

# 5 Stoffen en Materialen

havo

## 5.1 Warmte en inwendige energie

### Warmte en temperatuur

- 1\*\***
- a** Leg uit waarom een voorwerp een hogere temperatuur krijgt als je erover wrijft.
  - b** Leg waarom de meeste stoffen uitzetten als de temperatuur hoger wordt.
  - c** Leg uit waarom een voorwerp niet gaat bewegen als de temperatuur hoger wordt.
  - d** Leg uit of je de temperatuur van één atoom kunt meten.
- 2\*\***
- a** De lichaamstemperatuur van een zoogdier is  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hoeveel kelvin is dit?
  - b** Je bakt een brood op  $500\text{ K}$ . Hoeveel graden celsius is dit?
  - c** De temperatuur in de ruimte is  $-270,425\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hoeveel kelvin is dit?
  - 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?
  - e** De oppervlaktetemperatuur van de zon is  $5778\text{ K}$ . Hoeveel  $^{\circ}\text{C}$  is dit?
- 3\*\*\***
- De temperatuur is recht evenredig met de gemiddelde kinetische energie van de moleculen. Als een gas verschillende soorten moleculen bevat is de gemiddelde kinetische energie van de verschillende soorten moleculen gelijk aan elkaar. Lucht bestaat voor 80% uit  $\text{N}_2$  moleculen en voor 20% uit  $\text{O}_2$  moleculen.
- a** Leg uit waarom de gemiddelde kinetische energie van verschillende soorten moleculen gelijk is.
  - b** Beredeneer of bij een bepaalde temperatuur de gemiddelde snelheid van  $\text{O}_2$  moleculen groter of kleiner of gelijk is dan de gemiddelde snelheid van  $\text{N}_2$  moleculen.
- Bij een bepaalde temperatuur is de gemiddelde snelheid van de  $\text{O}_2$  moleculen  $475\text{ m/s}$ . In lucht bevinden zich ook watermoleculen  $\text{H}_2\text{O}$ .
- c** Bereken de gemiddelde snelheid van de  $\text{H}_2\text{O}$  moleculen.
- Hoewel de gemiddelde snelheid van de  $\text{O}_2$  moleculen  $475\text{ m/s}$  is betekent dit niet dat een  $\text{O}_2$  molecuul zich in 1 seconde over een afstand van  $475\text{ m}$  verplaatst.
- d** Leg uit wat dan wel wordt bedoeld met "gemiddelde snelheid"

---

## 5.2 Vast, vloeibaar gas en plasma

### Fase overgangen

- 1\***
- a** Bij hoeveel graden celsius smelt tin?
  - b** Bij hoeveel graden celsius smelt kwik?
  - c** Bij hoeveel graden celsius kookt zuurstof?
- 2\*\***
- a** Hoe heet de overgang van de van vaste fase naar de gasfase.
  - b** Hoe heet de overgang van de gasfase naar de vaste fase?
- 3\*\***
- In een sneeuwmachine wordt lucht met veel kracht door water geblazen, waardoor het water snel verdampt. Bij het verdampen van water koelt de omgeving sterk af.
- a** Leg uit hoe hierbij sneeuw ontstaat.
- Sneeuw en hagel zijn beide een vaste fase van water. Toch ziet het er heel anders uit, omdat ze op een andere manier ontstaan.
- b** Bij welke faseovergang ontstaat er hagel?
  - c** Bij welke faseovergang ontstaat er sneeuw?
- 4\*\***
- Als je natte kleren buiten ophangt zijn ze na een tijdje droog.
- a** Leg uit waar het water is gebleven.
  - b** Geef twee manieren om het proces van drogen te versnellen.
- 5\*\***
- Als je ademt tegen een koude spiegel beslaat deze.
- a** Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
  - b** Hoe heet dit proces?
- 6\*\***
- Vliegtuigen vliegen op 11 km hoogte en de temperatuur is daar ongeveer  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bij helder koud weer zie je soms witte strepen in de lucht als er een vliegtuig voorbij is gekomen. Deze strepen worden veroorzaakt door de onzichtbare waterdamp uit de vliegtuigmotor.
- a** Leg uit hoe deze strepen ontstaan uit onzichtbaar waterdamp.
  - b** Leg uit waarom deze strepen na een poosje weer verdwijnen.
- 7\*\***
- Als je zout oplost in water kost het de watermoleculen meer moeite om de vaste fase te krijgen.

- a** Leg uit of de temperatuur waarbij water stolt hoger of lager wordt door het oplossen van zout.
- b** Noem een toepassing van dit verschijnsel.

- 8\*\*** Tijdens het smelten blijft de temperatuur gelijk.
- a** Geef hiervoor een verklaring.

Tijdens het smelten zetten de meeste stoffen uit.

- b** Geef hiervoor een verklaring.

## Dichtheid

- 9\*\*** Een blokje aluminium heeft een volume van  $16 \text{ cm}^3$ .
- a** Bereken de massa van het blokje.

Het blokje wordt doormidden gezaagd in twee blokjes van ieder  $8 \text{ cm}^3$ . Tessa beweert dat de dichtheid nu ook de helft is geworden. Thijn beweert dat de dichtheid nu verdubbelt.

- b** Leg uit wie er gelijk heeft, Tessa, Thijn of geen van beiden.

- 10\*\*** Je hebt twee blokjes met een volume van  $12 \text{ cm}^3$ . Blokje 1 is gemaakt van tin en blokje 2 is gemaakt van zink.
- a** Beredeneer zonder berekening welke van de blokjes het zwaarst weegt.
  - b** Bereken de massa van de blokjes.

- 11\*\*** Je hebt twee blokjes. Blokje 1 is gemaakt van goud. Blokje 2 is twee keer zo groot en is gemaakt van ijzer.
- a** Welke van de blokjes weegt het zwaarst?

Blokje 1 heeft een volume van  $3,0 \text{ cm}^3$ .

- b** Bereken de massa van blokje 2 in kilogram.

- 12\*\*** Je hebt even grote blokjes gemaakt van lood, van ijzer en van aluminium. In het linker bakje van de weegschaal doe je 3 loodblokjes.
- a** Hoeveel blokjes ijzer moet je minstens in het rechter bakje doen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?
  - b** Hoeveel blokjes aluminium moet je minstens in het rechter bakje doen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?



In het linker bakje zitten nog steeds 3 blokjes lood. In het rechterbakje doe je eerst 1 blokje ijzer.

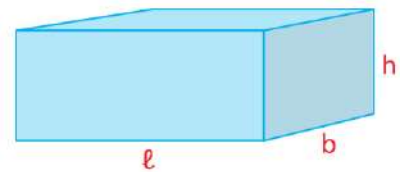
- c Hoeveel aluminiumblokjes moet je minstens in het rechter bakje toevoegen om de weegschaal naar rechts te laten doorslaan?

- 13\*\*** Een ijzeren staaf heeft een volume van  $20,0 \text{ cm}^3$ .  
a Bereken de massa van de staaf in kilogram.

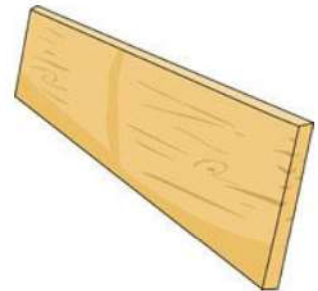
Een andere ijzeren balk heeft een massa van  $5,0 \text{ kg}$ .

- b Bereken het volume van deze staaf in  $\text{cm}^3$ .

- 14\*\*** Een balkje is  $1,5 \text{ cm}$  breed en  $3 \text{ cm}$  hoog en heeft een volume van  $27 \text{ cm}^3$ . Het balkje is gemaakt van koper.  
a Hoe lang is het balkje?  
b Bereken de massa van het balkje?



