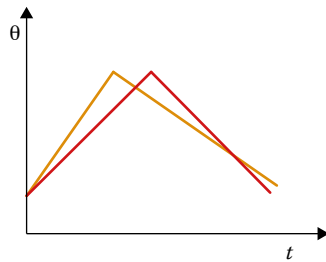


c Opwarming trager, afkoeling sneller



$$18 \quad a \quad t_{\text{gas}} = \frac{Q}{p_{\text{nuttig}}} = \frac{1,0 \cdot 10^6 \text{ J}}{0,5 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \text{ J/s}} = 0,57 \cdot 10^3 \text{ s} = 9,5 \text{ min}$$

$$t_{\text{vitro}} = \frac{Q}{p_{\text{nuttig}}} = \frac{1,0 \cdot 10^6 \text{ J}}{0,6 \cdot 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/s}} = 0,76 \cdot 10^3 \text{ s} = 13 \text{ min}$$

$$t_{\text{inductie}} = \frac{Q}{p_{\text{nuttig}}} = \frac{1,0 \cdot 10^6 \text{ J}}{0,9 \cdot 4,6 \cdot 10^3 \text{ J/s}} = 0,24 \cdot 10^3 \text{ s} = 4,0 \text{ min}$$

b Er wordt veel warmte afgegeven aan de omgeving, omdat er geen direct contact is met de warmtebron.

c De kookplaat zelf warmt op en blijft lang na het koken warm (= verloren warmte).

$$19 \quad a \quad \Delta t = 2 \text{ u } 15 \text{ min} = 135 \text{ min} = 8100 \text{ s}$$

$$Q = p_{\text{onnuttig}} \cdot \Delta t = 0,10 \cdot 75 \text{ J/s} \cdot 8100 \text{ s} = 6,1 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$b \quad V = \frac{Q_{\text{tot}}}{Q_{\text{m}^3}} = \frac{6,1 \cdot 10^4 \text{ J}}{800 \text{ J}} = 76 \text{ m}^3 \text{ (= kamer van } 30 \text{ m}^2 \text{ en } 2,5 \text{ m hoog)}$$

Thema 8

- 1
 - a Fout: ..., hoe moeilijker de stof opwarmt.
 - b Juist.
 - c Fout: de warmtecapaciteit is per massa uitgedrukt, en niet per volume. Het wordt dus: Om 1 kg olie 1 °C op te warmen ...
 - d Juist.
 - e Fout: 1 kg zal 2 °C stijgen, 2 kg zal 1 °C stijgen.
 - f Fout: ... die wordt afgegeven door het voorwerp als de temperatuur 1 °C daalt; of ... die wordt opgenomen door het voorwerp als de temperatuur 1 °C stijgt.
- 2
 - a $\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{stof}}}$ dus met kleine c_{lucht} zal de luchttemperatuur in een lege diepvries veel stijgen.
 - b $Q_{\text{water}} = m \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta$ en grote c_{water} dus Q beperken door kleine massa.
 - c $Q = Q_{\text{pot}} + Q_{\text{water}}$ en hoe groter de pot hoe groter Q_{pot} .
 - d Elk voorwerp neemt warmte op, de hoeveelheid neemt toe met de massa.
 - e Om te dooien moet er warmte onttrokken worden aan de koelkast, ze koelt af zonder elektrisch energieverbruik.
- 3 De temperatuurstijging ($\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{zand}}}$) zal er groot zijn want:
 - de warmtetoevoer is groot door de vele uren zonneschijn;
 - het zand heeft een heel lage warmtecapaciteit door de korrelige structuur.
- 4 Antwoord c is correct: je kan hier geen uitspraak over doen. Er is niets gegeven over de hoeveelheid vloeistof.

