

5 Stoffen en Materialen vwo

5.1 Warmte en inwendige energie

Warmte en temperatuur

1**

- a** Leg uit waarom een voorwerp een hogere temperatuur krijgt als je erover wrijft.
- door te wrijven oefen je arbeid uit op de atomen van het voorwerp
 - deze arbeid wordt opgeslagen als inwendige energie
 - een deel van de inwendige energie is kinetische energie
 - temperatuur neemt toe als de gemiddelde kinetische energie van de atomen toeneemt
- b** Leg waarom de meeste stoffen uitzetten als de temperatuur hoger wordt.
- de temperatuur wordt hoger doordat de inwendige energie toeneemt
 - deze toename van inwendige energie zorgt ook voor uitzetting van de stof
- c** Leg uit waarom een voorwerp niet gaat bewegen als de temperatuur hoger wordt.
- bij een hogere temperatuur is de gemiddelde kinetische energie van de atomen groter
 - maar omdat de atomen in alle richtingen bewegen komt het voorwerp als geheel niet in beweging
- d** Leg uit of je de temperatuur van één atoom kunt meten.
- de temperatuur is gebaseerd op de gemiddelde kinetische energie van de atomen
 - temperatuur is een gezamenlijke eigenschap van heel veel atomen en niet van één enkele atoom
 - de temperatuur van één atoom bestaat niet en kun je dus niet meten

2**

- a** De lichaamstemperatuur van een zoogdier is 37 °C. Hoeveel kelvin is dit?
- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15 \leftrightarrow T_{\text{kelvin}} = T_{\text{celsius}} + 273,15$
 - $T_{\text{kelvin}} = 37 + 273,15 = 310,15 = 310 \text{ K}$
- b** Je bakt een brood op 500 K. Hoeveel graden celsius is dit?
- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
 - $T_{\text{celsius}} = 500 - 273,15 = 226,85 = 227 \text{ °C}$

c De temperatuur in de ruimte is $-270,425\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hoeveel kelvin is dit?

- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15 \leftrightarrow T_{\text{kelvin}} = T_{\text{celsius}} + 273,15$
- $T_{\text{kelvin}} = -270,425 + 273,15 = 2,725\text{ K}$

d In de koelkast is de temperatuur $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en daarbuiten is de temperatuur $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hoe groot is het temperatuurverschil in kelvin?

- een temperatuurverschil van één graad celsius is ook een temperatuurverschil van één kelvin.
- het temperatuurverschil is $19 - 4 = 15\text{ K}$

e De oppervlaktetemperatuur van de zon is 5778 K . Hoeveel $^{\circ}\text{C}$ is dit?

- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
- $T_{\text{celsius}} = 5778 - 273,15 = 5504,85 = 5505\text{ }^{\circ}\text{C}$

3***

a Leg uit waarom de gemiddelde kinetische energie van verschillende soorten moleculen gelijk is.

- een verschil in gemiddelde kinetische energie zou een verschil in temperatuur betekenen
- een temperatuurverschil zorgt voor overdracht van warmte totdat de temperatuur van beide soorten moleculen gelijk is

b Beredeneer of bij een bepaalde temperatuur de gemiddelde snelheid van O_2 moleculen groter of kleiner of gelijk is dan de gemiddelde snelheid van N_2 moleculen.

- O_2 heeft moleculemassa 32 | N_2 heeft moleculemassa 28
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- E_K is gelijk en massa van O_2 is groter
- gemiddelde snelheid van O_2 is kleiner

c Bereken de gemiddelde snelheid van de H_2O moleculen.

- O_2 heeft molecuulmassa 32 | H_2O heeft molecuulmassa 18
- E_K is gelijk $\rightarrow \frac{1}{2} \cdot 32 \cdot u \cdot v_{\text{O}_2}^2 = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot u \cdot v_{\text{H}_2\text{O}}^2$ **u is de atomaire massa-eenheid**
- $32 \cdot 475^2 = 18 \cdot v_{\text{H}_2\text{O}}^2 \rightarrow v_{\text{H}_2\text{O}} = 633\text{ m/s}$ **$\frac{1}{2}$ en u wegstrepen**

d Leg uit wat dan wel wordt bedoeld met "gemiddelde snelheid"

- na iedere botsing verandert een O_2 molecuul van richting
- in 1 seconde heeft een O_2 molecuul 475 m afgelegd maar is daarbij nauwelijks verplaatst

5.2 Vast, vloeibaar gas en plasma

Fase overgangen

1**

a Bij hoeveel graden celsius smelt tin?

- opzoeken smeltpunt tin → 505 K
- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
- $T_{\text{celsius}} = 505 - 273,15 = 231,85 = 232 \text{ }^{\circ}\text{C}$

b Bij hoeveel graden celsius smelt kwik?

- opzoeken smeltpunt kwik → 234 K
- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
- $T_{\text{celsius}} = 234 - 273,15 = -39,15 = -39 \text{ }^{\circ}\text{C}$

c Bij hoeveel graden celsius kookt zuurstof?

- opzoeken kookpunt zuurstof → 90 K
- $T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$
- $T_{\text{celsius}} = 90 - 273,15 = -183,15 = -183 \text{ }^{\circ}\text{C}$

2**

a Hoe heet de overgang van de van vaste fase naar de gasfase.

- sublimeren

b Hoe heet de overgang van de gasfase naar de vaste fase?

- rijpen

3**

a Leg uit hoe hierbij sneeuw ontstaat.

- waterdamp is de gasfase van water en als dit snel afkoelt rijpt het en ontstaat er sneeuw

b Bij welke fase-overgang ontstaat er hagel?

- als vloeibaar water afkoelt en stolt

c Bij welke fase-overgang ontstaat er sneeuw?

- als gasvormig water afkoelt en rijpt

4**

a Leg uit waar het water is gebleven.

- het water is verdampt (vloeibaar → gas)

b Geef twee manieren om het proces van drogen te versnellen.

- de temperatuur verhogen

- de lucht laten stromen door te ventileren, zodat de gevormde waterdamp snel wordt afgevoerd en niet kan condenseren tot water

5** a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.

- waterdamp koelt af tot waterdruppels

b Hoe heet dit proces?

- condenseren

6** a Leg uit hoe deze strepen ontstaan.

- waterdamp uit de vliegtuigmotor condenseert eerst tot water en stolt daarna tot ijs
- er ontstaan kleine ijskristallen die zichtbaar zijn als witte strepen

b Leg uit waarom deze strepen na een poosje weer verdwijnen.

- de ijskristallen verspreiden en sublimeren na een tijdje (vast → gas)

7** a Leg uit of de temperatuur waarbij water stolt hoger of lager wordt door het oplossen van zout.

- het kost meer moeite om van de vloeibare naar de vaste fase te gaan
- de temperatuur waarbij zout water stolt is lager

b Noem een toepassing van dit verschijnsel.

- in de winter wordt er zout op de weg gestrooid zodat het water bij een lagere temperatuur stolt en er dus minder makkelijk ijs ontstaat

8** a Geef hiervoor een verklaring.

- de opgenomen warmte wordt uitsluitend gebruikt om de afstand tussen de atomen groter te maken
- de gemiddelde kinetische energie verandert niet → de temperatuur blijft gelijk

b Geef hiervoor een verklaring.

- de opgenomen warmte wordt gebruikt om chemische bindingen zwakker te maken
- de afstand tussen de atomen neemt toe → de stof zet uit

Dichtheid

9** a Bereken de massa van het blokje.

- $\rho = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 2,70 \text{ g/cm}^3$ | $V = 16 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{g}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$
- $m = 2,7 \cdot 16 = 43,2 = 43 \text{ gram}$

- b** Leg uit wie er gelijk heeft, Tessa, Thijn of geen van beiden.
- de dichtheid is een eigenschap van een stof
 - het maakt niet uit hoe groot het volume is
 - geen van beiden hebben gelijk

10**

a Beredeneer zonder berekening welke van de blokjes het zwaarst weegt.

- $\rho_{\text{tin}} = 7,31 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | $\rho_{\text{zink}} = 7,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- zelfde volume
- de dichtheid van tin is groter dan van zink → blokje tin weegt het zwaarst

b Bereken de massa van de blokjes.

- tin: $\rho = 7,31 \text{ g/cm}^3$ | $V = 12 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{ g}$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,31 \cdot 12 = 87,72 = 88 \text{ gram}$
- zink: $\rho = 7,2 \text{ g/cm}^3$ | $V = 12 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{ g}$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,2 \cdot 12 = 86,4 = 86 \text{ gram}$

11**

a Welke van de blokjes weegt het zwaarst?

- $\rho_{\text{goud}} = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | $\rho_{\text{ijzer}} = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- de dichtheid van goud is meer dan 2 keer zo groot als de dichtheid van ijzer
- het blokje goud weegt het zwaarst

b Bereken de massa van blokje 2 in kilogram.

- volume ijzer is $2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}^3$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,87 \cdot 6 = 47,22 \text{ gram} = 0,047 \text{ kg}$

12**

a Hoeveel blokjes ijzer moet je minstens in het rechter bakje doen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?

- opzoeken dichtheid
 - lood: $\rho = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 - ijzer: $\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 - aluminium: $\rho = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- kies als volume van de blokjes 1 cm^3
- één blokje weegt:
 - lood: $m = 11,3 \text{ gram}$
 - ijzer: $m = 7,87 \text{ gram}$
 - aluminium: $m = 2,70 \text{ gram}$
- 3 loodblokjes links wegen samen $3 \cdot 11,3 = 33,9 \text{ gram}$
- bij evenwicht zijn de massa's links en rechts gelijk
- aantal ijzerblokjes is $\frac{33,9}{7,87} = 4,3$
- je moet minstens 5 ijzerblokjes in het rechterbakje doen

- b** Hoeveel blokjes aluminium moet je minstens in het rechter bakje doen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?
- 3 loodblokjes links wegen samen $3 \cdot 11,3 = 33,9$ gram
 - bij evenwicht zijn de massa's links en rechts gelijk
 - aantal aluminiumblokjes is $\frac{33,9}{2,70} = 12,6$
 - je moet minstens 13 aluminiumblokjes in het rechterbakje doen
- c** Hoeveel aluminiumblokjes moet je minstens in het rechter bakje toevoegen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?
- massa links is $3 \cdot 11,3 = 33,9$ gram
 - massa ijzerblokje is 7,87 gram
 - er moet $33,9 - 7,87 = 26,03$ gram worden toegevoegd
 - aantal aluminiumblokjes = $\frac{26,03}{2,70} = 9,64$
 - je moet minstens 10 aluminiumblokjes in het rechterbakje doen

13**

- a** Bereken de massa van de staaf in kilogram.
- $V = 20 \text{ cm}^3 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ | $\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | $m = \dots \text{ gram}$
 - $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$
 - $m = 7,87 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 0,1574 = 0,157 \text{ kg}$
- b** Bereken het volume van deze staaf in cm^3 .
- $\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | $m = 5,0 \text{ kg}$ | $V = \dots \text{ m}^3$
 - $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$
 - $V = \frac{5}{7,87 \cdot 10^3} = 6,35324 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 6,35324 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 = 6,4 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$

14**

- a** Hoe lang is het balkje?
- $b = 1,5 \text{ cm}$ | $h = 3 \text{ cm}$ | $V = 27 \text{ cm}^3$ | $\ell = \dots \text{ cm}$
 - $V = \text{breedte} \times \text{hoogte} \times \text{lengte}$
 - $27 = 1,5 \cdot 3 \cdot \ell \rightarrow \ell = \frac{27}{4,5} = 6 \text{ cm}$
- b** Bereken de massa van het balkje.
- $\rho = 8,96 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 8,96 \text{ g/cm}^3$ | $V = 27 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{ gram}$
 - $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 27 = 242 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ gram}$

15*****a** Bereken de lengte van deze plank in cm.