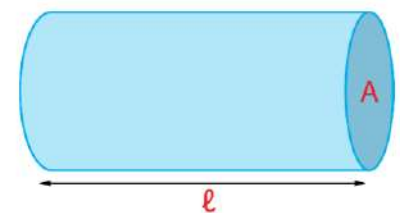
- 15\*\*\*** Een plank gemaakt van eikenhout is  $7,0 \text{ mm}$  dik,  $12 \text{ cm}$  breed en heeft een volume van  $1,5 \text{ dm}^3$ .  
a Bereken de lengte van deze plank in  $\text{cm}$ .  
b Bereken de massa van deze plank in  $\text{kg}$ .



Je maakt een andere plank twee keer zo dik en twee keer zo breed.

- c Bereken het volume van deze andere plank.  
d Bereken de massa van deze andere plank.

- 16\*\*\*** Een cilindervormige koperen draad heeft een straal van  $1,5 \text{ mm}$  en is  $15 \text{ m}$  lang.  
a Bereken de massa van deze draad in  $\text{kg}$ .



Je maakt een andere koperdraad twee keer zo dik en twee keer zo lang.

- b Bereken de dichtheid van deze draad.  
c Bereken de massa van deze draad in  $\text{kg}$ .

- 17\*\*\*** Een aluminium cilinder is  $10 \text{ cm}$  hoog en heeft een massa van  $1,0 \text{ kg}$ .  
a Bereken de straal van deze cilinder.

- 18\*\*\*** Hans en Anneke gaan een nieuwe keuken kopen en zijn op zoek naar een aanrechtblad. Het aanrechtblad dat ze nodig hebben moet  $3,10 \text{ m}$  lang,  $60 \text{ cm}$  breed en  $45 \text{ mm}$  dik zijn. Ze kiezen voor een granieten aanrechtblad.  
a Bereken de massa in kilogram van een granieten aanrechtblad met bovenstaande afmetingen.

**19\*\*\*** Jan wil in zijn tuin een muurtje metselen. Hij wil hiervoor bakstenen gebruiken die 5 cm dik, 10 cm breed en 20 cm lang zijn. Hij rijdt met zijn auto met aanhangwagen naar de bouwmarkt. De lading van het wagentje mag maximaal 500 kg zijn. De dichtheid van baksteen is  $1,8 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

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

**20\*\*\*** Robert gebruikt 6,0 kg verf bij het schilderen van de wand. De verf heeft een dichtheid van  $2,4 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . De wand die hij schildert heeft een oppervlak van  $5,0 \text{ m}^2$ .

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

**b** Bereken de dikte van de aangebrachte verflaag in millimeter.

**21\*\*\*** De dichtheid van zilver is  $10,5 \text{ g / cm}^3$  en de dichtheid van goud is  $19,3 \text{ g / cm}^3$ . Yvonne beweert dat je hieruit mag concluderen dat een kubieke meter goud meer atomen bevat dan een kubieke meter zilver.

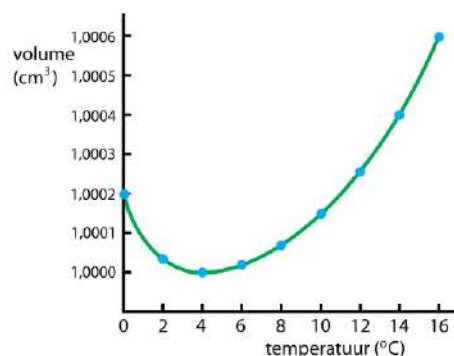
**a** Leg uit waarom Yvonne deze conclusie niet mag trekken.

**b** Welk ander gegeven Yvonne erbij moet betrekken voordat ze tot deze conclusie kan komen.

**22\*\*\*** Water heeft bij  $4^\circ\text{C}$  een dichtheid van  $1,0000 \text{ g / cm}^3$ . Zowel bij het afkoelen als bij het opwarmen zet water van  $4^\circ\text{C}$  uit. De figuur geeft het volume van 1,0 gram water als functie van de temperatuur.

**a** Leg uit of de dichtheid toeneemt of afneemt als water van  $4^\circ\text{C}$  wordt afgekoeld.

**b** Leg uit of de dichtheid toeneemt of afneemt als water van  $4^\circ\text{C}$  wordt verwarmd.



Eén watermolecuul heeft een massa van 18 u.  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

**c** Bereken het aantal watermoleculen in één kubieke centimeter bij een temperatuur van  $4^\circ\text{C}$ .

**23\*\*\*** De eenheid van massa is kilogram. Ruim honderd jaar geleden is een cilindrisch blokje van platina-iridium blokje gemaakt. Zowel de hoogte als de diameter van dit blokje is 39,0 mm. Dat blokje noemde men het kilogram. Een kilogram is net zoveel materie als één liter water bij een temperatuur van vier graden celsius. Het oorspronkelijke blokje wordt bewaard op het internationale bureau van gewichten en maten in Sèvres bij Parijs.

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



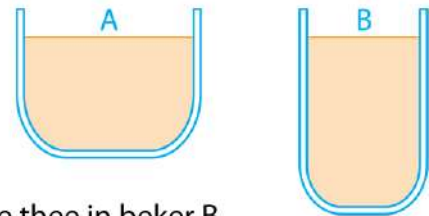
## 5.3 Transport van warmte

### Warmtetransport

- 1\*\*** Een bureau in een klaslokaal heeft een houten blad en stalen poten. Als je de poten aanraakt voelt het veel kouder aan dan als je het blad aanraakt. Leg van onderstaande beweringen uit of ze waar zijn.
- a** De temperatuur van het blad is gelijk aan die van de poten. **WAAR / NIET WAAR**
  - b** Wat je met je handen voelt zegt niets over de temperatuur, omdat je zenuwen daar ongevoelig voor zijn. **WAAR / NIET WAAR**
  - c** Metaal voelt altijd kouder aan dan hout. **WAAR / NIET WAAR**
  - d** Ook als de temperatuur in het lokaal hoger is dan  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  voelen de poten kouder aan dan het blad. **WAAR / NIET WAAR**

- 2\*\*** In een oven bak je broodjes op  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Als de broodjes klaar zijn kun je ze met je blote hand snel uit de oven halen. Je moet daarbij opletten om niet de metalen wand van de oven aan te raken, want dan verbrandt je hand meteen.
- a** Leg uit waarom je hand niet verbrandt als je het broodje aanraakt en wel als je de wand aanraakt.

- 3\*\*** Bekers A en B bevatten evenveel thee met een temperatuur van  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De bekers hebben een dubbele wand waar vrijwel geen warmte doorheen kan stromen.
- a** Leg uit waarom de dubbele wand ervoor zorgt dat de thee langer warm blijft.
  - b** Leg uit waarom de thee in beker A sneller afkoelt dan de thee in beker B.
  - c** Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erover blaast.
  - d** Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erin roert.



### Warmtegeleiding

- 4\*\*** Zoek op en Binas.
- a** Het metaal dat het beste de warmte geleid.
  - b** Het metaal dat het beste isoleert.
  - c** De vaste stof die het beste isoleert.
  - d** De warmtegeleidingscoëfficiënt van lucht.
- 5\*\*\*** Een klaslokaal heeft een 20 cm dikke bakstenen muur. De muur is 2,5 m hoog en 15 m breed. Binnen in het lokaal is het  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  en buiten is het  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De warmtegeleidingscoëfficiënt van het gebruikte baksteen is  $0,80\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .
- a** Bereken hoeveel warmte in één lesuur van 50 minuten door de muur naar buiten gaat.