- 5 a blokje 1 en 2
b blokje 2 en 3
c blokje 1 en 3
d blokje 1 en 3
e blokje 1 en 3
- 6 a $\theta_{\text{eind,paraffine}} < \theta_{\text{eind,aluminium}} < \theta_{\text{eind,staal}} < \theta_{\text{eind,lood}}$
Hoe groter de soortelijke warmtecapaciteit, hoe lager de eindtemperatuur, want:
$$|\Delta\theta| = \frac{|Q|}{m \cdot c_{\text{stof}}} \text{ met } Q \text{ en } m \text{ is constant.}$$

b Nee, om de rangschikking te kunnen bepalen, moet eerst de massa van de blokjes berekend worden
(via de massadichtheid), want:
$$\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{stof}}} = \frac{Q}{V_{\text{stof}} \cdot \rho_{\text{stof}} \cdot c_{\text{stof}}}.$$
- 7
$$c_{\text{kurk}} = \frac{C_{\text{vwp}}}{m_{\text{vwp}}} \frac{130 \text{ J/}^\circ\text{C}}{0,0750 \text{ kg}} = 1,73 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$
- 8 a
$$C_{\text{tot}} = C_{\text{glas}} + c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} = 172 \text{ J/}^\circ\text{C} + 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,210 \text{ kg} = 1,05 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$$

b
$$m_{\text{glas}} = \frac{C_{\text{glas}}}{c_{\text{glas}}} \frac{172 \text{ J/}^\circ\text{C}}{837 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 205 \text{ g}$$
- 9
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2,50 \text{ kg} \cdot 2090 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 5,0 ^\circ\text{C} = 26 \text{ kJ}$$
- 10
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 0,010 \text{ kg} \cdot 2430 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 15 ^\circ\text{C} = 3,6 \cdot 10^2 \text{ J}$$
- 11
$$\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{2,81 \cdot 10^3 \text{ J}}{0,167 \text{ kg} \cdot 800 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 21,0 ^\circ\text{C}$$
- 12
$$m_{\text{glas}} = m_{\text{tot}} - m_{\text{alcohol}} = 46,5 \text{ g}$$

$$Q = C_{\text{tot}} \cdot |\Delta\theta| = (c_{\text{glas}} \cdot m_{\text{glas}} + c_{\text{alcohol}} \cdot m_{\text{alcohol}}) \cdot |\Delta\theta|$$

$$= (837 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,0465 \text{ kg} + 2430 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,0153 \text{ kg}) \cdot (22 + 3) ^\circ\text{C} = 1,9 \text{ kJ}$$
- 13
$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} = \frac{156 \text{ J}}{0,034 \text{ kg} \cdot 10 ^\circ\text{C}} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}, \text{ roestvrij staal (kan ook nikkel zijn, maar dit wordt zelden gebruikt)}$$
- 14 a
$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{8,1 \cdot 10^5 \text{ J}}{8,0 \cdot 10^3 \text{ J/s}} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ s} = 1 \text{ min } 40 \text{ s}$$

met
$$Q = Q_{\text{pot}} + Q_{\text{water}}$$

$$Q_{\text{pot}} = m_{\text{pot}} \cdot c_{\text{pot}} \cdot \Delta\theta = 0,560 \text{ kg} \cdot 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100 - 18) ^\circ\text{C} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\text{water}} = m_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta = 2,3 \text{ kg} \cdot 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100 - 18) ^\circ\text{C} = 7,9 \cdot 10^5 \text{ J}$$

b
$$\frac{Q_{\text{pot}}}{Q_{\text{tot}}} = \frac{2,1 \cdot 10^4 \text{ J}}{8,1 \cdot 10^5 \text{ J}} = 0,026 = 2,6 \text{ \%: de pot heeft minder massa (ca. 4 keer kleiner) en een veel kleinere specifieke warmtecapaciteit (ca. 10 keer kleiner).}$$

- 15 Hoeveelheid warmte om water binnen het pak op te warmen tot lichaamstemperatuur:

$$Q = m \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta = 0,80 \text{ kg} \cdot 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (36,5 - 14,3) ^\circ\text{C} = 74 \text{ kJ}$$