- alles omrekenen naar centimeter
- $7,0 \text{ mm} = 0,70 \text{ cm}$
- $1,5 \text{ dm}^3 = 1500 \text{ cm}^3$ **vermenigvuldig met 1000**
- $V = b \cdot h \cdot \ell \rightarrow 1500 = 12 \cdot 0,7 \cdot \ell \rightarrow \ell = 178,57 = 1,8 \cdot 10^2 \text{ cm}$

b Bereken de massa van deze plank in kg.

- $\rho_{\text{eikenhout}} = 0,78 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0,78 \text{ g/cm}^3 \mid V = 1500 \text{ cm}^3 \mid m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 0,78 \cdot 1500 = 1170 \text{ gram} = 1,2 \text{ kg}$

c Bereken het volume van deze andere plank.

- twee keer zo dik en twee keer zo breed $\rightarrow$ het volume wordt 4 keer zo groot
- $4 \cdot 1,5 \text{ dm}^3 = 6,0 \text{ dm}^3$

d Bereken de massa van deze andere plank.

- het volume is 4 keer zo groot dus de massa is ook 4 keer zo groot
- $m = 4 \cdot 1,17 = 4,68 = 4,7 \text{ kg}$

16*****a** Bereken de massa van deze draad in kg.

- alle maten in centimeter: $r = 0,15 \text{ cm} \mid \ell = 1500 \text{ cm} \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- inhoud cilinder: $V = \pi r^2 \cdot \ell$
- $V = \pi \cdot 0,15^2 \cdot 1500 = 106,029 \text{ cm}^3$
- $\rho_{\text{koper}} = 8,96 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 8,96 \text{ g/cm}^3 \mid V = 106,029 \text{ cm}^3 \mid m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 106,029 = 950,018 \text{ gram} = 0,95 \text{ kg}$

b Bereken de dichtheid van deze draad.

- de dichtheid is een stoffeigenschap en hangt niet af van de vorm of van het volume
- de dichtheid blijft $8,96 \text{ g/cm}^3$

c Bereken de massa van deze draad.

- twee keer zo dik $\rightarrow r = 0,30 \text{ cm}$
 - twee keer zo lang $\rightarrow \ell = 3000 \text{ cm}$
 - $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot 0,3^2 \cdot 3000 = 848,23 \text{ cm}^3$
 - $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 848,23 = 7600,14 \text{ gram} = 7,6 \text{ kg}$
- MERK OP de draad heeft precies 8 keer zoveel massa**

17*****a** Bereken de straal van deze cilinder.

- $\rho = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \mid m = 1,0 \text{ kg} \mid V = \dots \text{ m}^3$

- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} \rightarrow V = \frac{1}{2,7 \cdot 10^3} = 3,7037 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- $V = \pi r^2 \cdot \ell$
- $3,7037 \cdot 10^{-4} = \pi r^2 \cdot 0,10 \rightarrow r^2 = \frac{3,7037 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,1} = 1,179 \cdot 10^{-3}$
- $r = 3,434 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,4 \text{ cm}$

18*** a Bereken de massa van een granieten aanrechtblad met bovenstaande afmetingen.

- $\ell = 3,10 \text{ m} \mid b = 0,60 \text{ m} \mid d = 0,045 \text{ m} \mid V = \dots \text{ m}^3$
- $V = \ell \cdot b \cdot d \rightarrow V = 3,1 \cdot 0,6 \cdot 0,045 = \rightarrow V = 8,37 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 2,7 \cdot 10^3 = \frac{m}{8,37 \cdot 10^{-2}} \rightarrow m = 225,99 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ kg}$

19*** a Hoeveel stenen mag Jan maximaal in de aanhangwagen vervoeren?

- $d = 5 \text{ cm} \mid b = 10 \text{ cm} \mid \ell = 20 \text{ cm} \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- $V = \ell \cdot b \cdot d \rightarrow V = 0,20 \cdot 0,10 \cdot 0,05 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 1,8 \cdot 10^3 = \frac{m}{1,0 \cdot 10^{-3}} \rightarrow m = 1,8 \text{ kg}$
- 500 kg maximaal: $\frac{500}{1,8} = 277,778$
- maximaal 277 stenen **naar beneden afronden**

20*** a Bereken het volume van de gebruikte verf.

- $\rho = 2,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \mid m = 6,0 \text{ kg} \mid V = \dots \text{ m}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 2,4 \cdot 10^3 = \frac{6}{V} \rightarrow V = \frac{6}{2,4 \cdot 10^3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

b Bereken de dikte van de aangebrachte verflaag in millimeter.

- $V = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \mid A = 5,0 \text{ m}^2 \mid d = \dots \text{ m}$
- volume is oppervlakte keer dikte $V = A \cdot d$
- $2,5 \cdot 10^{-3} = 5,0 \cdot d \rightarrow d = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m} \rightarrow d = 0,50 \text{ mm}$

21*** a Leg uit waarom Yvonne deze conclusie niet mag trekken.

- dat mag niet omdat een goud atoom zwaarder is dan een zilver atoom

b Leg uit welk ander gegeven Yvonne erbij moet betrekken voordat ze tot deze conclusie kan komen.

- Yvonne moet rekening houden met de massa van de atomen

22*** a Leg uit of de dichtheid toeneemt of afneemt als water van 4 °C wordt afgekoeld.

- $\rho = \frac{m}{V}$
- het volume wordt groter (zie figuur) en de massa blijft gelijk (1 gram)
- de dichtheid wordt kleiner (want de noemer van de breuk wordt groter)

b Leg uit of de dichtheid toeneemt of afneemt als water van 4 °C wordt verwarmd.

- $\rho = \frac{m}{V}$
- het volume wordt groter (zie figuur) en de massa blijft gelijk (1 gram)
- de dichtheid wordt kleiner (want de noemer van de breuk wordt groter)

c Bereken het aantal watermoleculen in één kubieke centimeter bij een temperatuur van 4 °C.

- één H₂O molecuul heeft een massa van $18 \text{ u} = 18 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,988 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
- in één kg zitten $\frac{1}{2,988 \cdot 10^{-26}} = 3,34672 \cdot 10^{25} \text{ H}_2\text{O molecuul}$
- in één gram zitten $\frac{3,34672 \cdot 10^{25}}{1000} = 3,34672 \cdot 10^{22} = 3,35 \cdot 10^{22} \text{ H}_2\text{O molecuul}$

23*** a Bereken de dichtheid van de gebruikte platina-iridium legering.

- $r = \frac{3,9}{2} = 1,95 \text{ cm} \quad | \quad \ell = 3,90 \text{ cm}$
- $V = \pi r^2 \cdot h \rightarrow V = \pi \cdot 1,95^2 \cdot 3,9 = 46,589 \text{ cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V}$ met $m = 1000 \text{ gram}$
- $\rho = \frac{1000}{46,589} = 21,46 = 21,5 \text{ g/cm}^3 = 21,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

5.3 Transport van warmte

Warmtetransport

1**

- a De temperatuur van het blad is gelijk aan die van de poten.
- **waar** → warmte stroomt van plaatsen met een hoge naar de plaatsen met een lage temperatuur
 - na een tijd verdwijnt hierdoor het temperatuurverschil
- b Wat je met je handen voelt zegt niets over de temperatuur, omdat je zenuwen daar ongevoelig voor zijn.
- **niet waar** → je handen zijn gevoelig voor temperatuur
- c Metaal voelt altijd kouder aan dan hout.
- **niet waar** → metaal neemt sneller warmte op dan hout
 - bij $T_{\text{metaal}} < 37\text{ °C}$ worden je handen snel afgekoeld waardoor het koud aanvoelt
 - bij $T_{\text{metaal}} > 37\text{ °C}$ worden je handen snel opgewarmd waardoor het warm aanvoelt
- d Ook als de temperatuur in het lokaal hoger is dan 37 °C voelen de poten kouder aan dan het blad.
- **niet waar** → dan zullen de poten juist warmer aanvoelen dan het houten blad omdat metaal sneller warmte afgeeft dan hout

2**

- a Leg uit waarom je hand niet verbrandt als je het broodje aanraakt en wel als je de wand aanraakt.
- de metalen ovenwand geeft veel sneller warmte af dan een broodje
 - handen worden door metaal met $T = 170\text{ °C}$ heel snel opgewarmd
 - bij een broodje met $T = 170\text{ °C}$ duurt het opwarmen van je handen langer

3**

- a Leg uit waarom de dubbele wand ervoor zorgt dat de thee langer warm blijft.
- de thee blijft langer warm omdat er minder warmte naar de omgeving gaat
- b Leg uit waarom de thee in beker A sneller afkoelt dan de thee in beker B.
- de thee in beker A koelt sneller af omdat het oppervlak met de lucht groter is
- c Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erover blaast.
- als je blaast voer je koude lucht aan, waardoor het temperatuurverschil tussen de thee en de lucht groter is
 - bij een groter temperatuurverschil stroomt er per seconde meer warmte naar de lucht
- d Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erin roert.
- als je roert voer je hete thee aan waardoor het temperatuurverschil tussen de thee en de lucht groter is

- bij een groter verschil in temperatuur stroomt er per seconde meer warmte naar de lucht

Warmtegeleiding

4**

- a** Het metaal dat het beste de warmte geleid.
- opzoeken zilver: $\lambda = 429 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- b** Het metaal dat het beste isoleert.
- opzoeken bismut: $\lambda = 9 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- c** De vaste stof die het beste isoleert.
- opzoeken PUR polyurethaan $\lambda = 0,017 - 0,06 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - PS polystyreen (piepschuim) $\lambda = 0,035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - PVC polyvinylchloride $\lambda = 0,03 - 0,04 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- d** De warmtegeleidingscoëfficiënt van lucht.
- opzoeken lucht: $\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