Het lokaal heeft ook zes glazen ramen van 1,0 bij 1,5 meter. In één lesuur van 50 minuten gaat er  $3,9 \cdot 10^7$  J warmte door deze ramen die gemaakt zijn van gewoon glas.

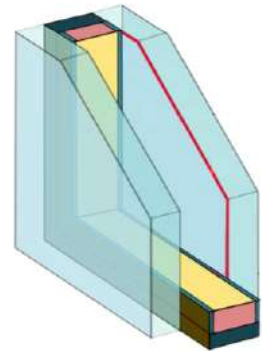
**b** Bereken de dikte van het vensterglas.

De ramen hebben een veel kleiner oppervlak dan de muur en toch is het warmteverlies door de ramen is veel groter dan het warmteverlies door de muur.

**c** Leg uit waarom dit het geval is.

Om het warmteverlies tegen te gaan wordt er dubbel glas in het lokaal aangebracht. Het warmtetransport door de ramen is nu even groot als het warmtetransport door de muur. Een klas met leerlingen en een docent zijn in het lokaal met dubbel glas. Een mens heeft een gemiddeld vermogen van 100 W.

**d** Hoeveel leerlingen moeten er in het lokaal zijn om zonder verwarming de temperatuur op  $18^\circ\text{C}$  te houden?



Een klas heeft 20 leerlingen.

**e** Wat kan de docent doen om de temperatuur op  $18^\circ\text{C}$  te houden?

Een andere klas heeft 30 leerlingen.

**f** Wat kan de docent doen om de temperatuur op  $18^\circ\text{C}$  te houden?

**6\*\*\*** Een raam van enkel glas is 5,0 mm dik en heeft een afmeting van 1,8 m bij 1,2 m. De warmtegeleidingscoëfficiënt van vensterglas is  $0,92 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . In de winter is de binnentemperatuur gemiddeld  $16,0^\circ\text{C}$  en de buitentemperatuur  $6,0^\circ\text{C}$ .

**a** Bereken hoeveel warmte er in de winter (90 dagen) naar buiten gaat.

**b** Bereken hoeveel kilowattuur (kWh) elektrische energie nodig is om het huis op temperatuur te houden. **HINT** zoek op in Binas tabel 5 hoeveel joule één kilowattuur is.

Het huis wordt verwarmd met elektrische straalkachels. Eén kWh elektrische energie kost 30 cent.

**c** Bereken hoeveel euro je moet betalen voor de gebruikte elektrische energie.

Een straalkachel heeft een vermogen van 2,0 kW.

**d** Bereken hoeveel straalkachels er nodig zijn om het huis op temperatuur te houden.

In werkelijkheid is het verlies veel kleiner doordat binnen en buiten tegen de ruit een stilstaand luchtlaagje zit met een isolerende werking. Er gaat daarom 20 keer minder warmte door de ruit.

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

**7\*\*\*** In de winter ligt er op een sloot een 10 cm dikke ijslaag. Vlak onder deze ijslaag zit een waterlaag met een dikte van 1,0 cm en een temperatuur van  $0^\circ\text{C}$ . Buiten is het 10 graden onder nul. Warmtetransport zorgt ervoor dat de 1,0 cm dikke waterlaag van  $0^\circ\text{C}$  gaat bevriezen.

- a** Wordt er warmte van boven naar beneden of van beneden naar boven getransporteerd?
- b** Bereken hoeveel warmte er per seconde door  $1,0 \text{ m}^2$  van deze ijslaag gaat.

Om  $1,0 \text{ kg}$  water van  $0^\circ\text{C}$  te stollen moet  $334 \text{ kJ}$  warmte aan het water worden onttrokken.

- c** Bereken hoeveel warmte aan de  $1,0 \text{ cm}$  dikke waterlaag per vierkante meter moet worden onttrokken om het te laten bevriezen.
- d** Bereken na hoeveel uur de ijslaag van  $10 \text{ cm}$  is aangegroeid met  $1,0 \text{ cm}$  ijs.

Marlies beweert dat het even lang duurt om de ijslaag van  $11$  naar  $12 \text{ cm}$  te laten groeien als de tijd voor aangroei van  $10$  naar  $11 \text{ cm}$ .

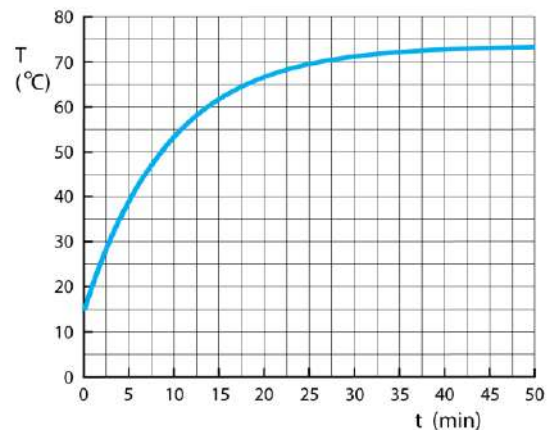
- e** Leg uit of Marlies gelijk heeft.

Bij de berekening van de ijsaangroei is een aantal aannamen gemaakt om de berekening te vereenvoudigen.

- d** Noem minimaal twee van deze aannames.

**8\*\*\*** In een kartonnen doos zit een gloeilamp van  $100 \text{ W}$ . Als je de lamp aandoet neemt de temperatuur in de doos toe. Na ongeveer een uur verandert de temperatuur niet meer. In de figuur zie je het temperatuurverloop in de doos. De temperatuur buiten de doos is constant  $15^\circ\text{C}$ .

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



De afmetingen van de doos zijn:  $\ell \times b \times h = 0,30 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$ . De doos staat op een plaat polystyreen (piepschuim), zodat het warmteverlies door de bodem verwaarloosbaar is.

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

Het karton heeft een dikte van  $4,0 \text{ mm}$ .

- c** Bereken de warmtegeleidingscoëfficiënt van het karton.

In werkelijkheid heeft karton een 10 keer zo grote warmtegeleidingscoëfficiënt.

- d** Verklaar dit.

Thijmen beweert dat de het warmtetransport door de wand van de doos in de eerste minuut groter is dan in de 50-ste minuut.

- e** Ben je het met Thijmen eens?
- f** Maak een schatting hoeveel warmte er in de 1<sup>e</sup> minuut door de wanden van de doos gaat.
- g** Bereken hoeveel warmte er in de 10<sup>e</sup> minuut door de wanden van de doos gaat.

**9\*\*\*** De warmteweerstand  $R_c$  van een plaat polystyreen (piepschuim) is gedefinieerd als:

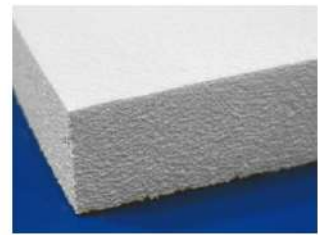
$$R_c = \frac{\text{oppervlakte} \times \text{temperatuurverschil}}{\text{warmteverlies per seconde}}$$

**a** Geef de natuurkundige formule voor de warmteweerstand.

**b** Wat is de eenheid van  $R_c$ ?

Er geldt:  $P = \frac{1}{R_c} \cdot A \cdot \Delta T$  en  $P = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot \Delta T$ . Hieruit volgt:  $R_c = \frac{d}{\lambda}$ .

**c** Toon dit aan.



Als je isolatiemateriaal koopt staat daar meestal de  $R_c$ -waarde op vermeld en niet de warmtegeleidingscoëfficiënt.

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

**10\*\*\*** Aerogel is schuim gemaakt van siliciumoxide en bestaat voor 99,8% uit lucht. Aerogel is doorzichtig en voelt een beetje sponsachtig aan. Aerogel heeft een zeer goed isolerend vermogen en heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $0,014 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Vandaar dat aerogel veel wordt gebruikt in de chemische industrie en in de ruimtevaart.