Aantal repen (n) nodig om deze warmte te leveren:

$$n = \frac{Q}{E_{\text{nuttig}}} = \frac{74 \text{ J}}{803 \text{ kJ} \cdot 0,2} = 0,46. \text{ Hij moet een halve reep chocolade extra eten.}$$

- 16 a $Q = m \cdot c_{\text{lucht}} \cdot \Delta\theta$

$$= (\rho_{\text{lucht}} \cdot V_{\text{woonkamer}}) \cdot c_{\text{lucht}} \cdot \Delta\theta$$

$$= (1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 37,0 \text{ m}^2 \cdot 2,30 \text{ m}) \cdot 1010 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (20,0 - 15,0) ^\circ\text{C}$$

$$= 552 \text{ kJ} = 5,54 \cdot 10^5 \text{ J}$$

b Hoger, want:

- de voorwerpen in de kamer warmen moeilijker op (hebben een grotere soortelijke warmtecapaciteit)
- er wordt ook warmte afgegeven aan omliggende ruimtes en naar buiten. Hoe beter de ruimte geïsoleerd is, hoe beperkter.

- 17 $C_{\text{tot}} = c_{\text{messing}} \cdot m_{\text{messing}} + c_{\text{zilver}} \cdot m_{\text{zilver}}$

$$= 380 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,736 \text{ kg} + 235 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,238 \text{ kg} = 336 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta = \frac{Q}{C} = \frac{7,38 \cdot 10^3 \text{ J}}{336 \text{ J/}^\circ\text{C}} = 22,0 ^\circ\text{C}$$

- 18 Antwoord c is correct: $2 \cdot \Delta\theta_1 = \Delta\theta_2$

- 19 $(C_{\text{boiler}} + 10,0 \cdot 4186) \cdot \Delta\theta = 470 \cdot 10^3 \text{ J}$

$$(C_{\text{boiler}} + 20,0 \cdot 4186) \cdot \Delta\theta = (C_{\text{boiler}} + 20,0 \cdot 4186) \cdot \frac{470 \cdot 10^3 \text{ J}}{(C_{\text{boiler}} + 10,0 \cdot 4186)} = 890 \cdot 10^3 \text{ J}$$

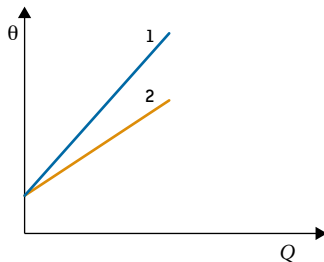
$$C_{\text{boiler}} = \frac{(20,0 \cdot 4186 \cdot 470 \cdot 10^3 - 10,0 \cdot 4186 \cdot 890 \cdot 10^3)}{(890 - 470) \cdot 10^3} = 4,98 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$$

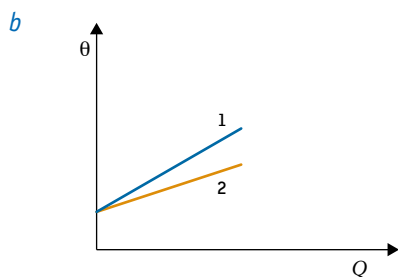
- 20 $Q = C_{\text{tot}} \cdot \Delta\theta = (C_{\text{trommel}} + c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}}) \cdot \Delta\theta$

$$= (950 \text{ J/}^\circ\text{C} + 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 5,00 \text{ kg}) \cdot 38,0 ^\circ\text{C} = 8,31 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{8,31 \cdot 10^5 \text{ J}}{308 \text{ s}} = 2,70 \text{ kW}$$