5***

- a** Bereken hoeveel warmte in één lesuur van 50 minuten door de muur naar buiten gaat.
- $\lambda = 0,80 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $A = 2,5 \cdot 15 = 37,5 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 18 - 10 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ | $d = 0,20 \text{ m}$
 - $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} \rightarrow P = 0,80 \cdot 37,5 \cdot \frac{8}{0,2} = 1200 \text{ W}$
 - $P = 1200 \text{ W}$ | $t = 50 \cdot 60 = 3000 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow E = 1200 \cdot 3000 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
- b** Bereken de dikte van het vensterglas.
- $E = 3,9 \cdot 10^7 \text{ J}$ | $t = 50 \cdot 60 = 3000 \text{ s}$ | $P = \dots \text{ W}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow 3,9 \cdot 10^7 = P \cdot 3000 \rightarrow P = 1,3 \cdot 10^4 \text{ W}$
 - opzoeken gewoon glas $\lambda = 0,93 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - $\lambda = 0,93 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $A = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 18 - 10 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ | $P = 1,3 \cdot 10^4 \text{ W}$
 - $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
 - $1,3 \cdot 10^4 = 0,93 \cdot 9 \cdot \frac{8}{d} \rightarrow d = 5,15 \cdot 10^{-3} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \text{ (5,2 mm)}$
- c** Leg uit waarom dit het geval is.
- de muur is 20 cm dik en een raam is 0,5 cm dik
 - de warmtegeleidingscoëfficiënt van baksteen en van glas zijn ongeveer gelijk
 - per vierkante meter is het warmteverlies door een raam ongeveer $20 : 0,5 = 40$ keer groter
- d** Hoeveel leerlingen moeten er in het lokaal zijn om zonder verwarming de temperatuur op $18 \text{ }^\circ\text{C}$ te houden?

- $P = 1200 + 1200 = 2400 \text{ W}$ muur en ramen beide 1200 W
 - 100 W per mens
 - aantal mensen: $\frac{2400}{100} = 24$
 - aantal leerlingen: $24 - 1 = 23$
- e** Wat kan de docent doen om de temperatuur op 18°C te houden?
- er zijn minder dan 23 leerlingen
 - het warmteverlies is groter dan de warmteproductie
 - de docent moet de kachel aanzetten
- f** Wat kan de docent doen om de temperatuur op 18°C te houden?
- er zijn meer dan 23 leerlingen
 - het warmteverlies is kleiner dan de warmteproductie
 - de docent moet het raam opendoen

6***

- a** Bereken hoeveel warmte er in de winter (90 dagen) naar buiten gaat.
- $\lambda = 0,92 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ | $A = 2,16 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 16 - 6 = 10^\circ\text{C}$ | $d = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 - $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
 - $P = 0,92 \cdot 2,16 \cdot \frac{10}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 3974,4 \text{ W}$
 - $t = 90 \text{ dagen} = 90 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 7,776 \cdot 10^6 \text{ s}$
 - $P = 3974,4 \text{ W}$ | $t = 7,776 \cdot 10^6 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow E = 3974,4 \cdot 7,776 \cdot 10^6 = 3,09049 \cdot 10^{10} = 3,1 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- b** Bereken hoeveel kWh elektrische energie nodig is om het huis op temperatuur te houden.
- opzoeken $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
 - aantal kWh: $\frac{3,09049 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 8,584704 \cdot 10^3 = 8,6 \cdot 10^3 \text{ kWh}$
- c** Bereken hoeveel euro je moet betalen voor de gebruikte elektrische energie.
- $8,584704 \cdot 10^3 \cdot 0,30 = 2575,41 = 2,6 \cdot 10^3 \text{ euro}$
- d** Bereken hoeveel straalkachels er nodig zijn om het huis op temperatuur te houden.
- $P_{\text{verlies}} = 3974,4 \text{ W}$
 - aantal straalkachels: $\frac{3974,4}{2000} = 1,9872 = 2 \text{ straalkachels}$

e Bereken de dikte van de luchtlaagjes. Verwaarloos de isolerende werking van glas.

- opzoeken lucht: $\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $P = \frac{3974,4}{20} = 198,72 \text{ W}$
- $P = 198,72 \text{ W} \quad | \quad \lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad | \quad A = 2,16 \text{ m}^2 \quad | \quad \Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
- $198,72 = 24 \cdot 10^{-3} \cdot 2,16 \cdot \frac{10}{d} \rightarrow d = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- er zijn 2 luchtlaagjes $\rightarrow d_{\text{laagje}} = 2,6/2 = 1,3 \text{ mm}$

7***

a Wordt er warmte van boven naar beneden of van beneden naar boven getransporteerd?

- warmte gaat van hoge naar lage temperatuur
- warmte wordt getransporteerd van onder naar boven

b Bereken hoeveel warmte er per seconde door $1,0 \text{ m}^2$ van deze ijslaag gaat.

- opzoeken ijs $\lambda = 2,1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $\lambda = 2,1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad | \quad A = 1,0 \text{ m}^2 \quad | \quad \Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad | \quad d = 0,10 \text{ m}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
- $P = 2,1 \cdot 1 \cdot \frac{10}{0,10} = 210 = 2,1 \cdot 10^2 \text{ W}$

c Bereken hoeveel warmte aan de $1,0 \text{ cm}$ dikke waterlaag per vierkante meter moet worden onttrokken om het te laten bevriezen.

- volume $1,0 \text{ cm}$ dikke waterlaag: $V = 0,01 \cdot 1 = 0,01 \text{ m}^3$
- $V = 0,01 \text{ m}^3 \quad | \quad \rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 1,0 \cdot 10^3 = \frac{m}{0,01} \rightarrow m = 10 \text{ kg}$
- 334 kJ per kilogram
- $E_{\text{warmte}} = 334 \cdot 10^3 \cdot 10 = 3,34 \cdot 10^6 = 3,3 \cdot 10^6 \text{ J}$

d Bereken na hoeveel uur de ijslaag van 10 cm is aangegroeid met $1,0 \text{ cm}$ ijs.

- $E = 3,34 \cdot 10^6 \text{ J} \quad | \quad P = 2,1 \cdot 10^2 \text{ W} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 3,34 \cdot 10^6 = 2,1 \cdot 10^2 \cdot t \rightarrow t = 1,59 \cdot 10^4 \text{ s}$
- $t = \frac{1,59 \cdot 10^4}{60 \cdot 60} = 4,416667 \text{ uur} = 4 \text{ uur en } 25 \text{ minuten}$

e Leg uit of Marlies gelijk heeft.

- Marlies heeft geen gelijk, want het warmtetransport door 11 cm ijs gaat langzamer dan het warmtetransport door 10 cm ijs

d Noem minimaal twee van deze aannames.

- de verandering van de ijslaagdikte tijdens de aangroei is verwaarloosd
- er wordt aangenomen dat de lucht vlak boven de ijslaag $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ is maar in werkelijkheid zal de luchttemperatuur vlak boven de ijslaag ongeveer $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zijn

8***

a Hoeveel warmte stroomt er na één uur per seconde door de wanden van de doos?

- na 1 uur is de temperatuur in de doos constant
- na 1 uur stroomt er net zoveel warmte uit de doos als er in de doos wordt gemaakt
- na 1 uur stroomt er 100 J per seconde door de wanden van de doos

b Bereken de totale oppervlakte van de zijkanten en de bovenkant van de doos.

- 2 wanden van $0,30\text{ m} \times 0,20\text{ m} \rightarrow A = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,2 = 0,12\text{ m}^2$
- 2 wanden van $0,20\text{ m} \times 0,20\text{ m} \rightarrow A = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,08\text{ m}^2$
- bovenkant $0,30\text{ m} \times 0,20\text{ m} \rightarrow A = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06\text{ m}^2$
- TOTAAL $A = 0,12 + 0,08 + 0,06 = 0,26\text{ m}^2$

c Bereken de warmtegeleidingscoëfficiënt van het karton.

- aflezen: $\Delta T = 73 - 15 = 58\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $P = 100\text{ W} \mid A = 0,26\text{ m}^2 \mid \Delta T = 58\text{ }^{\circ}\text{C} \mid d = 4,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
- $100 = \lambda \cdot 0,26 \cdot \frac{58}{4,0 \cdot 10^{-3}} \rightarrow \lambda = 2,65252 \cdot 10^{-2} = 2,7 \cdot 10^{-2}\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

d Verklaar dit.

- vlak bij de wand is er een laagje stilstaande lucht wat het grootste deel van de isolatie verzorgt

e Ben je het met Thijmen eens?

- in de eerste minuut is het temperatuurverschil tussen de binnenkant en de buitenkant van de doos erg klein
- in de eerste minuut is er vrijwel geen warmtestroom door de wand van de doos
- Thijmen heeft dus geen gelijk

f Maak een schatting hoeveel warmte er in de 1^e minuut door de wanden van de doos gaat.

- schat: $\Delta T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\lambda = 2,65252 \cdot 10^{-2}\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \mid A = 0,26\text{ m}^2 \mid \Delta T = 1\text{ }^{\circ}\text{C} \mid d = 4,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
- $P = 2,65252 \cdot 10^{-2} \cdot 0,26 \cdot \frac{1}{4,0 \cdot 10^{-3}} = 1,724 = 1,7\text{ W}$

g Bereken hoeveel warmte er in de 10^e minuut door de wanden van de doos gaat.

- aflezen: $\Delta T = 53 - 15 = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\lambda = 2,65252 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $A = 0,26 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | $d = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- $P = 2,65252 \cdot 10^{-2} \cdot 0,26 \cdot \frac{38}{4,0 \cdot 10^{-3}} = 65,517 = 66 \text{ W}$

9***

a Geef de natuurkundige formule voor de warmteweerstand.

- $R_c = \frac{A \cdot \Delta T}{P}$

b Wat is de eenheid van R_c ?

- $[R_c] = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

c Toon dit aan.

- $P = \frac{1}{R_c} \cdot A \cdot \Delta T$ en $P = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot \Delta T$

- hieruit volgt $\frac{1}{R_c} = \frac{\lambda}{d} \rightarrow R_c = \frac{d}{\lambda}$

d Leg uit waarom de R_c -waarde van isolatiemateriaal meer informatie geeft over hoe goed het isoleert dan de warmtegeleidingscoëfficiënt.

- als je warmtegeleidingscoëfficiënt weet moet je dit nog combineren met de dikte van het isolatiemateriaal om te weten hoe goed het isoleert
- bij de warmteweerstand R_c is de dikte al in rekening gebracht

10***

a Leg uit waarom het isolerend vermogen van aerogel zo goed is.

- aerogel bestaat voornamelijk uit stilstaande lucht
- de warmtegeleidingscoëfficiënt van lucht: $\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ is erg klein

b Bereken hoe dik een plaat polystyreen moet zijn om hetzelfde isolerend vermogen te hebben als een plaat aerogel.