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



Een plaat gemaakt van aerogel heeft een dikte van 18 mm en is 50 cm bij 80 cm groot. Polystyreen (piepschuim) heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $0,035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

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

Het temperatuurverschil tussen beide kanten van de aerogelplaat is  $90^\circ\text{C}$ .

**c** Bereken hoeveel warmte de plaat aerogel per minuut doorlaat.

## Warmtestroming

**11\*\***

- a** Leg uit waarom warmtestroming niet mogelijk is in een vaste stof.
- b** Leg uit of warmtestroming door een wand mogelijk is.
- c** Leg uit hoe je warmtestroming kan verminderen.
- d** Leg uit hoe je warmtestroming kan vermeerderen.

**12\*\***

- Een winterjas is gevuld met dons. Tussen het dons zit lucht.
- a** Leg uit hoe het dons ervoor zorgt dat er minder warmtestroming is.
- b** Leg uit dat er warmtegeleiding plaatsvindt door de lucht tussen het dons.



De jas heeft een oppervlakte van  $2,0 \text{ m}^2$  en is  $3,0 \text{ cm}$  dik. Als het buiten vriest is het temperatuurverschil  $20^\circ\text{C}$ . Lucht heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $0,024 \text{ W / m }^\circ\text{C}$ .

**c** Hoeveel warmte gaat er door de jas per seconde?

**13\*\*** In de kamer hang een radiator. De radiator bestaat uit buizen waar warm water doorheen stroomt.

- a** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtegeleiding naar de lucht.
- b** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtestroming van de lucht.

Als je een handdoek over de radiator hangt duurt het veel langer voordat de kamer is verwarmd.

- c** Leg dit uit



## Warmtestraling

**14\*\*** Als het buiten koud is wordt een terras verwarmd met een straalkachel.

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



Om een terras te verwarmen zijn 15 straalkachels nodig. Iedere straalkachel heeft een vermogen van 2000 watt. Op een dag staan de straalkachels 6,0 uur aan.

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

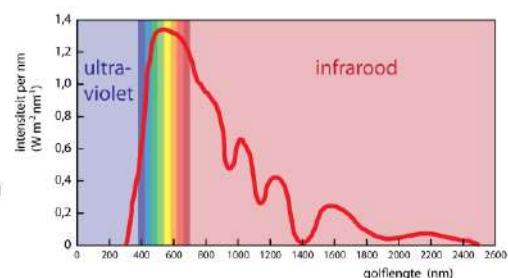
Eén kWh energie is gelijk aan 3,6 miljoen joule en kost 30 cent.

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

**15\*\*** Overdag warmt de aarde op door zonlicht en 's nachts koelt de aarde af.

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

In de figuur zie je het licht van de zon dat door de aarde wordt opgenomen. De zon straalt het meeste licht uit in het gebied met de regenboogkleuren. Dat is het licht dat we kunnen zien. Maar de zon straalt ook veel infrarood licht uit dat we niet kunnen zien.



De aarde absorbeert zonlicht en zendt zelf infrarood licht uit. De gemiddelde temperatuur van de aarde blijft constant.

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

Hiernaast zie je een figuur waarin het broeikaseffect wordt uitgelegd. Er zijn vier stappen.

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



## 5.4 Warmte opnemen en warmte afstaan

- 1\*\*** De temperatuur van een magnesium blokje van 50 gram stijgt van 20 °C tot 80 °C.  
**a** Hoeveel warmte heeft het blokje heeft opgenomen?

De temperatuur van een magnesium blokje van 50 cm<sup>3</sup> stijgt van 20 °C tot 80 °C.  
**b** Hoeveel warmte heeft het blokje heeft opgenomen?

De temperatuur van een magnesium blokje van 50 cm<sup>3</sup> stijgt van 293 K tot 353 K.  
**c** Hoeveel warmte heeft het blokje heeft opgenomen?

- 2\*\*** Met een waterkoker verwarm je 1,0 liter water tot het gaat koken. De begintemperatuur van het water is 10 °C en het water kookt bij 100 °C. Gebruik voor de dichtheid van water  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .  
**a** Hoeveel warmte heeft het water opgenomen?



De waterkoker heeft een vermogen van 2100 watt.  
**b** Hoeveel minuten duurt het voordat het water kookt?

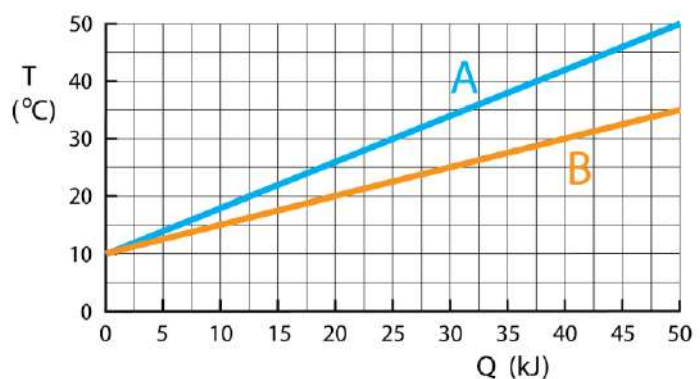
- 3\*\*** Een keukenboiler boiler bevat 10 liter water en heeft een vermogen van 2200 W. Gebruik voor de dichtheid van water  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .  
**a** Hoeveel minuten heeft deze boiler nodig om 10 liter water te verwarmen van 10 °C tot 85 °C?



Na het afwassen is de boiler helemaal leeg en wordt hij gevuld met 10 liter water van 10 °C.  
**b** Welke temperatuur heeft het water na 15 minuten?

Eén kWh kost 30 cent.  
**c** Bereken hoeveel euro het kost om 10 liter water van 10 °C tot 85 °C te verwarmen.  
**HINT** zoek in Binas tabel 5 op hoeveel joule één kilowattuur is.

- 4\*\*** In de figuur zie je hoe de temperatuur verandert als er warmte wordt toegevoegd aan stof A en aan stof B. De massa van beide stoffen is 500 g.  
**a** Bepaal de soortelijke warmte van stof A.  
**b** Bepaal de soortelijke warmte van stof B.



**5\*\*\*** In een roestvrij stalen (rvs) pan met een massa van 1,5 kg verwarm je 2,5 liter water. De begintemperatuur van de pan met water is 10 °C. De brander van het fornuis heeft een vermogen van 3,0 kW. Neem aan dat er geen warmte van de pan naar de omgeving gaat. Gebruik voor de dichtheid van water  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . Roestvrij staal heeft dezelfde soortelijke warmte als ijzer.



- a** Bereken de temperatuur van de pan met water na 1,0 minuut op het fornuis.
- b** Bereken hoelang het duurt voordat het water kookt.

**6\*\*\*** Met een dompelaar kun je een kopje water verwarmen. Handig voor als je op reis bent. De dompelaar heeft een vermogen van 350 W. Je wil een kopje water met 175 gram water verwarmen van 15 °C tot 90 °C.



- a** Hoelang duurt het opwarmen minimaal?

In werkelijkheid duurt het langer.

- b** Geef hiervoor twee redenen.

**7\*\*\*** Een boiler gevuld met 2,5 m<sup>3</sup> water wordt gebruikt om een huis overdag te verwarmen. 's Nachts wordt het water in de boiler op 90 °C gebracht. Om 7.00 uur 's ochtends wordt het water door acht radiatoren gepompt. Een radiator heeft een vermogen van gemiddeld 1,6 kW. Gebruik voor de dichtheid van water  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

Op zeker moment is de temperatuur van het water gedaald tot 50 °C.

- a** Bereken hoeveel energie het water van de boiler dan heeft afgestaan.
- b** Bereken op welk moment het water 50 °C is.