- 21 a





- 22 a kcal
 b $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$
 c Dit is dezelfde getalwaarde als de soortelijke warmtecapaciteit van water.
 d 1 (kilo)calorie is de energie die nodig is om 1 (kilo)gram water met 1°C te laten stijgen.
- 23 Antwoord C is correct.
- 24 Antwoord d is correct: Het blokje met de kleinste massa. De eindtemperatuur zal voor beide blokjes hetzelfde zijn, maar het blokje met de kleinste massa zal het meest van temperatuur veranderen.
- 25 Jonathan heeft gelijk. Aangezien de theepot zwaar is en uit porselein gemaakt is, zal hij een veel grotere warmtecapaciteit hebben dan de metalen theepot en zal hij dus veel minder opwarmen als er thee ingegoten wordt.
- 26 a $|\Delta\theta_{\text{water}}| = \frac{|Q|}{m \cdot c_{\text{stof}}} = \frac{750 \cdot 10^3 \text{ J}}{60 \text{ kg} \cdot 4,180 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}} = 3,0^\circ\text{C}$
 $\theta_{\text{water}} = 45^\circ\text{C} - 3,0^\circ\text{C} = 42^\circ\text{C}$
 b $c_{\text{bad}} \cdot |\Delta\theta_{\text{bad}}| = c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} \cdot |\Delta\theta_{\text{water}}|$
 $1,5 \cdot 10^4 \text{ J/}^\circ\text{C} \cdot (\theta_{\text{eind}} - 17^\circ\text{C}) = 4186 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot 60 \text{ kg} \cdot (42^\circ\text{C} - \theta_{\text{eind}})$
 $\theta_{\text{eind}} = \frac{1,1 \cdot 10^7 \text{ J} + 2,6 \cdot 10^5 \text{ J}}{2,5 \cdot 10^5 \text{ J/}^\circ\text{C} + 1,5 \cdot 10^4 \text{ J/}^\circ\text{C}} = 40,6^\circ\text{C} = 41^\circ\text{C}$
- 27 a $Q_{\text{koper}} = m_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta_{\text{water}}$
 $\Delta\theta_{\text{water}} = \frac{Q_{\text{koper}}}{m_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}}} = \frac{4,19 \text{ kJ}}{0,200 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 5,00^\circ\text{C}$
 b $Q_{\text{koper}} = m_{\text{koper}} \cdot c_{\text{koper}} \cdot |\Delta\theta_{\text{koper}}|$
 $m_{\text{koper}} = \frac{Q_{\text{koper}}}{|\Delta\theta_{\text{koper}}| \cdot c_{\text{water}}} = \frac{4,19 \text{ kJ}}{80,0 \text{ kg} \cdot 387 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 135 \text{ g}$
- 28 $(c_{\text{thermos}} + 0,100 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 6,0^\circ\text{C} = 0,200 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 4,0^\circ\text{C}$
 $c_{\text{thermos}} = \frac{(0,200 \text{ kg} \cdot 4,0^\circ\text{C} - 0,100 \text{ kg} \cdot 6,0^\circ\text{C}) \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}}{6,0^\circ\text{C}} = 140 \text{ J/}^\circ\text{C}$
- 29 $(180 \text{ J/}^\circ\text{C} + 0,190 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (72,0^\circ\text{C} - \theta_{\text{eind}})$
 $= (0,037 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (\theta_{\text{eind}} - 6,0^\circ\text{C})$
 $\theta_{\text{eind}} = \frac{0,037 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 6,0^\circ\text{C} + (180 \text{ J/}^\circ\text{C} + 0,190 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 72,0^\circ\text{C}}{0,037 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} + 180 \text{ J/}^\circ\text{C} + 0,190 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
 $= \frac{71,2 \text{ kJ}}{1,13 \text{ kJ/}^\circ\text{C}} = 63,0^\circ\text{C}$

$$30 \quad Q_{bad+water} = c_{tot} \cdot \Delta\theta = (c_{ijzer} \cdot m_{ijzer} + c_{water} \cdot m_{water}) \cdot \Delta\theta$$

$$= (450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 56,9 \text{ kg} + 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 103,5 \text{ kg}) \cdot (35,1 - 31,7)^\circ\text{C} = 1,56 \text{ MJ}$$