- vergelijk een plaat polystyreen en aerogel het dezelfde oppervlak evenveel temperatuurverschil en met evenveel warmtetransport per seconde:

- P , A en ΔT zijn gelijk

- $\lambda_{\text{poly}} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d_{\text{poly}}} = \lambda_{\text{aero}} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d_{\text{aero}}}$

- $\frac{\lambda_{\text{poly}}}{d_{\text{poly}}} = \frac{\lambda_{\text{aero}}}{d_{\text{aero}}}$

- $\frac{0,035}{d_{\text{poly}}} = \frac{0,014}{18} \rightarrow d_{\text{poly}} = \frac{18 \cdot 0,035}{0,014} = 45 \text{ mm}$

c Bereken hoeveel warmte de plaat aerogel per minuut doorlaat.

- $\lambda = 0,014 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $A = 0,5 \cdot 0,8 = 0,40 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 90 \text{ K}$ | $d = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} \rightarrow P = 0,014 \cdot 0,40 \cdot \frac{90}{1,8 \cdot 10^{-2}} = 28 \text{ W}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 28 \cdot 60 = 1,68 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ J}$

Warmtestroming

11**

a Leg uit waarom warmtestroming niet mogelijk is in een vaste stof.

- in een vaste stof kunnen atomen niet over een grote afstand bewegen

b Leg uit of warmtestroming door een wand mogelijk is.

- atomen of moleculen kunnen niet door een wand en warmtestroming is daarom niet mogelijk

c Leg uit hoe je warmtestroming kan verminderen.

- door ervoor te zorgen dat de atomen of moleculen minder goed kunnen bewegen

d Leg uit hoe je warmtestroming kan vermeerderen.

- door te roeren of een ventilator aan te zetten

12**

a Leg uit dat het dons ervoor zorgt dat er minder warmtestroming is.

- door het dons kan de lucht niet makkelijk bewegen
- warmtestroming wordt hierdoor moeilijker

b Leg uit dat er warmtegeleiding door de lucht tussen het dons plaatsvindt.

- moleculen in de lucht botsen tegen elkaar
- hierdoor dragen de moleculen kinetische energie aan elkaar over

c Hoeveel warmte gaat er door de jas per seconde?

- $\lambda = 0,024 \text{ W / m } ^\circ\text{C}$ | $A = 2 \text{ m}^2$ | $\Delta T = 20 ^\circ\text{C}$ | $d = 0,03 \text{ m}$
- $P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} \rightarrow P = 0,024 \cdot 2 \cdot \frac{20}{0,03} = 32 \text{ W}$

13**

a Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtegeleiding naar de lucht.

- omdat het contactoppervlak met de lucht groot is gaat er per seconde veel warmte van de radiator naar de lucht

b Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtestroming van de lucht.

- omdat de lucht makkelijk tussen de buizen kan stromen wordt de verwarmde lucht snel afgevoerd

c Leg dit uit.

- de lucht kan nu moeilijker tussen de buizen stromen waardoor de warmtestroming afneemt

Warmtestraling

14**

a Leg uit waarom er buiten geen radiator wordt gebruikt en binnen wel.

- een radiator verwarmt de lucht door warmtegeleiding en warmtestroming
- buiten zal de warme lucht wegstromen van het terras en dan heb je er niets aan
- bij warmtestraling wordt niet de lucht verwarmd maar wel de mensen op het terras

b Hoeveel joule elektrische energie wordt er op een dag gebruikt?

- $P = 15 \cdot 2000 = 30000 \text{ W}$ | $t = 6 \cdot 60 \cdot 60 = 21600 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 30000 \cdot 21600 = 6,48 \cdot 10^8 \text{ J}$

c Hoeveel euro kost het verwarmen van het terras per dag?

- energie in kWh: $E(\text{kWh}) = \frac{6,48 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} = 180 \text{ kWh}$
- dit kost $180 \cdot 0,3 = 54$ euro per dag

15**

a Leg uit door welke soort warmtetransport (geleiding, stroming of straling) de aarde opwarmt en afkoelt.

- tussen de zon en de aarde zit lege ruimte, zodat warmtegeleiding en warmtestroming niet mogelijk zijn
- alleen warmtestraling kan door de lege ruimte van de zon naar de aarde gaan en zorgt voor de opwarming en afkoeling van de aarde

b Leg uit of de aarde gemiddeld meer, minder of evenveel warmte ontvangt dan het zelf uitzendt.

- als de aarde gemiddeld meer warmte ontvangt dan het uitzendt neemt de temperatuur toe
- als de aarde gemiddeld minder warmte ontvangt dan het uitzendt neemt de temperatuur af
- als de gemiddelde temperatuur constant is moet de aarde evenveel warmte ontvangen als uitzenden

c Leg uit waarom stap 4 zorgt voor de opwarming van de aarde.

- de aarde straalt infrarood licht uit
- dit licht verdwijnt niet in de ruimte maar wordt teruggekaatst
- de aarde ontvangt niet alleen warmte van de zon maar ook de teruggekaatste warmte
- de aarde ontvangt meer warmte dan het uitzendt waardoor de gemiddelde temperatuur van de aarde toeneemt

5.4 Warmte opnemen en warmte afstaan

1**

a Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

- $m = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$ | $\Delta T = 80 - 20 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- opzoeken magnesium $c = 1,026 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1,026 \cdot 10^3 \cdot 0,05 \cdot 60 = 3078 = 3,1 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

- opzoeken dichtheid magnesium $\rho = 1,74 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 1,74 \text{ g cm}^{-3}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,74 \cdot 50 = 87 \text{ gram} = 0,087 \text{ kg}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1,026 \cdot 10^3 \cdot 0,087 \cdot 60 = 5355,72 = 5,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

c Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

- $\Delta T = 353 - 293 = 60 \text{ K}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1,026 \cdot 10^3 \cdot 0,087 \cdot 60 = 5355,72 = 5,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

2**

a Hoeveel warmte heeft het water opgenomen?

- $m = \rho \cdot V$ | $1 \text{ liter} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} = 1,0 \text{ kg}$
- $c = 4,18 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $m = 1,0 \text{ kg}$ | $\Delta T = 100 - 10 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 90 = 3,762 \cdot 10^5 = 3,8 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Hoeveel minuten duurt het voordat het water kookt?

- $E = 3,762 \cdot 10^5$ | $P = 2100 \text{ W}$ | $t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 3,762 \cdot 10^5 = 2100 \cdot t \rightarrow t = 179,14 \text{ s}$
- $t = \frac{179,14}{60} = 2,98571 = 3,0 \text{ minuten}$

3**

a Hoeveel minuten heeft deze boiler nodig om 10 liter water te verwarmen van 10 tot 85 °C?

- $m = \rho \cdot V$ | $10 \text{ liter} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 10 \text{ kg}$
- $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $m = 10 \text{ kg}$ | $\Delta T = 85 - 10 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 75 = 3,135 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 3,135 \cdot 10^6 = 2200 \cdot t \rightarrow t = 1425 \text{ s} \rightarrow t = \frac{1425}{60} = 23,75 = 24 \text{ min}$

b Welke temperatuur heeft het water na 15 minuten?

- $P = 2200 \text{ W}$ | $t = 15 \cdot 60 = 900 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 2200 \cdot 900 = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J}$

- $Q = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $m = 10 \text{ kg}$ | $\Delta T = \dots \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 1,98 \cdot 10^6 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = 47,3684 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T = 10 + 47,3684 = 57 \text{ }^\circ\text{C}$

c Bereken hoeveel euro het kost om 10 liter water van $10 \text{ }^\circ\text{C}$ tot $85 \text{ }^\circ\text{C}$ te verwarmen.

- opzoeken $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
- aantal kWh: $\frac{3,135 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^6} = 0,870833 \text{ kWh}$
- 30 cent per kWh: $0,870833 \cdot 0,30 = 0,26125 = 0,26 \text{ euro}$

4**

a Bepaal de soortelijke warmte van stof A.

- stof A: aflezen $Q = 50 \cdot 10^3 \text{ J}$ | $\Delta T = 50 - 10 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 50 \cdot 10^3 = c \cdot 0,5 \cdot 40 \rightarrow c = 2,5 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

b Bepaal de soortelijke warmte van stof B.

- stof B: aflezen $Q = 50 \cdot 10^3 \text{ J}$ | $\Delta T = 35 - 10 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 50 \cdot 10^3 = c \cdot 0,5 \cdot 25 \rightarrow c = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

5***

a Bereken de temperatuur van de pan met water na 1 minuut op het fornuis.

- $P = 3000 \text{ W}$ | $t = 60 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 3000 \cdot 60 = 1,8 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $Q_{\text{pan}} = c_{\text{rvs}} \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{rvs}} = 0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $E = Q_{\text{water}} + Q_{\text{pan}}$
- $1,8 \cdot 10^5 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot \Delta T + 0,46 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot \Delta T$ ΔT buiten haakjes halen
- $1,8 \cdot 10^5 = (4,18 \cdot 10^3 \cdot 2,5 + 0,46 \cdot 10^3 \cdot 1,5) \cdot \Delta T = 1,114 \cdot 10^4 \cdot \Delta T$
- $\Delta T = \frac{1,8 \cdot 10^5}{1,114 \cdot 10^4} = 16,158 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T = 10 + 16,158 = 26,158 = 26 \text{ }^\circ\text{C}$

b Bereken hoelang het duurt voordat het water kookt.

- $E = Q_{\text{water}} + Q_{\text{pan}}$ met $\Delta T = 100 - 10 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 90 + 460 \cdot 1,5 \cdot 90 \rightarrow Q = 1,0026 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 1,0026 \cdot 10^6 = 3000 \cdot t \rightarrow t = 334,2 = 3,3 \cdot 10^2 \text{ s}$

OOK GOED

- in 1 minuut stijgt de temperatuur met $16,158 \text{ }^\circ\text{C}$
- verhoudingstabel:

$^\circ\text{C}$	16,158	90
s	60	x

- $x = \frac{60 \cdot 90}{16,158} = 334,2 = 3,3 \cdot 10^2 \text{ s}$

6***

a Hoelang duurt het opwarmen minimaal?

- $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $m = 0,175 \text{ kg}$ | $\Delta T = 90 - 15 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,175 \cdot 75 = 5,48625 \cdot 10^4 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 5,48625 \cdot 10^4 = 350 \cdot t \rightarrow t = 156,75 = 1,6 \cdot 10^2 \text{ s}$

b Geef hiervoor twee redenen.

- het kopje neemt ook warmte op
- tijdens het opwarmen gaat er warmte naar de omgeving

7***

a Bereken hoeveel energie het water van de boiler dan heeft afgestaan.