Van een radiator wordt vastgesteld dat het temperatuurverschil tussen het in- en uitstromende water 10 °C is.

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

**8\*\*\*\*** Een blokje ijzer van 25 g wordt in een vlam gehouden totdat de temperatuur van het blokje gelijk is aan de temperatuur van de vlam. Daarna wordt het blokje snel in 100 g water van 15 °C gebracht. De temperatuur van het water stijgt hierdoor tot 27 °C.

- a** Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.

De warmte die het water opneemt is gelijk aan de warmte die het ijzeren blokje heeft afgestaan. Hieruit kan de temperatuur van de vlam worden berekend.

- b** Bereken de temperatuur van de vlam.

Deze methode is niet erg nauwkeurig om de temperatuur van een vlam te bepalen.

- c** Beredeneer of deze methode een te hoge of een te lage temperatuur van de vlam geeft.

**9\*\*\*\*** Om een leeg kopje 1,0 graad in temperatuur te laten stijgen is 25 J nodig. De temperatuur van het kopje is 20 °C. In het kopje giet je koffie met een temperatuur van 80 °C. Je doet er een scheutje van 5,0 ml melk bij. De melk komt uit de koelkast met een temperatuur van 4,0 °C. De eindtemperatuur van de koffie met melk in het kopje wordt 76 °C. Gebruik voor de dichtheid van melk en van koffie  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . De soortelijke warmte van koffie is gelijk aan die van water.

- a** Bereken hoeveel warmte het kopje heeft opgenomen.
- b** Bereken hoeveel warmte de melk heeft opgenomen.
- c** Bereken hoeveel ml koffie er in het kopje zit.

## Warmtecapaciteit

**10\*\*\*** Een kookplaat heeft een vermogen van 2400 W. Op deze kookplaat wordt een ketel met 1,5 liter water verwarmd. De begintemperatuur van het water is 12 °C. Het water kookt bij 100 °C. De ketel heeft een warmtecapaciteit van  $600 \text{ J K}^{-1}$ . Gebruik voor de dichtheid van water  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

- a** Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.
- b** Bereken hoeveel warmte de ketel heeft opgenomen.
- c** Bereken na hoeveel tijd het water gaat koken als alle warmte aan het water of de ketel wordt afgestaan.

Tijdens het opwarmen gaat gemiddeld 30 % van de energie naar de omgeving

- d** Bereken na hoeveel tijd het water gaat koken.

**11\*\*\*** In een thermosfles wordt een halve liter melk gedaan. De warmtecapaciteit van de thermosfles is  $120 \text{ J K}^{-1}$ . De dichtheid van melk is  $1,04 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . De soortelijke warmte van melk is  $3,9 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

- a** Bereken de hoeveel warmte de thermosfles met melk opneemt bij een temperatuurstijging van 3,0 °C.

De temperatuur van de melk en de thermosfles zijn 10 °C. Je drinkt de melk uit de thermosfles op.

- b** Bereken hoeveel warmte je lichaam moet leveren om de melk op lichaamstemperatuur (37 °C) te brengen.

**12\*\*\*** Een thermosfles bevat 300 gram water. Een verwarmingselement van 75 W wordt gebruikt om het water te verwarmen. Het rendement van dit element is 100% en er stroomt dus geen energie naar de omgeving. De figuur geeft de stijging van de temperatuur in de tijd.

- a** Hoeveel warmte produceert het verwarmingselement in 10 minuten?
- b** Hoe groot is de warmtecapaciteit van de thermosfles?



- 13\*\*\*** Een thermosfles bevat 500 ml water. Een verwarmingselement van 120 W wordt gebruikt om het water te verwarmen. De figuur geeft de stijging van de temperatuur in de tijd. De dichtheid van water is  $0,998 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . De warmtecapaciteit van de thermosfles is  $600 \text{ J K}^{-1}$



- a** Bepaal het rendement van het verwarmingselement.  
**b** Hoe hoog is de temperatuur na 10 minuten als er een verwarmingselement van 180 W wordt gebruikt? Neem aan dat beide elementen hetzelfde rendement hebben.

## Faseovergang

- 14\*\*\*** Een blok lood van 15,0 kg wordt opgewarmd van  $20,0^\circ\text{C}$  tot het gaat smelten.  
**a** Bereken hoeveel warmte het lood tot aan het smeltpunt heeft opgenomen.  
*HINT zoek het smeltpunt van lood op in Binas.*

Vervolgens wordt het blok gesmolten.

- b** Bereken hoeveel warmte er nodig is om het blok te smelten.  
*HINT zoek de smeltwarmte van lood op in Binas.*

- 15\*\*\*\*** Een goudstaaf heeft een massa van 12,4 kg. De staaf wordt verhit van  $20^\circ\text{C}$  tot  $1200^\circ\text{C}$ . De soortelijke warmte van vloeibaar goud is  $0,148 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .  
**a** Bereken hoeveel warmte er nodig is om het goud tot  $1200^\circ\text{C}$  te verhitten.



## 5.5 Stromen van vloeistof en gas

- 1\*\*** Rivier de Maas loopt door het centrum van Maastricht. Bij de Sint Servaasbrug is de Maas 130 m breed en 2,4 m diep. De stroomsnelheid is 0,75 m/s.

**a** Bereken het debiet.

Op 16 juli 2021 bereikte de watertoevoer een record met een debiet 3000 m<sup>3</sup>/s. De waterstand was 5,0 meter hoger dan normaal en stroomde met grote snelheid onder de Sint Servaasbrug.

**b** Bereken de stroomsnelheid op 16 juli 2021.



- 2\*\*** Een stadspark heeft een fontein waarbij water met een snelheid van 9,0 m/s wordt gespoten. De fontein heeft 18 spuitmonden. Iedere spuitmond heeft een oppervlakte van 1,0 cm<sup>2</sup>.

**a** Hoeveel liter water gebruikt deze fontein per uur?

De binnenste waterstraal gaat recht omhoog.

**b** Hoe hoog komt het water van deze waterstraal?

**HINT** gebruik de wet van behoud van energie.



- 3\*\*** Een dikke ader met een doorsnede van 1,5 cm<sup>2</sup> brengt bloed naar het hart. Het bloed stroomt met een gemiddelde snelheid van 30 cm s<sup>-1</sup>.

**a** Hoeveel liter bloed stroomt er per minuut door deze ader?

- 4\*\*\*** Een CV-ketel met een vermogen van 36 kW kan 9,0 liter water per minuut met een temperatuur van 60 °C leveren. Een bad wordt gevuld met 90 liter water van 60 °C.

**a** Hoelang duurt het vollopen van het bad?

De kraan heeft een opening met een diameter van 1,2 cm.

**b** Met welke snelheid stroomt het water uit de kraan?

De CV-ketel heeft een rendement van 0,85.

**c** Bereken de temperatuur van het koude water dat door de CV ketel wordt verwarmd.

**HINT** gebruik paragraaf 5.3

De CV-ketel werkt op Gronings aardgas. De cilindervormige gasleiding is gemaakt van 1,0 mm dik koper. Als de ketel op vol vermogen werkt stroomt het gas met een snelheid van 8,5 m/s door deze gasleiding.

**d** Bereken de buitendiameter van de gasleiding. **HINT** gebruik de stookwaarde van Gronings aardgas.

- 5\*\*\*** Een injectiespuit heeft een zuiger met een oppervlakte van  $1,0 \text{ cm}^2$ . De naald heeft een opening van  $0,10 \text{ mm}^2$ . Om te voorkomen dat er lucht wordt geïnjecteerd spuit je in het begin een beetje vloeistof recht omhoog. De straal bereikt daarbij een hoogte van  $1,5 \text{ m}$ .
- a** Bereken de snelheid waarmee de vloeistof uit de naald wordt gespoten. **HINT gebruik de wet van behoud van energie.**
  - b** Bereken het debiet.
  - c** Hoeveel tijd kost het om  $2,0 \text{ ml}$  vloeistof te injecteren?
  - d** Bereken met welke snelheid je de spuit moet indrukken.



