \frac{\sigma}{1,33429 \cdot 10^{-3}}$$

$$\sigma = 2,666 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

$$\text{Afgerond: } \sigma = 3 \cdot 10^8 \text{ Pa.}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 41

- a Bij dubbelglas met een luchtlaag kan lucht de warmte van de ene naar de andere glasplaat transporteren door middel van geleiding en/of stroming. Bij vacuümglas kan dat niet.
- b De kracht die de rechter plaat op het pilaartje A uitoefent, bereken je met de kracht op 60 pilaartjes.
De kracht op 60 pilaartjes bereken je met de formule voor de druk.

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = 1013 \text{ hPa} = 1013 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

$$A = 1,20 \text{ m}^2$$

$$F = 1,216 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\text{De kracht op één pilaartje is dus } \frac{1,216 \cdot 10^5}{60} = 2,026 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

$$\text{Afgerond: } F = 2,03 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- c De hoeveelheid m³ Gronings aardgas die je in werkelijkheid bespaart, bereken je met de formule voor het rendement en de hoeveelheid m³ Gronings aardgas die je in theorie bespaart.

De hoeveelheid m³ Gronings aardgas die je in theorie bespaart, bereken je met de stookwaarde en de hoeveelheid energie die je bespaart.

De hoeveelheid energie die je bespaart, bereken je met de afname van de warmtestroom en de tijd.

De afname van de warmtestroom volgt uit de formule voor de warmtestroom.

$$\Delta P = \mu_{\text{dubbelglas}} \cdot A \cdot \Delta T - \mu_{\text{vacuümglas}} \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\mu_{\text{dubbelglas}} = 3,5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$\mu_{\text{vacuümglas}} = 1,4 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$A = 6,0 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 19 - 3,0 = 16 \text{ °C} = 16 \text{ K}$$

$$\Delta P = 3,5 \times 6,0 \times 16 - 1,4 \times 6,0 \times 16$$

$$\Delta P = 2,015 \cdot 10^2 \text{ W}$$

$$\Delta P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 4,0 \text{ uur} = 4,0 \times 3600 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$2,015 \cdot 10^2 = \frac{\Delta Q}{1,44 \cdot 10^4}$$

$$\Delta Q = 2,902 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas} = \frac{\text{besparing energie}}{\text{stookwaarde van Gronings aardgas}}$$

De stookwaarde van Gronings aardgas is $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$. (zie BINAS tabel 28B)

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas} = \frac{2,902 \cdot 10^6}{32 \cdot 10^6}$$

In theorie wordt er dus $9,068 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ Gronings aardgas bespaard.

$$\eta = \frac{\text{aantal m}^3 \text{ in theorie}}{\text{aantal m}^3 \text{ in werkelijkheid}} \cdot 100\%$$

$$90\% = \frac{9,068 \cdot 10^{-2}}{\text{aantal m}^3 \text{ in werkelijkheid}} \cdot 100\%$$

In werkelijkheid bespaar je $1,008 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$ Gronings aardgas.

Afgerond: $0,10 \text{ m}^3$.