- water $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en $\Delta T = 90 - 50 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
- $m = \rho \cdot V$ met $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ en $V = 2,5 \text{ m}^3 \rightarrow m = 2500 \text{ kg}$
- warmte afstaan $Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 2500 \cdot 40 = 4,18 \cdot 10^8 = 4,2 \cdot 10^8 \text{ J}$

b Bereken op welk moment het water $50 \text{ }^\circ\text{C}$ is.

- totale vermogen $P = 8 \cdot 1600 = 1,28 \cdot 10^4 \text{ W}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 4,18 \cdot 10^8 = 1,28 \cdot 10^4 \cdot t \rightarrow t = 3,265625 \cdot 10^4 \text{ s}$
- $t = 3,265625 \cdot 10^4 \text{ s} = 544,27 \text{ minuten} = 9,07118 \text{ h} = 9\text{h} + 4,27 \text{ min}$
- om $7:00 + 9:04 = 16:04$ uur is het water afgekoeld tot $50 \text{ }^\circ\text{C}$

c Bereken hoeveel water er per seconde door een radiator stroomt.

- warmte afstaan per seconde: $E = P \cdot t \rightarrow E = 1600 \cdot 1 = 1600 \text{ J}$
- $Q = E = 1600 \text{ J}$ | $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ | $m = \dots \text{ kg}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 1600 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 10 \rightarrow m = 3,82775 \cdot 10^{-2} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$

8****

a Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.

- $m = 0,100 \text{ kg}$ | $\Delta T = 27 - 15 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- warmte opgenomen door het water $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 12 = 5,016 \cdot 10^3 = 5,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Bereken de temperatuur van de vlam.

- warmte afgestaan door het ijzer $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{ijzer}} = 0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $m = 0,020 \text{ kg}$ | $\Delta T = T_{\text{vlam}} - 27 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$
- $5,016 \cdot 10^3 = 0,46 \cdot 10^3 \cdot 0,025 \cdot (T_{\text{vlam}} - 27) \rightarrow T_{\text{vlam}} - 27 = 436,17$
- $T_{\text{vlam}} = 463,174 = 4,6 \cdot 10^2 \text{ }^\circ\text{C}$

- c Bereken of deze methode een te hoge of een te lage temperatuur van de vlam geeft.
- tussen het moment dat je het blokje uit de vlam haalt en in het water stopt is er warmte naar de omgeving gegaan
- de werkelijke temperatuur is hoger dan wat je hebt berekend

9****

a Bereken hoeveel warmte het kopje heeft opgenomen.

- kopje: $\Delta T = 76 - 20 = 56 \text{ } ^\circ\text{C}$
- per graad is 25 J nodig $\rightarrow Q_{\text{kopje}} = 25 \cdot 56 = 1400 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Bereken hoeveel warmte de melk heeft opgenomen.

- melk: $\Delta T = 76 - 4 = 72 \text{ } ^\circ\text{C}$
- opzoeken melk: $c = 3,9 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- melk: $V = 5,0 \text{ ml} = 5,0 \text{ cm}^3 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad | \quad \rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad | \quad m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 1,0 \cdot 10^3 = \frac{m}{5,0 \cdot 10^{-6}} \rightarrow m = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 72 = 1404 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

c Bereken hoeveel ml koffie er in het kopje zit.

- het kopje en de melk nemen samen $1400 + 1404 = 2804 \text{ J}$ op
- $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$
- $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad | \quad \Delta T = 80 - 76 = 4,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad | \quad Q_{\text{koffie}} = 2804 \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 2804 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 4 \rightarrow m = 0,1677 \text{ kg} = 167,7 \text{ gram}$
- dichtheid koffie: $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1,0 \text{ g/cm}^3$
- $167,7 \text{ gram} = 167,7 \text{ cm}^3 = 167,7 \text{ ml} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ ml}$

Warmtecapaciteit

10***

a Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.

- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 1,0 \cdot 10^3 = \frac{m}{1,5 \cdot 10^{-3}} \rightarrow m = 1,5 \text{ kg}$
- $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad | \quad m = 1,5 \text{ kg} \quad | \quad \Delta T = 100 - 12 = 88 \text{ } ^\circ\text{C} \quad | \quad Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 88 = 5,5176 \cdot 10^5 = 5,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Bereken hoeveel warmte de ketel heeft opgenomen.

- $C = 600 \text{ J K}^{-1} \quad | \quad \Delta T = 100 - 12 = 88 \text{ } ^\circ\text{C} \quad | \quad Q = \dots \text{ J}$
- $Q = C \cdot \Delta T \rightarrow Q = 600 \cdot 88 = 5,28 \cdot 10^4 = 5,3 \cdot 10^4 \text{ J}$

c Bereken na hoeveel tijd het water gaat koken als alle warmte aan het water of de ketel wordt afgestaan.

- $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{ketel}} \rightarrow Q_{\text{tot}} = 5,5176 \cdot 10^5 + 5,28 \cdot 10^4 = 6,0456 \cdot 10^5 \text{ J}$

- $P = 2400 \text{ W} \rightarrow$ per seconde wordt er 2400 J warmte toegevoegd
- $E = P \cdot t \rightarrow 6,0456 \cdot 10^5 = 2400 \cdot t \rightarrow t = 251,9 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ s}$

d Bereken na hoeveel tijd het water gaat koken.

- $P = 0,7 \cdot 2400 = 1680 \text{ W} \rightarrow$ per seconde wordt er 1680 J warmte toegevoegd
- $E = P \cdot t \rightarrow 6,0456 \cdot 10^5 = 1680 \cdot t \rightarrow t = 359,857 = 3,6 \cdot 10^2 \text{ s}$

11* a** Bereken de hoeveel warmte de thermosfles met melk opneemt bij een temperatuurstijging van $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,04 \cdot 10^3 \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} = 0,52 \text{ kg}$
- $c = 1,04 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \mid m = 0,52 \text{ kg} \mid \Delta T = 3,0 \text{ }^\circ\text{C} \mid Q = \dots \text{ J}$
- $Q_{\text{melk}} = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 0,52 \cdot 3 = 6084 \text{ J}$
- $Q_{\text{fles}} = C \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{fles}} = 120 \cdot 3 = 360 \text{ J}$
- $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{melk}} + Q_{\text{fles}} \rightarrow Q_{\text{tot}} = 6084 + 360 = 6444 = 6,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Bereken hoeveel warmte je lichaam moet leveren om de melk op lichaamstemperatuur ($37 \text{ }^\circ\text{C}$) te brengen.

- $c = 1,04 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \mid m = 0,52 \text{ kg} \mid \Delta T = 37 - 10 = 27 \text{ }^\circ\text{C} \mid Q = \dots \text{ J}$
- $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$
- $Q_{\text{melk}} = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 0,52 \cdot 27 = 5,4756 \cdot 10^4 = 5,5 \cdot 10^4 \text{ J}$

12* a** Hoeveel warmte produceert het verwarmingselement in 10 minuten?

- $E = P \cdot t \rightarrow E = 75 \cdot 10 \cdot 60 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ J}$

b Hoe groot is de warmtecapaciteit van de thermosfles?

- aflezen $\Delta T = 48 - 15 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$ in 10 minuten
- $Q_{\text{water}} = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,30 \cdot 33 = 4,1382 \cdot 10^4 \text{ J}$
- $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{fles}} \rightarrow 4,5 \cdot 10^4 = 4,1382 \cdot 10^4 + Q_{\text{fles}} \rightarrow Q_{\text{fles}} = 3,618 \cdot 10^3 \text{ J}$
- $Q_{\text{fles}} = C \cdot \Delta T \rightarrow 3,618 \cdot 10^3 = C \cdot 33 \rightarrow C = 109,636 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ J K}^{-1}$

13* a** Bepaal het rendement van het verwarmingselement.

- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} = 0,499 \text{ kg}$
- $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \mid m = 0,499 \text{ kg} \mid \Delta T = 40 - 15 = 25 \text{ }^\circ\text{C} \mid Q = \dots \text{ J}$
- $Q_{\text{water}} = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,499 \cdot 25 = 5,21455 \cdot 10^4 \text{ J}$
- $Q_{\text{fles}} = C \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{fles}} = 600 \cdot 25 \rightarrow Q_{\text{fles}} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ J}$
- $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{fles}} \rightarrow Q_{\text{tot}} = 5,21455 \cdot 10^4 + 1,5 \cdot 10^4 = 6,71455 \cdot 10^4 \text{ J}$
- $E_{\text{in}} = P \cdot t \rightarrow E_{\text{in}} = 120 \cdot 60 \cdot 10 = 7,2 \cdot 10^4 \text{ J}$

- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{6,71455 \cdot 10^4}{7,2 \cdot 10^4} = 0,932576 = 0,93$

b Hoe hoog is de temperatuur na 10 minuten als er een verwarmingselement van 180 W wordt gebruikt?

- het element van 120 W geeft een temperatuurstijging van 25 graden
- het element van 180 W heeft anderhalf keer meer vermogen
- de temperatuurstijging met 180 W is $1,5 \cdot 25 = 37,5$
- na 10 minuten is de temperatuur $15 + 37,5 = 52,5 = 53 \text{ } ^\circ\text{C}$

Faseovergang

14***

a Bereken hoeveel warmte het lood tot aan het smeltpunt heeft opgenomen.

- opzoeken smeltpunt lood is 601 K $\rightarrow \Delta T = 610 - (20 + 273,15) = 307,85 \text{ K}$
- opzoeken lood $c = 0,128 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
- $Q = 0,128 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 307,85 = 5,91072 \cdot 10^5 = 5,91 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Bereken hoeveel warmte er nodig is om het blok te smelten.

- smeltwarmte lood is $0,025 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ | $m = 15,0 \text{ kg}$
- $Q = 15,0 \cdot 0,025 \cdot 10^6 = 3,75 \cdot 10^5 \text{ J}$

15****

a Bereken hoeveel warmte er nodig is om het goud tot $1200 \text{ } ^\circ\text{C}$ te verhitten.

- opzoeken smeltpunt goud $1337 \text{ K} = 1337 - 273,15 = 1063,85 \text{ } ^\circ\text{C}$
- opzoeken soortelijke warmte goud $c = 0,129 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- opwarmen tot het smeltpunt $\rightarrow$
 $Q_{\text{vast}} = c_{\text{Au vast}} \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{vast}} = 0,129 \cdot 10^3 \cdot 12,4 \cdot (1063,85 - 20) = 1,66974 \cdot 10^6 \text{ J}$
- opzoeken smeltwarmte goud $0,066 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$
- smelten $\rightarrow Q_{\text{smelten}} = 12,4 \cdot 0,066 \cdot 10^6 = 8,184 \cdot 10^5 \text{ J}$
- opwarmen gesmolten goud $\rightarrow$
 $Q_{\text{vloe}} = c_{\text{Au vloe}} \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{vloe}} = 0,148 \cdot 10^3 \cdot 12,4 \cdot (1200 - 1063,85) = 2,49862 \cdot 10^5 \text{ J}$
- totaal $1,66974 \cdot 10^6 + 8,184 \cdot 10^5 + 2,49862 \cdot 10^5 = 2,738 \cdot 10^6 = 2,74 \cdot 10^6 \text{ J}$

5.5 Spanning en rek

1* Wat weet je nu van de draad?