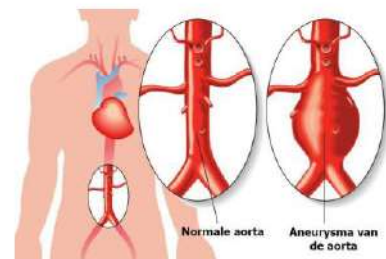
- 6\*\*\*** Een patiënt herstelt van een operatie door het toedienen van vloeistof in een ader (intraveneuze infusie). De vloeistof heeft een dichtheid van  $1030 \text{ kg m}^{-3}$ . In  $6,0 \text{ uur}$  wordt  $0,90 \text{ liter}$  vloeistof toegediend.
- a** Hoeveel  $\text{kg}$  vloeistof wordt er per seconde toegediend?



De vloeistof stroomt met een snelheid van  $5,0 \text{ cm/s}$  uit de naald.

- b** Bereken de diameter van de naald.

- 7\*\*\*** Aneurysma is een verwijding in een slagader of ader. De meest voorkomende plaats is de aorta, waarvan de wand wordt verzwakt door een (erfelijke) afbraakreactie. Zie figuur. Bloed heeft een dichtheid van  $1060 \text{ kg m}^{-3}$ . Stel dat de oppervlakte van de doorsnede wordt vergroot van  $A_1$  naar  $A_2$  waarbij  $A_2 = 2,0 A_1$ .



In het normale deel van de aorta stroomt bloed met een snelheid van  $0,50 \text{ m/s}$ .

- a** Bereken de snelheid van het bloed in het verwijde deel van de aorta.
- 8\*\*\*\*** Bij slagaderverkalking (atherosclerose) is materiaal (plaque) gehecht aan de wand van een slagader, waardoor het bloed door een kleinere opening moet stromen. In de halsslagader (arteria carotis) stroomt het bloed bij een gedeeltelijk geblokkeerde halsslagader  $2,5$  keer sneller dan bij een niet geblokkeerd deel.
- a** Wat is de verhouding tussen de effectieve diameters van de halsslagader op deze twee plaatsen?

---

## 5.6 Functionele materialen

GEEN OPGAVEN

# Examenvragen havo

## Wasmachine (aangepast)

De familie Dijkstra koopt een nieuwe wasmachine. In de handleiding staat dat de wasmachine aangesloten moet worden op 230 V. Het elektrisch vermogen, dat de wasmachine afneemt, is dan maximaal 3200 W. De wasmachine wordt gevuld met 16 liter leidingwater met een temperatuur van 18 °C. Het verwarmingselement van de wasmachine levert een vermogen van 3,0 kW. De machine wordt ingesteld op 60 °C. Behalve het water wordt ook de 6,5 kg roestvrij stalen trommel van de wasmachine opgewarmd.



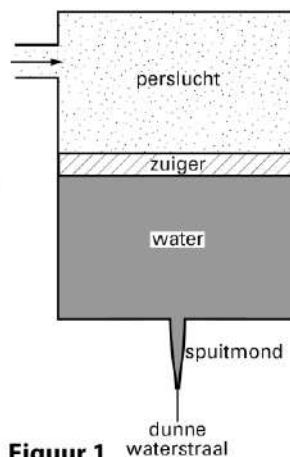
- 5p **1** Bereken hoeveel tijd nodig is om het water tot de ingestelde temperatuur te verwarmen.

Na het wassen wordt het water uit de machine gepompt. Daarbij wordt het water in 90 s door een slang gepompt. De slang heeft een doorsnede waarvan het oppervlak 2,5 cm<sup>2</sup> is. Neem aan dat 1,0 liter water in het wasgoed achterblijft.

- 3p **2** Bereken de gemiddelde snelheid waarmee het water door de slang stroomt.

## Snijden met water

Als water in een dunne straal een grote snelheid heeft, kan men er hard materiaal mee snijden. Voordelen van snijden met water zijn een grote nauwkeurigheid en gave snijranden. In een cilinder bevindt zich water onder een zuiger. Zie figuur 1. Door de druk van de perslucht op de zuiger spuit het water met een snelheid van 850 m s<sup>-1</sup> uit de opening van de spuitmond. Het waterverbruik is 27 ml per seconde. Gebruik  $\rho_{\text{water}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .



**Figuur 1** dunne waterstraal

- 4p **1** Bereken de diameter van de opening van de spuitmond.
- 3p **2** Bereken de kinetische energie van het water dat de opening per seconde verlaat.

## Thermometers

Als je met een thermometer de temperatuur meet, neemt de thermometer warmte op of staat hij warmte af tot de eindtemperatuur bereikt is. Een kwikthermometer is een glasthermometer waarbij het (vloeibare) metaal kwik als vulvloeistof wordt gebruikt (zie figuur 1).

Een bepaalde kwikthermometer bevat 4,8 g kwik. Voor de rest bestaat de thermometer uit 10,2 g gewoon glas met een soortelijke warmte van 800 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.



**Figuur 1**

- 4p **1** Bereken de hoeveelheid warmte die deze thermometer opneemt per graad temperatuurstijging.

De thermometer als geheel (dus glas + kwik) kan beschouwd worden als een voorwerp met een bepaalde warmtecapaciteit. Men kan de warmtecapaciteit van de thermometer met de volgende proef bepalen. De proef bestaat uit drie stappen.

*Stap 1.*

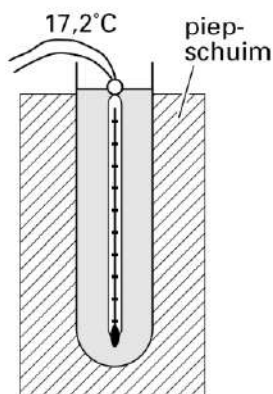
Een reageerbuis staat in een blok piepschuim. In de reageerbuis zit 18 g water. We meten de temperatuur van dat water. We lezen af  $17,2^{\circ}\text{C}$ . Zie figuur 2a.

*Stap 2.*

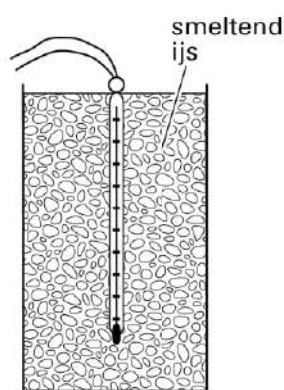
We koelen de thermometer af tot  $0^{\circ}\text{C}$  door hem in een bak smeltend ijs te zetten. Zie figuur 2b.

*Stap 3.*

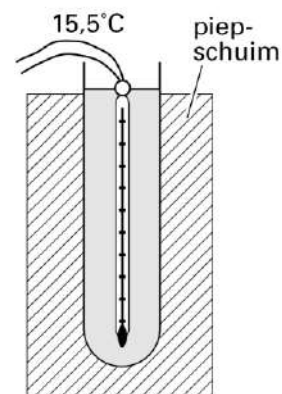
We plaatsen de afgekoelde thermometer snel terug in de reageerbuis met water. De temperatuur van de thermometer loopt weer op. Na enige tijd geeft de thermometer een constante temperatuur van  $15,5^{\circ}\text{C}$  aan. Zie figuur 2c. Je mag aannemen dat in deze laatste situatie de thermometer alleen warmte heeft opgenomen van het water. Eventuele afkoeling van de reageerbuis en het piepschuim mag dus verwaarloosd worden.



