
Opgaven 2.1 – Het perpetuum mobile

- 1** *Kircher 1643*
 Een magneet wijst met zijn noordpool naar binnen.
 Door inductie zal de overzijde van het rad ook een magnetische noordpool worden.
 Deze noordpool zal weggeduwd worden door de noordpool van de magneet aan de overzijde, waardoor het rad rechtsom gaat draaien.
 Dat geldt voor elk van de vier magneten.
 Echter, een staaf dicht bij een magneet zal door inductie ook een magnetische zuidpool worden en aangetrokken worden. Het netto effect zal nul zijn.
Congreve 1827
 Boven water houden sponzen en ketting links en rechts elkaar in evenwicht. -
 Onder water zijn de sponzen links zwaarder dan de onder water uitgeknepen sponzen rechts. Je zou verwachten dat het geheel linksom gaat draaien.
 Echter, links en rechts is de door een spons verplaatste hoeveelheid water even groot. Alleen het materiaal van de spons speelt daarin mee. Het opgezogen water zelf 'drijft' in het omringende water.
 Aan beide kanten is een even grote omhoog gerichte opwaartse kracht (Archimedes). De netto kracht op de ketting is nul.
 Als links een spons boven water toch wat water van onder opzuigt, dan zal dat gewicht niet voldoende zijn om de wrijving door de uitgeknepen sponzen te overwinnen.
-
- 2 a** **Neen** -
 De verdwenen warmte kan gebruikt terug komen als zwaarte-energie van het steentje.
-
- b** **Neen** -
 Maar de kans dat de chaotische warmtebeweging van alle moleculen op enig moment een gerichte beweging omhoog wordt, is buitengewoon klein.
-
- 3 a** H1: **Je kunt met arbeid geen energie bijmaken.** -
-
- b** H2: **Je hebt altijd meer energie nodig dan je kunt omzetten in arbeid.** -
-
- 4 a** $Q \rightarrow W$ dan $\eta < 100\%$ <
 Voorbeeld: een verbrandingsmotor brengt een auto in beweging. De uitlaatgassen hebben nog een hoge temperatuur.
-
- b** $W \rightarrow Q$ dan $\eta \leq 100\%$ ≤
 Voorbeeld: de arbeid die de motor verricht wordt bij het optrekken deels omgezet in bewegingsenergie, deels in warmte. Als de snelheid constant is, wordt de arbeid die nodig is om de snelheid te handhaven geheel omgezet in warmte.
 Ook als de auto ten slotte stilstaat is alle arbeid omgezet in warmte.
-
- 5 a**
$$\left. \begin{aligned} E_{\text{nuttig}} = E_z = m \cdot g \cdot h = 80 \cdot 9,81 \cdot 30 = 23,5 \cdot 10^3 \text{ J} \\ E_{\text{in}} = E_{\text{el}} = P_{\text{el}} \cdot t = 2 \cdot 10^3 \cdot 15 = 30 \cdot 10^3 \text{ J} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$
 78%

$$\Rightarrow \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{23,5 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3} = 0,784 \dots = 0,78 = 78\%$$
-
- b**
$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{8 \cdot 10^7}{1 \cdot 10^8} = 0,8 = 80\%$$
 80%
-
- 6 a** **De helft van de toegevoerde elektrische energie wordt omgezet in lichtstraling.** -
-
- b** **Bij inspanning stijgt je lichaamstemperatuur (en ga je transpireren).** -
-
- 7** **Delen** -
 Je moet meer dan 5,0 kJ per seconde halen uit de brandstof, want er is altijd energieverlies als je elektrisch vermogen opwekt met een generator.
 Als je deelt door een getal < 1 is uitkomst van de breuk kleiner dan de teller.

$$\Rightarrow \frac{5,0 \cdot 10^3}{0,18} = 27,7 \dots \cdot 10^3 = 28 \cdot 10^3 \text{ W}$$
-