- $\varepsilon = 1 \rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = 1 \rightarrow \Delta \ell = \ell_0$
- $\ell = \ell_0 + \Delta \ell \rightarrow \ell = 2 \cdot \ell_0$
- de draad is twee keer zo lang geworden $\rightarrow$ antwoord B

2* a Toon aan dat de eenheid van de elasticiteitsmodulus pascal Pa is.

- $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
- σ is de spanning in pascal (Pa)
- ε is de rek (geen eenheid)
- eenheid van E is gelijk aan de eenheid van $\sigma \rightarrow$ pascal (Pa)
- merk op: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

3** a Bereken de spanning in de draad.

- diameter is 1,2 mm $\rightarrow r = 0,6 \text{ mm} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (0,6 \cdot 10^{-3})^2 = 1,1309734 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- spanning: $\sigma = \frac{F}{A}$ met $F = 30 \text{ N}$
- $\sigma = \frac{30}{1,1309734 \cdot 10^{-6}} = 2,65258 \cdot 10^7 = 2,7 \cdot 10^7 \text{ Pa}$

b Bereken de lengte van de visdraad als de vis eraan trekt.

- $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ met $E = 2,8 \cdot 10^9 \text{ Pa}$
- $2,8 \cdot 10^9 = \frac{2,65258 \cdot 10^7}{\varepsilon} \rightarrow \varepsilon = 9,4735 \cdot 10^{-3}$
- $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$ met $\ell_0 = 14 \text{ m}$
- $9,4735 \cdot 10^{-3} = \frac{\Delta \ell}{14} \rightarrow \Delta \ell = 0,1326 \text{ m}$
- $\Delta \ell = \ell - \ell_0 \rightarrow \ell = \ell_0 + \Delta \ell$
- $\ell_{\text{nieuw}} = 14 + 0,1326 = 14,1326 = 14,13 \text{ m}$

4** a Vul de 3^e kolom (kracht) en de 4^e kolom (uitrekking) in.

aantal blokjes	lengte (cm)	kracht (N)	uitrekking (cm)	spanning (Pa)	rek
0	42	0,000	0	0,0	0,0
1	46	0,491	4	$1,0 \cdot 10^5$	0,095
2	50	0,981	8	$2,0 \cdot 10^5$	0,190
3	54	1,47	12	$3,0 \cdot 10^5$	0,286
4	58	1,96	16	$4,0 \cdot 10^5$	0,381
5	61,5	2,45	19,5	$5,0 \cdot 10^5$	0,464
6	65	5,89	23	$6,0 \cdot 10^5$	0,548
7	68	3,43	26	$7,0 \cdot 10^5$	0,619
8	70	3,92	28	$8,0 \cdot 10^5$	0,667
9	71,5	4,41	29,5	$9,0 \cdot 10^5$	0,702
10	72	4,91	30	$10 \cdot 10^5$	0,714

b Welke meting is er nog nodig?

- je moet de doorsnede (oppervlakte) van het elastiek bepalen

c Vul de 5^e kolom (spanning) en de 6^e kolom (rek) in.

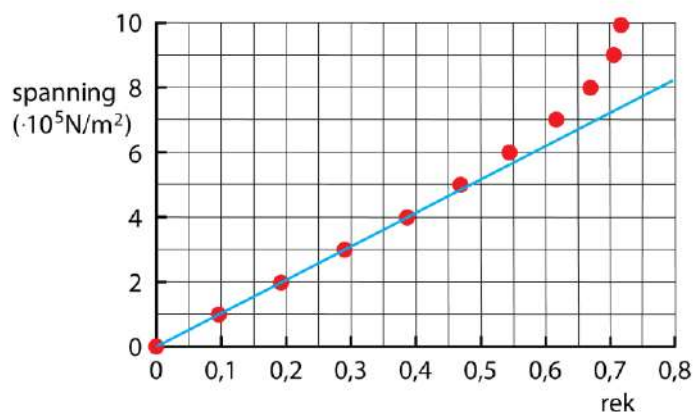
- $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

- $A = \pi \cdot (1,25 \cdot 10^{-3})^2 = 4,9087 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

- kolom 5: spanning $\sigma = \frac{F}{A}$

- kolom 6: rek $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}$

d Teken in de figuur in het werkboek de grafiek met op de horizontale as de rek en op de verticale as de spanning.



e Tot welke spanning is er een recht evenredig verband tussen de spanning en de rek?

- trek een rechte lijn door de meetpunten met lage spanning
- vanaf een spanning van $4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ liggen de meetpunten niet meer op de lijn
- tussen 0 en $4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ is er een recht evenredig verband

f Bepaal de elasticiteitsmodulus van het rubber.

- de elasticiteitsmodulus is de spanning gedeeld door de rek $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
- bepaal de richtingscoëfficiënt van de getrokken lijn
- $E = \frac{8,1 \cdot 10^5}{0,8} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

5*** a Bereken of de draad het schilderij kan houden.

- $A = \pi \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^2 = 7,854 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 41,9,81 = 40,221 \text{ N}$
- $\frac{40,221}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 5,121 \cdot 10^7 \text{ Pa}$
- dit is meer dan de treksterkte $\rightarrow$ de draad kan het schilderij niet houden

b Bereken hoeveel millimeter de diameter van de draad minstens moet zijn.

- treksterkte $= 5,0 \cdot 10^7 \text{ Pa} \mid F_z = 10 \cdot 9,81 = 98,1 \text{ N}$
- $5,0 \cdot 10^7 = \frac{98,1}{A} \rightarrow A = 1,962 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 1,962 \cdot 10^{-6} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 7,9027 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2 \cdot 7,9027 \cdot 10^{-4} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,6 \text{ mm}$

6** a Bereken hoeveel ton er met de hijskraan gehesen kan worden. Ga er in je berekening van uit dat de staalkabel massief is (volledig uit staal bestaat).

- $A = \pi \cdot (6,0 \cdot 10^{-3})^2 = 1,13097 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- $\sigma = \frac{F}{A}$ met $\sigma_{\max} = 490 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- $490 \cdot 10^6 = \frac{F_{\max}}{1,13097 \cdot 10^{-4}} \rightarrow F_{\max} = 5,54175 \cdot 10^4 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 5,54175 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 5,64909 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- één ton is 1000 kg $\rightarrow$ de hijskraan kan 5,6 ton ophijzen

7*** a Bereken de spanning in de kabel.

- $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \rightarrow \varepsilon = \frac{8,5 \cdot 10^{-3}}{32} = 2,65625 \cdot 10^{-4}$
- opzoeken staal $E = 0,20 \cdot 10^{12} \text{ Pa}$
- $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \rightarrow 0,20 \cdot 10^{12} = \frac{\sigma}{2,65625 \cdot 10^{-4}}$
- $0,20 \cdot 10^{12} = \frac{\sigma}{2,65625 \cdot 10^{-4}} \rightarrow \sigma = 5,3125 \cdot 10^7 = 5,3 \cdot 10^7 \text{ Pa}$

b Bereken de diameter van één staaldraadje.

- $F = F_z = m \cdot g \rightarrow F = (450 + 1500) \cdot 9,81 = 1,91295 \cdot 10^4 \text{ N}$
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow 5,3125 \cdot 10^7 = \frac{1,91295 \cdot 10^4}{A} \rightarrow A = 3,600847 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- er zijn 3000 staaldraadjes: $A_{\text{draadje}} = \frac{3,600847 \cdot 10^{-4}}{3000} = 1,20028 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 1,20028 \cdot 10^{-7} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,95464 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1,95464 \cdot 10^{-4} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

8***

a Leg uit welk materiaal het meest elastisch is.

- materiaal A: om 0,5% rek te krijgen is een spanning van $0,16 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ nodig
- materiaal B: om 0,5% rek te krijgen is een spanning van $0,4 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ nodig
- materiaal A is het meest elastisch

b Bereken de maximale massa die je aan deze draad kunt hangen zonder dat de draad plastisch gaat vervormen. Verwaarloos de massa van de draad.

- plastische vervorming begint bij een rek van 2,5%
- de spanning is dan $0,8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot \left(\frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 1,76715 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow 0,8 \cdot 10^8 = \frac{F}{1,76715 \cdot 10^{-6}} \rightarrow F = 1,4137 \cdot 10^2 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 1,4137 \cdot 10^2 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 14,411 = 14 \text{ kg}$

9***

a Beredeneer de volgorde van oplopende uitrekking.

- draad B: $u_B = 2 \cdot u_A$ u is de uitrekking $u = \Delta \ell = \ell - \ell_0$
- draad C: oppervlak 4 keer zo groot $\rightarrow u_C = \frac{1}{4} \cdot u_A$
- draad D: oppervlak 4 keer zo groot en lengte 2 keer zo lang: $u_D = \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot u_A = \frac{1}{2} \cdot u_A$
- volgorde uitrekking u van klein naar groot: $C \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B$

b Bereken de uitrekking van de draden B, C en D.

- $u_B = 2 \cdot u_A \rightarrow u_B = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mm}$
- $u_C = \frac{1}{4} \cdot u_A \rightarrow u_C = \frac{1}{4} \cdot 5 = 1,25 \text{ mm}$
- $u_D = \frac{1}{2} \cdot u_A \rightarrow u_D = \frac{1}{2} \cdot 5 = 2,5 \text{ mm}$

10***

a Zoek de treksterkte van dit staal op.

- opzoeken: de treksterkte van staal (bouw) is $490 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ [Binas tabel 10B](#)

b Zoek de dichtheid van dit staal op.

- opzoeken: de dichtheid van staal is $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

Binas tabel 9

c Bereken bij welke lengte de staalkabel door zijn eigen gewicht breekt.

- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,8 \cdot 10^3 \cdot V$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 7,8 \cdot 10^3 \cdot V \cdot 9,81 = 7,6518 \cdot 10^4 \cdot V$
- $F_{\max} = 7,6518 \cdot 10^4 \cdot V_{\max}$ en $V_{\max} = A \cdot \ell_{\max}$
- $\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \rightarrow 490 \cdot 10^6 = \frac{7,6518 \cdot 10^4 \cdot A \cdot \ell_{\max}}{A} = 7,6518 \cdot 10^4 \cdot \ell_{\max}$
- $\ell_{\max} = \frac{490 \cdot 10^6}{7,6518 \cdot 10^4} = 6,40372 \cdot 10^3 = 6,4 \cdot 10^3 \text{ m} \quad (6,4 \text{ km})$

11***

a Bereken de massa die het spinnendraad dan zou hebben.