**Figuur 2a**



**Figuur 2b**



**Figuur 2c**

- 4p **2** Bereken de warmtecapaciteit van de thermometer die uit deze proef volgt.

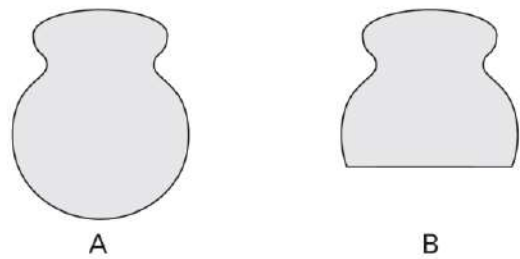
### Slijtage bovenleiding

Tegenwoordig is in Nederland 5200 km van het spoor geëlektrificeerd. De elektrische treinen die over dat spoor rijden, krijgen hun stroom via de zogenaamde bovenleiding. Deze bovenleiding bestaat uit twee koperen draden naast elkaar. Zie figuur 1.

**Figuur 1**



Tijdens het rijden schuurt de stroomafnemer die aan de trein vastzit langs de twee koperdraden. Daardoor slijten de draden af. In figuur 2 zijn de doorsneden van een nieuwe draad A en een afgesleten draad B getekend. De doorsnede van draad A heeft een oppervlakte van  $98,8 \text{ mm}^2$  en die van draad B  $78,7 \text{ mm}^2$ .



**Figuur 2**

Stel dat de hele bovenleiding van Nederland bestaat uit twee parallelle draden van het type A en na verloop van tijd (ongeveer 25 jaar) is afgesleten tot draden van het type B.

- 4p **1** Bereken de massa van het koper dat op deze manier van de bovenleiding is afgesleten.

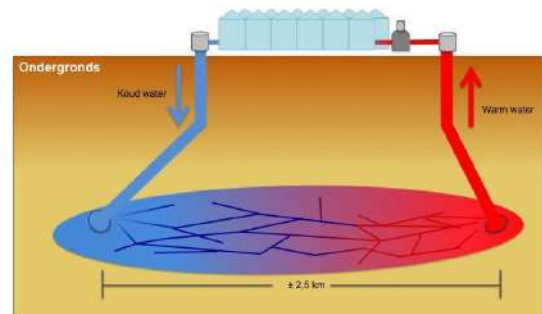
Als de draden van de bovenleiding te dun worden, kunnen ze breken. Om de draden te controleren hebben de Nederlandse Spoorwegen een speciale trein met een lasermeetstelsel in gebruik. Zie weer figuur 1. De laser zendt elke seconde een in te stellen aantal lichtflitsen uit. Bij elke flits wordt een meting verricht. De frequentie van de lichtflitsen wordt zo ingesteld dat om de 1,2 cm een meting verricht wordt. Om het overige treinverkeer niet te hinderen rijdt deze trein met een snelheid van 90 km/h.

- 3p **2** Bereken het aantal lichtflitsen per seconde waarop het lasermeetstelsel dan moet worden ingesteld.

## Aardwarmte

Er is studie verricht naar de bruikbaarheid van aardwarmte voor het verwarmen van kassen in het Westland. Zie figuur 1. Op een diepte van 2,3 km bevindt zich daar water met een temperatuur van  $89^\circ\text{C}$ . De temperatuur aan het aardoppervlak is in het Westland gemiddeld  $8,1^\circ\text{C}$ .

**Figuur 1**



- 2p **1** Bereken de gemiddelde temperatuurstijging per meter diepte in het Westland.

Door het warme water op te pompen en af te koelen komt warmte vrij.

- 2p **2** Bereken hoeveel warmte vrijkomt als  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$  water afkoelt van  $89^\circ\text{C}$  tot  $8,1^\circ\text{C}$ .

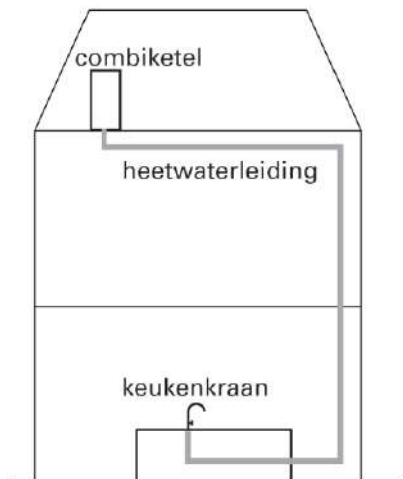
Er is echter ook energie nodig om het water omhoog te pompen.

- 2p **3** Bereken de energie die minimaal nodig is om  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$  water 2,3 km omhoog te pompen.

### Thermofort (aangepast)

Veel huishoudens gebruiken in de keuken heet water uit een combiketel die op zolder staat. Zie figuur 1. Voordat het hete water uit de combiketel de keukenkraan bereikt, moet eerst het koude water wegstromen dat zich nog in de leiding bevindt. Gegevens van een bepaald huis:

- de binnendiameter van de heetwaterleiding is 12,0 mm;
- de lengte van de leiding tussen de combiketel en de keukenkraan is 11 m;
- per dag laat men gemiddeld twintig keer het koude water uit de leiding wegstromen in afwachting van warm water.



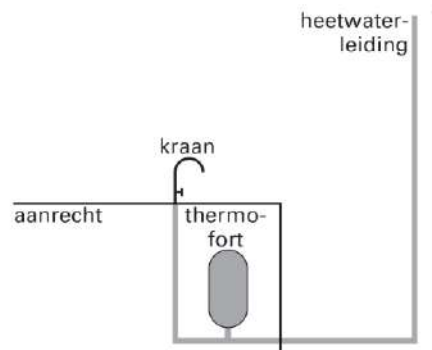
Figuur 1

- 3p **1** Bereken het volume van het water dat in dit huis per jaar wegstroomt doordat men op heet water wacht.

Om iets aan deze verspilling van water te doen, is de zogenoemde thermofort bedacht. Zie figuur 2 en onderstaand artikel.

De thermofort is een soort thermosfles die onder het aanrecht op de heetwaterleiding is aangesloten. In de thermofort wordt heet water opgevangen. Als de bewoner opnieuw de heetwaterkraan opent, stroomt de thermofort leeg. Daarbij mengt het hete water (79 °C) uit de thermofort zich met het eerst nog koude water (17 °C) uit de leiding, zodat er direct handwarm water beschikbaar is.

naar: *Intermediair*, februari 2000



Figuur 2

Ondanks de goede isolatie koelt het water in de thermofort toch langzaam af. Om het warmteverlies tegen te gaan, is in de thermofort een verwarmingselement met een vermogen van 2,0 watt gemonteerd. Het verwarmingselement is dag en nacht ingeschakeld. Zonder verwarmingselement zou de temperatuur ongeveer 1 graad Celsius per uur dalen. Neem aan dat zich steeds 1,5 liter water in de thermofort bevindt. Gebruik  $\rho_{\text{water}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

- 4p **2** Toon aan dat het vermogen van het verwarmingselement voldoende is om het warmteverlies door afkoeling te compenseren.

De thermofort staat zo ingesteld dat 1,5 liter water uit de thermofort wordt gemengd met 2,0 liter water uit de leiding.

- 4p **3** Bereken de temperatuur van het water dat uit de kraan stroomt.

## Vleermuis in winterslaap

In koude streken houden vleermuizen een winterslaap. Bij een omgevingstemperatuur van  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  laten ze hun lichaamstemperatuur van  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalen tot enkele tienden graden Celsius boven de buitentemperatuur. De hoeveelheid vet die ze dan per dag verbranden is daardoor veel kleiner dan de hoeveelheid vet die ze bij een lichaamstemperatuur van  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  zouden verbranden.