$$Q_{af} = Q_{bad+water} + Q_{omg}$$

$$Q_{omg} = Q_{af} - Q_{bad+water} = 19,5 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (58,3 - 35,1)^\circ\text{C} - 1,56 \text{ MJ} = 0,334 \text{ MJ}$$

$$31 \quad m_{ijzer} \cdot c_{ijzer} \cdot |\Delta\theta_{ijzer}| = m_{water} \cdot c_{water} \cdot |\Delta\theta_{water}|$$

$$0,950 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (1100^\circ\text{C} - \theta_{eind}) = (10 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (\theta_{eind} - 18,0^\circ\text{C})$$

$$\theta_{eind} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 18,0^\circ\text{C} + 0,950 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1100,0^\circ\text{C}}{10 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} + 0,950 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$= \frac{1,2 \text{ MJ}}{0,042 \text{ MJ/}^\circ\text{C}} = 29^\circ\text{C}$$

$$= \Delta\theta_{water} = (29 - 18,0)^\circ\text{C} = 11^\circ\text{C}$$

Thema 9

- 1
 - a Het water in de putten koelt traag af. Zowel het water, als de lucht erboven zijn warmer dan 0°C , waardoor de sneeuw dooit.
 - b Glas is geen zuivere stof, maar een mengsel. Elke component heeft een eigen smelttemperatuur (dit wordt 'oneigenlijke smelting' genoemd).
 - c Water sijpelt in kleine barstjes en zet uit bij bevrozing. Na de dooi zijn de barsten groter geworden en ontstaan er putten.
 - d Ijs heeft een grote smeltwarmte, waardoor het traag smelt.
- 2 Bram heeft gelijk. De jas doet dienst als isolator. Het energietransport tussen de sneeuwman en de omgeving neemt af. De sneeuwman met jas zal dus minder snel smelten.
- 3 Per kg goud op smelttemperatuur moet je $63,7 \cdot 10^3 \text{ J}$ warmte toevoegen om het volledig te laten smelten.
- 4 Neen, want eiwit stolt bij warmteopname en het is niet omkeerbaar, omdat de aard van de stof verandert (chemisch proces).
- 5
 - a $\theta_{s,1} > \theta_{s,2} > \theta_{s,3}$
 - b $l_{s,2} > l_{s,3} > l_{s,1}$
 - c $c_{vl,1} > c_{vl,3} > c_{vl,2}$
 - d $c_{v,1} > c_{v,2} > c_{v,3}$
- 6 $\frac{Q_{Cu}}{Q_{Au}} = \frac{l_{s,Cu} \cdot m}{l_{s,Au} \cdot m} = \frac{207 \text{ kJ/kg}}{64 \text{ kJ/kg}} = 3,2$
- 7
 - a $Q_{st} = l_s \cdot m \Rightarrow l_s = \frac{Q_{st}}{m} = \frac{31,5 \text{ kJ}}{0,250 \text{ kg}} = 126 \text{ kJ/kg}$
 - b Dit is een fysisch proces, want door het op te warmen is het omkeerbaar, de samenstelling van de stof verandert niet.
- 8 $m = \rho \cdot V = 0,89 \text{ g/cm}^3 \cdot 4,3 \text{ cm}^3 = 3,8 \text{ g}$
 $Q_s = l_s \cdot m = 180 \text{ kJ/kg} \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 0,68 \text{ kJ} = 6,8 \cdot 10^2 \text{ J}$
- 9
 - a $Q_{Au} = c_{Au} \cdot m \cdot \Delta\theta + l_{s,Au} \cdot m$
 $= 129 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,0500 \text{ kg} \cdot (1063 - 20,0)^\circ\text{C} + 63,7 \text{ kJ/kg} \cdot 0,0500 \text{ kg}$
 $= 6,73 \text{ kJ} + 3,19 \text{ kJ} = 9,92 \text{ kJ}$