- 100 m heeft een massa van $0,40 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0,40 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
- 1,0 km heeft een massa van $10 \cdot 0,40 \cdot 10^{-6} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
- omtrek van de aarde is 40.000 km
- $m = 40.000 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} = 0,16 \text{ kg}$

b Bereken de dichtheid van spinnendraad.

- cilinder: $V = \pi \cdot r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot (0,001 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 100 = 3,14159 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3$
- $m = 0,40 \text{ mg} = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \frac{4,0 \cdot 10^{-7}}{3,1416 \cdot 10^{-10}} = 1,273 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

c Bereken de maximale kracht die op een spinnendraad kan worden uitgeoefend.

- $\sigma_{\max} = 1,0 \cdot 10^9 \text{ Pa} \mid A = 3,14159 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \mid F_{\max} = \dots \text{ N}$
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow 1,0 \cdot 10^9 = \frac{F}{3,14159 \cdot 10^{-12}} \rightarrow F = 3,14159 \cdot 10^{-3} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

d Welke rek heeft de draad bij de maximale kracht?

- de draad rekt 35% uit $\rightarrow$ de rek is 0,35

e Bereken de spanning in het spinnendraad op het moment dat het breekt.

- $F = 10 \cdot 10^{-3} \text{ N} \mid A = 3,14159 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \mid \sigma = \dots \text{ Pa}$
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma = \frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{3,1416 \cdot 10^{-12}} = 3,183 \cdot 10^9 = 3,2 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

f Bereken de elasticiteitsmodulus van spinnendraad.

- $\sigma = 9,0 \cdot 10^8 \text{ Pa} \mid \varepsilon = 5,0 \cdot 10^{-2} \mid E = \dots \text{ Pa}$
- $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \rightarrow E = \frac{9,0 \cdot 10^8}{5,0 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$

12***

a Zoek de elasticiteitsmodulus en de treksterkte op van koper.

- elasticiteitsmodulus van koper is $E = 124 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ [Binas tabel 8](#)
- treksterkte koper is $2,1 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ [Binas tabel 8](#)

b Hoeveel millimeter rekt de draad uit?

- $F_z = 10 \cdot 9,81 = 98,1 \text{ N}$ | $A = 2,5 \text{ mm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ | $\sigma = \dots \text{ Pa}$
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma = \frac{98,1}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 3,924 \cdot 10^7 \text{ Pa}$
- $E = \frac{\rho}{\varepsilon} \rightarrow 124 \cdot 10^9 = \frac{3,924 \cdot 10^7}{\varepsilon} \rightarrow \varepsilon = 3,16452 \cdot 10^{-4}$
- $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \rightarrow 3,16452 \cdot 10^{-4} = \frac{\Delta \ell}{2,0} \rightarrow \Delta \ell = 6,32903 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,63 \text{ mm}$

c Hoeveel kilogram kun je aan het koperdraad hangen voordat het breekt?

- $\sigma = \frac{F}{A}$ met $\sigma = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Pa}$
- $2,1 \cdot 10^8 = \frac{F}{2,5 \cdot 10^{-6}} \rightarrow F = 525 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 525 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 53,5169 = 54 \text{ kg}$

d Welke draad rekt het meeste uit als je er 10 kg aan hangt?

- opzoeken elasticiteitsmodulus van ijzer $E = 220 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ [Binas tabel 8](#)
- ijzer heeft een grotere elasticiteitsmodulus dan koper
- de ijzerdraad rekt minder ver uit

e Hoeveel kilogram kun je aan het ijzerdraad hangen voordat het breekt?

- opzoeken treksterkte ijzer $3,5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ [Binas tabel 8](#)
- $\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow 3,5 \cdot 10^8 = \frac{F}{2,5 \cdot 10^{-6}} \rightarrow F = 875 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 875 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 89,1947 = 89 \text{ kg}$

5.6 Functionele materialen

GEEN OPGAVEN

Examenvragen havo

Wasmachine (aangepast)

- 5p 1 Bereken hoeveel tijd nodig is om het water tot de ingestelde temperatuur te verwarmen.
- gebruik $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ 1
 - opzoeken $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en $c_{\text{rvs}} = 0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 1
 - inzicht $E = Q_{\text{water}} + Q_{\text{pan}}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t$ met $P = 3000 \text{ W}$ 1
 - completeren $E = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot (60 - 18) + 0,46 \cdot 10^3 \cdot 6,5 \cdot (60 - 18) = 2,93454 \cdot 10^6 \text{ J}$
 $E = P \cdot t \rightarrow 2,93454 \cdot 10^6 = 3000 \cdot t \rightarrow t = 978,18 = 9,8 \cdot 10^2 \text{ s}$ 1
- 3p 2 Bereken de gemiddelde snelheid waarmee het water door de slang stroomt.
- inzicht $\Delta V = 16 - 1 = 15 \text{ liter} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ 1
 - gebruik $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A \cdot v$ 1
 - completeren $\frac{15 \cdot 10^{-3}}{90} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot v \rightarrow v = 0,66666 = 0,67 \text{ m/s}$ 1

Snijden met water

- 4p 1 Bereken de diameter van de opening van de spuitmond.
- inzicht $27 \text{ ml/s} = 27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ 1
 - gebruik $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A \cdot v$ 1
 - gebruik $A = \pi \cdot r^2$ en $d = 2 \cdot r$ 1
 - completeren $27 \cdot 10^{-6} = A \cdot 850 \rightarrow A = 3,17647 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$
 $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 3,17647 \cdot 10^{-8} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,00553 \cdot 10^{-4} \text{ m} \rightarrow d = 2 \cdot r = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ 1
- 3p 2 Bereken de kinetische energie van het water dat de opening per seconde verlaat.
- inzicht $27 \text{ ml/s} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 27 \cdot 10^{-6} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$ 1
 - gebruik $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ 1
 - completeren $E_K = \frac{1}{2} \cdot 27 \cdot 10^{-3} \cdot 850^2 = 9,75375 \cdot 10^3 = 9,8 \cdot 10^3 \text{ J}$ 1

Thermometers

- 4p 1 Bereken de hoeveelheid warmte die deze thermometer opneemt per graad temperatuurstijging.
- $Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{kwik}} + Q_{\text{glas}} \rightarrow Q_{\text{totaal}} = c_{\text{kwik}} \cdot m_{\text{kwik}} \cdot \Delta T + c_{\text{glas}} \cdot m_{\text{glas}} \cdot \Delta T$ 1
 - opzoeken $c_{\text{kwik}} = 0,14 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 1
 - gebruik $\Delta T = 1 \text{ K}$ of $\Delta T = 1^\circ \text{C}$ 1
 - $Q = 0,14 \cdot 10^3 \cdot 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1 + 800 \cdot 10,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 8,832 = 8,8 \text{ J}$ 1

- 4p **2** Bereken de warmtecapaciteit van de thermometer die uit deze proef volgt.
- $\Delta T_{\text{water}} = 17,2 - 15,5 = 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ 1
 - $Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} \cdot \Delta T_{\text{water}} \rightarrow Q_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 1,7 = 127,9 \text{ J}$ 1
 - $Q_{\text{thermometer}} = C_{\text{thermo}} \cdot \Delta T_{\text{thermo}}$ met $\Delta T_{\text{thermo}} = 15,5 - 0 = 15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 1
 - $Q_{\text{water}} = Q_{\text{thermometer}} \rightarrow 127,9 = C_{\text{thermo}} \cdot 15,5 \rightarrow C_{\text{thermo}} = 8,2516 = 8,3 \text{ J K}^{-1}$ 1

Slijtage bovenleiding

- 4p **1** Bereken de massa van het koper dat op deze manier van de bovenleiding is afgesleten.
- één leiding $\Delta V = V_A - V_B \rightarrow \Delta V = A_A \cdot \ell - A_B \cdot \ell \rightarrow \Delta V = (A_A - A_B) \cdot \ell$ 1
 - twee leidingen $\Delta V = 2 \cdot (98,8 \cdot 10^{-6} - 78,7 \cdot 10^{-6}) \cdot 5200 \cdot 10^3 = 209,04 \text{ m}^3$ 1
 - gebruik $\rho = \frac{m}{V}$ met $\rho_{\text{koper}} = 8,96 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ 1
 - $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 10^3 \cdot 209,04 = 1,873 \cdot 10^6 = 1,87 \cdot 10^6 \text{ kg}$ 1
- 3p **2** Bereken het aantal lichtflitsen per seconde waarop het lasermeetsysteem dan moet worden ingesteld.
- gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ met $v_{\text{gem}} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m/s}$ 1
 - tijd tussen twee flitsen $1,2 \cdot 10^{-2} = 25 \cdot t \rightarrow t = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ 1
 - aantal flitsen per seconde $\frac{1}{4,8 \cdot 10^{-4}} = 2,08333 \cdot 10^3 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ 1

Aardwarmte

- 2p **1** Bereken de gemiddelde temperatuurstijging per meter diepte in het Westland.
- inzicht temperatuurstijging per meter is $\frac{\Delta T}{\Delta h}$ 1
 - $\frac{\Delta T}{\Delta h} = \frac{89 - 8,1}{2,3 \cdot 10^3} = 3,5174 \cdot 10^{-2} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C per meter}$ 1
- 2p **2** Bereken hoeveel warmte vrijkomt als $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ water afkoelt van $89 \text{ } ^\circ\text{C}$ tot $8,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- gebruik $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 1
 - $Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \cdot (89 - 8,1) = 3,38162 \cdot 10^8 = 3,4 \cdot 10^8 \text{ J}$ 1
- 2p **3** Bereken de energie die minimaal nodig is om $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ water 2,3 km omhoog te pompen.
- energie nodig $E_z = m \cdot g \cdot h$ 1
 - $E_z = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 2,3 \cdot 10^3 = 2,2563 \cdot 10^7 = 2,3 \cdot 10^7 \text{ J}$ 1

Thermofort (aangepast)

- 3p 1 Bereken het volume van het water dat in dit huis per jaar wegstroomt doordat men op heet water wacht.
- inzicht volume waterleiding: $V = \pi r^2 \cdot \ell$ 1
 - $V = \pi \cdot (6,0 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 11 = 1,244 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ 1
 - per jaar $20 \cdot 365,25 \cdot 1,244 \cdot 10^{-3} = 9,0874 = 9,1 \text{ m}^3$ 1
- 4p 2 Toon aan dat het vermogen van het verwarmingselement voldoende is om het warmteverlies door afkoeling te compenseren.
- per uur levert het verwarmingselement $2,0 \cdot 60 \cdot 60 = 7200 \text{ J}$ 1
 - opzoeken $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 1
 - 1,5 kg water 1 graad opwarmen: $Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 1 = 6270 \text{ J}$ 1
 - conclusie: er is voldoende vermogen beschikbaar 1
- 4p 3 Bereken de temperatuur van het water dat uit de kraan stroomt.
- gebruik $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$ 1
 - inzicht $\Delta T_{\text{heet}} = (79 - T_{\text{eind}})$ en $\Delta T_{\text{koud}} = (T_{\text{eind}} - 17)$ 1
 - $1,5 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (79 - T_{\text{eind}}) = 2,0 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (T_{\text{eind}} - 17)$ 1
 - $1,5 \cdot 79 + 2,0 \cdot 17 = 3,5 \cdot T_{\text{eind}} \rightarrow T_{\text{eind}} = 43,57 = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ 1

Vleermuis in winterslaap

- 3p 1 Maak de zin kloppend door voor iedere lege plek het juiste alternatief te kiezen.
- 1b want het warmteverlies is kleiner als het temperatuurverschil kleiner is 1
 - 2a want er wordt warmte afgestaan aan de omgeving 1
 - 3a want de warmte die per seconde wordt afgestaan is dan kleiner 1
- 3p 2 Neem onderstaande tabel over en geef met een kruisje aan of de lichaamstemperatuur van de vleermuis stijgt, daalt, of gelijk blijft op de tijdstippen t_A , t_B en t_C .

tijdstip	lichaamstemperatuur stijgt	lichaamstemperatuur daalt	lichaamstemperatuur blijft gelijk
t_A	X		
t_B	X		
t_C			X

Per juiste regel 1 punt.