Hieronder staat een zin waarin op drie plekken woorden ontbreken. Voor iedere lege plek is een aantal alternatieven gegeven waaruit je een keuze moet maken.



Figuur 1

Tijdens de winterslaap is 1 het lichaam van de vleermuis en de omgeving kleiner dan tijdens het waken. Daardoor is 2 per seconde wordt afgestaan aan de omgeving 3 en hoeft de vleermuis minder vet te verbranden.

### Alternatieven voor plek 1:

- a de temperatuur tussen
- b het temperatuurverschil tussen
- c de temperatuurtoename van
- d de temperatuurafname van

### Alternatieven voor plek 2:

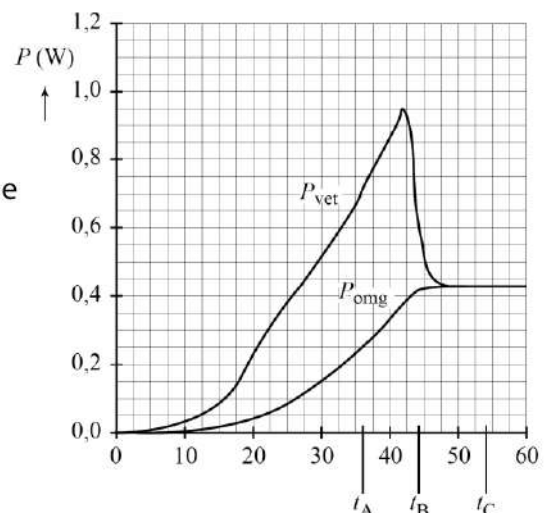
- a de warmte die
- b het warmteverschil dat
- c de temperatuur die

### Alternatieven voor plek 3:

- a kleiner
- b groter
- c gelijk

3p **1** Maak de zin kloppend door voor iedere lege plek het juiste alternatief te kiezen.

Een vleermuis onderbreekt tien tot vijftienmaal per winterseizoen zijn winterslaap. Hij warmt daarbij in minder dan een uur op. In figuur 2 is de warmte die hierbij per seconde vrijkomt door vetverbranding ( $P_{\text{vet}}$ ) en de warmte die per seconde aan de omgeving wordt afgestaan ( $P_{\text{omg}}$ ) gegeven als functie van de tijd.



Figuur 2

- 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 |
|----------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| $t_A$    |                            |                           |                                   |
| $t_B$    |                            |                           |                                   |
| $t_C$    |                            |                           |                                   |

Bij het verbranden van 1,0 kg lichaamsvet komt  $4,0 \cdot 10^7$  J warmte vrij. De vleermuis gebruikt voor het opwarmen  $1,1 \cdot 10^3$  J.

- 3p **3** Bereken hoeveel milligram vet de vleermuis daarbij verbrandt.

De massa van de vleermuis is 6,6 g. De gemiddelde soortelijke warmte van de vleermuis is  $3,0 \cdot 10^3$  J / kg K. Tijdens het opwarmen van 5 °C naar 37 °C wordt een deel van de warmte aan de omgeving afgestaan.

- 3p **4** Bereken hoeveel warmte aan de omgeving wordt afgestaan.

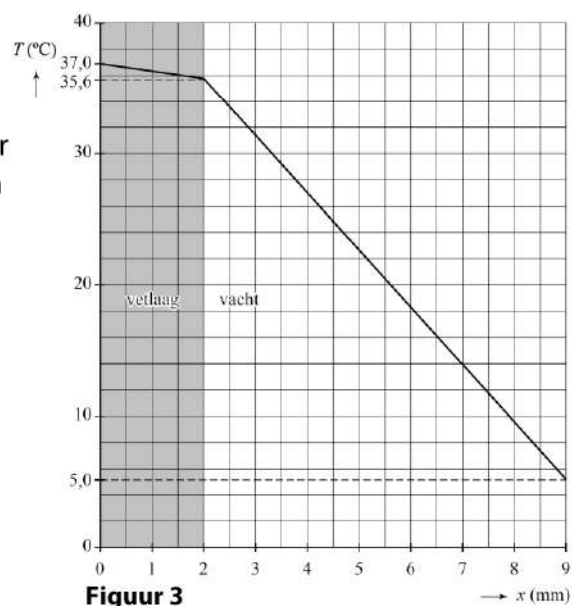
De dikte van de vacht van de vleermuis ( $d_{\text{vacht}}$ ) is 7,0 mm. De dikte van de onderhuidse vetlaag ( $d_{\text{vet}}$ ) is 2,0 mm. De vetlaag en de vacht zorgen samen voor de isolatie van het lichaam. In figuur 3 staat het temperatuurverloop in de vetlaag en in de vacht.

Voor de warmtestroom per  $\text{m}^2$  door een laag materiaal geldt:

$$q = \frac{P}{A} = k \frac{\Delta T}{d}$$

Hierin is:

- $q$  de warmtestroom per  $\text{m}^2$  in  $\text{W m}^{-2}$ ;
- $k$  de warmtegeleidingcoëfficiënt in  $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ;
- $\Delta T$  het temperatuurverschil over de laag in K;
- $d$  de dikte van de laag in m.



**Figuur 3**

- 3p **5** Toon met behulp van figuur 3 aan dat  $\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = 6,2$ .

Veronderstel dat de vacht vervangen werd door een extra vetlaag die even goed isoleert als de vacht.

- 2p **6** Bereken hoe dik deze extra vetlaag dan zou moeten zijn.

## Kelly Kettle

Tijdens kamperen wordt er vaak water verwarmd om te koken. In een oude folder van een fabrikant van campingspullen staat daarover: "Om 1,5 liter water met een temperatuur van 20 °C aan de kook te brengen is er  $12 \cdot 10^4$  calorie aan energie nodig."

- 4p **1** Laat zien dat dit klopt.

Fermi leest in een tijdschrift voor de kampeerder een advertentie over 'The Kelly Kettle'. Zie figuur 1. De Kelly Kettle heeft geen elektriciteit, gas of benzine nodig om water te koken: droog gras is voldoende. Bij het verbranden van 1,0 kg droog gras komt 14,7 MJ energie vrij.



**Figuur 1**

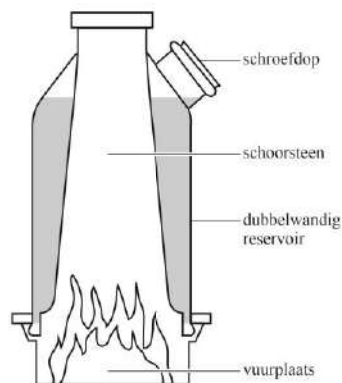
- 3p **2** Bereken hoeveel gram droog gras er (minimaal) nodig is om met de Kelly Kettle 1,5 liter water van 20 °C aan de kook te brengen.

De Kelly Kettle is een dubbelwandige schoorsteen boven een vuurtje van droog gras. In de dubbele wand kan water worden gegoten. In figuur 2 is een dwarsdoorsnede van een met water gevulde Kelly Kettle getekend. In figuur 3 is een ander type campingbrander te zien, de 'Bushcooker', die ook op droog gras brandt. De pan met water staat hierbij bovenop het vuur. In beide types kan 1,5 liter water aan de kook worden gebracht. Beide types zijn van roestvrijstaal gemaakt.

Voor de warmteoverdracht  $P$

$$\text{geldt: } P = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

- 2p **3** Leg met behulp van bovenstaande formule uit waarom het water in de Kelly Kettle eerder kookt dan het water in de Bushcooker.



**Figuur 2**



**Figuur 3**

Op de school van Fermi wordt een dompelaar (verwarmingselement) gebruikt met een elektrisch vermogen van 300 W om water te verwarmen.

- 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.