Toelichting:

Op tijdstip A en op tijdstip B komt er per seconde meer warmte vrij bij het verbranden van vet dan dat er warmte naar de omgeving gaat. Hierdoor stijgt de temperatuur van de vleermuis. Op tijdstip C komt er per seconde evenveel warmte vrij bij het verbranden van vet dan dat er warmte naar de omgeving gaat. Hierdoor blijft de temperatuur van de vleermuis constant.

- 3p **3** Bereken hoeveel milligram vet de vleermuis daarbij verbrandt.
- inzicht dat $m_{\text{vet}} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{verbrandingswarmte vet}}$ 1
 - omrekenen $1 \text{ kg} = 10^6 \text{ mg}$ 1
 - competeren $m_{\text{vet}} = \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^7} = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 28 \text{ mg}$ 1
- 3p **4** Bereken hoeveel warmte aan de omgeving wordt afgestaan.
- gebruik $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 3,0 \cdot 10^3 \cdot 6,6 \cdot 10^{-3} \cdot (37 - 5) = 633,6 \text{ J}$ 1
 - inzicht dat er $1,1 \cdot 10^3 - Q_{\text{vleermuis}}$ aan warmte wordt afgestaan 1
 - completeren $1100 - 633,6 = 466,4 = 5 \cdot 10^2 \text{ J}$ één significant cijfer 1
- 3p **5** Toon met behulp van figuur 3 aan dat $\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = 6,2$.
- inzicht dat de warmtestroom per m^2 voor de vetlaag en de vacht even groot is

$$k_{\text{vetlaag}} \frac{\Delta T_{\text{vetlaag}}}{d_{\text{vetlaag}}} = k_{\text{vacht}} \frac{\Delta T_{\text{vacht}}}{d_{\text{vacht}}}$$
 1
 - aflezen $\Delta T_{\text{vetlaag}} = 37,0 - 35,6 = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ en $\Delta T_{\text{vacht}} = 35,6 - 5,0 = 30,6 \text{ }^\circ\text{C}$ 1
 - completeren

$$k_{\text{vetlaag}} \frac{1,4}{0,002} = k_{\text{vacht}} \frac{30,6}{0,007} \rightarrow k_{\text{vetlaag}} \cdot 700 = k_{\text{vacht}} 4371 \rightarrow \frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = \frac{4371}{750} = 6,245 = 6,2$$
 1
- 2p **6** Bereken hoe dik deze extra vetlaag dan zou moeten zijn.
- omdat $k_{\text{vetlaag}} / k_{\text{vacht}} = 6,2$ moet de verlaag 6,2 keer zo dik zijn 1
 - de verlaag moet $6,2 \cdot 7,0 = 43,4 = 43 \text{ mm}$ dik zijn 1

Kelly Kettle

- 4p **1** Laat zien dat dit klopt.
- gebruik $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ 1
 - opzoeken $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en $\rho_{\text{water}} = 0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ 1
 - $Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,9982 \cdot 1,5 \cdot (100 - 20) = 5,00697 \cdot 10^5 \text{ J}$ 1
 - $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} \rightarrow Q = \frac{5,00697 \cdot 10^5}{4,184} = 1,19669 \cdot 10^5 = 12 \cdot 10^4 \text{ cal}$ 1
- 3p **2** Bereken hoeveel gram droog gras er (minimaal) nodig is om met de Kelly Kettle 1,5 liter water van $20 \text{ }^\circ\text{C}$ aan de kook te brengen.
- inzicht dat er $5,00697 \cdot 10^5 \text{ J}$ nodig is 1
 - massa gras $m = \frac{5,00697 \cdot 10^5}{14,7 \cdot 10^6} = 3,4061 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ 1
 - er is 34 gram gras nodig 1

- 2p **3** Leg met behulp van bovenstaande formule uit waarom het water in de Kelly Kettle eerder kookt dan het water in de Bushcooker.
- bij de Kelly Kettle is het contactoppervlak A veel groter dan bij de Bushcooker 1
 - hierdoor is bij de Kelly Kettle P groter 1
- 3p **4** Hoeveel van die dompelaars zouden nodig zijn om – net als bij de Kelly Kettle – binnen 3,0 minuten 1,5 liter water van 20 °C aan de kook te brengen? Licht je antwoord met een berekening toe.
- in 3,0 minuten levert één dompelaar $E = P \cdot t \rightarrow E = 300 \cdot 3 \cdot 60 = 5,4 \cdot 10^4 \text{ J}$ 1
 - inzicht: aantal dompelaars is $\frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{5,4 \cdot 10^4}$ 1
 - $\frac{5,00697 \cdot 10^5}{5,4 \cdot 10^4} = 9,272$ dus er zijn 10 dompelaars nodig 1
- NIET 9,3 of 9 dompelaars.

Spanning en rek

Composiet

- 1p **1** Leg uit hoe je aan figuur 3 kunt zien dat de vervorming tijdens de trekproef elastisch was.
- de verhouding $\frac{\sigma}{\varepsilon}$ is constant recht evenredig verband 1
- 2p **2** Bepaal de elasticiteitsmodulus van het composiet in de lengterichting.
- gebruik $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ 1
 - $E = \frac{1,24 \cdot 10^9}{0,020} = 6,2 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$ (marge $0,1 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$) 1
- 3p **3** Bepaal de kracht die nodig was om de trekstaaf een rek te geven van 0,010.
- gebruik $\sigma = \frac{F}{A}$ 1
 - aflezen $\sigma = 0,62 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ en omrekenen $A = 40 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ 1
 - $0,62 \cdot 10^9 = \frac{F}{40 \cdot 10^{-6}} \rightarrow F = 2,48 \cdot 10^4 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ N}$ (marge $0,1 \cdot 10^4 \text{ N}$) 1
- 2p **4** Bepaal de maximale lengte die de trekstaaf tijdens de trekproef krijgt.
- gebruik $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$ 1
 - $0,02 = \frac{\Delta \ell}{150} \rightarrow \Delta \ell = 3 \rightarrow \ell = 150 + 3 = 153 \text{ mm}$ 1
- 2p **5** Bepaal met behulp van figuur 5 de kracht die nodig is om beide veren samen 1,0 cm uit te rekken.
- stugge veer: 15 N bij $u = 1,0 \text{ cm}$ | slappe veer: 6,0 N bij $u = 1,0 \text{ cm}$ 1
 - kracht nodig voor beide veren: $15 + 6 = 21 \text{ N}$ (marge 1 N) 1

- 2p **6** Vergelijk de situaties van figuur 4 en figuur 6 en kies in onderstaande zinnen het juiste alternatief.
- Als op dit composiet een kracht wordt uitgeoefend in de lengterichting van de vezels (figuur 4) is de **uitrekking** overal even groot.
 - Als op dit composiet een kracht wordt uitgeoefend loodrecht op de lengterichting van de vezels (figuur 6) is de **kracht** overal even groot.
 - In de lengterichting van de vezels is de elasticiteitsmodulus van dit composiet altijd **groter** dan loodrecht op de vezelrichting.
- zin 1 en zin 2 juist 1
 - zin 3 juist 1

Metaalmoeheid

- 3p **1** Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak.
- gebruik $\sigma = \frac{F}{A}$ 1
 - gebruik $A = 2,63 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ 1
 - $190 \cdot 10^6 = \frac{F}{2,63 \cdot 10^{-6}} \rightarrow F = 499,7 = 500 \text{ N}$ 1
- 2p **2** Bereken de (relatieve) rek van de voorgespannen spaak.
- gebruik $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ en opzoeken $E = 0,20 \cdot 10^{12} \text{ Pa}$ 1
 - $0,20 \cdot 10^{12} = \frac{190 \cdot 10^6}{\varepsilon} \rightarrow \varepsilon = 9,5 \cdot 10^{-4}$ 1
- 2p **3** Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie (= aantal omwentelingen per seconde) in 3 significante cijfers waarmee de spanning tijdens het fietsen wisselt.
- aflezen: er zijn 7 omwentelingen in 1,85 s 1
 - $T = \frac{1,85}{7} = 0,264286 \text{ s} \rightarrow f = 3,78378 = 3,78 \text{ Hz}$ 1
- 4p **4** Beantwoord de volgende vragen:
- Bepaal met behulp van de figuren 3 en 4 de spanningsamplitude van de spaak.
 - Leg hiermee uit of deze spaak $1 \cdot 10^7$ wielomwentelingen kan halen.
 - aflezen figuur 3: $\sigma_{\max} = 190 \text{ MPa}$ en $\sigma_{\min} = 130 \text{ MPa}$ (marge 5 MPa) 1
 - $\sigma_A = \frac{190 - 130}{2} = 35 \text{ MPa}$ 1
 - figuur 4: bij 100 MPa kan de spaak $1 \cdot 10^7$ wielomwentelingen ondergaan 1
 - 35 MPa is minder dan 100 MPa dus de spaak kan $1 \cdot 10^7$ wielomwentelingen halen 1
- 3p **5** Bepaal met behulp van figuur 4 na hoeveel kilometer de spaak zal breken.
- figuur 4: bij 120 MPa kan de spaak $3,0 \cdot 10^6$ omwentelingen maken 1
 - omtrek wiel $\rightarrow \text{omtrek} = 2\pi \cdot r \rightarrow \text{omtrek} = 2\pi \cdot 0,35 = 2,199115 \text{ m}$ 1
 - afstand $3,0 \cdot 10^6 \cdot 2,199115 = 6,59734 \cdot 10^6 \text{ m} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ km}$ 1