-
- 8 a** $m = \rho \cdot V = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 1,00 = 998 \text{ kg}$
 $\Delta E_z = m \cdot g \cdot \Delta h = 998 \cdot 9,81 \cdot 3000 = 29,37 \dots \cdot 10^6 = 29,4 \cdot 10^6 \text{ J}$ 29 MJ
 Maar de dichtheid in Binas geldt bij 20 °C. Bij 100 °C zal de dichtheid wat kleiner zijn.
 Daarom afronden op 29 MJ.
-
- b** $E_{\text{nuttig}} = Q = 3,4 \cdot 10^8 \text{ J}$
 $\eta \cdot E_{\text{in}} = \Delta E_z \Rightarrow E_{\text{in}} \approx \frac{\Delta E_z}{\eta} = \frac{29 \cdot 10^6}{0,85} = 34,1 \dots \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow$ 1,0 \cdot 10^3 \%
 $\Rightarrow \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \approx \frac{3,4 \cdot 10^8}{34,1 \dots \cdot 10^6} = 9,97 \dots = 10 = 1,0 \cdot 10^3 \%$
-
- 9 a** $P_{\text{verlies}} = \frac{Q}{t} = \frac{800}{10} = 80 \text{ W}$
 $P_{\text{nuttig}} = P_{\text{in}} - P_{\text{verlies}} = 400 - 80 = 320 \text{ W}$ 80%
 $\Rightarrow \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} = \frac{320}{400} = 0,80 = 80\%$
-
- b** Van elke 100 J brandstof zet de centrale 40 J om in elektrische energie.
 Bij het transport gaat hiervan 10% 'verloren': er blijft $0,90 \cdot 40 = 36 \text{ J}$ over.
 De klok gebruikt hiervan 90% nuttig = $0,90 \cdot 36 = 32,4 \text{ J}$. 32%
 Of $\eta_{\text{totaal}} = \eta_{\text{centrale}} \cdot (1 - \eta_{\text{transport}}) \cdot \eta_{\text{klok}} = 0,40 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 0,324 = 32\%$
-
- c** $P_{\text{in,dynamo}} = \frac{E_{\text{el}}}{\eta} = \frac{50 \cdot 10^6}{0,93} = 53,7 \dots \cdot 10^6 \text{ J/s}$
 $P_{\text{in,dynamo}} = \frac{E_{\text{reservoir}}}{t} \Rightarrow 53,7 \dots \cdot 10^6 = \frac{6,0 \cdot 10^{13}}{t}$ 3,1 \cdot 10^2 \text{ uur}
 $\Rightarrow t = \frac{6,0 \cdot 10^{13}}{53,7 \dots \cdot 10^6} = 1,11 \dots \cdot 10^6 \text{ s} = (\div 3600) 310 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ uur}$
 Dus bijna 13 dagen.
-

Opgaven 2.2 – Warmte

10	'De hete pan geeft zijn temperatuur warmte af aan het water.'	-
11	'Hoe warmer hoger de temperatuur¹⁾ van een stof, hoe groter de potentiële gemiddelde²⁾ kinetische³⁾ energie van de moleculen.'	-
12	De temperatuur op het contactpunt zal niet hoog worden. Koper is een zeer goede warmtegeleider. De warmte van de soldeerbout zal zich snel over de platen verspreiden. Het grote oppervlak zal de warmte gemakkelijk aan de omgeving afstaan.	-
13	De warmtegeleiding van de metalen ovenwanden is veel beter dan die van het brood. Bij het brood heb je alleen te maken met de warmte bij het contact onder je hand; bij de ovenwand stroomt voortdurend warmte van de rest van de oven naar je hand toe.	-
14	De warmte, die via de zakdoek doorgegeven wordt, verspreidt zich gemakkelijk over de munt. Bij het contactpunt zal de temperatuur niet voldoende stijgen om een gaatje te branden.	-
15	Hun gezamenlijke oppervlak dat warmte uitstraalt wordt zo kleiner. Ze koelen minder af. Waar hun lichamen tegen elkaar gedrukt zijn is er geen warmteverlies, want geen temperatuurverschil.	-
16	a $c_{\text{lood}} = 0,128 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Binas tabel 8 $c_{\text{messing}} = 0,38 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Binas tabel 9 $c_{\text{nylon}} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Binas tabel 10 $c_{\text{melk}} = 3,9 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Binas tabel 11	-
	b $Q_{x,\uparrow} = c_x \cdot m_x \cdot \Delta T_{x,\uparrow}$ $m_x = \rho_x \cdot V = \rho_x \cdot 1$ $\Delta T_{x,\uparrow} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $m_{\text{lood}} = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $Q_{\text{lood},\uparrow} = 0,128 \cdot 10^3 \cdot 11,3 \cdot 10^3 \cdot 10 = 14,4 \dots 10^6 = 14 \cdot 10^6 \text{ J}$ $m_{\text{messing}} = 8,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $Q_{\text{messing},\uparrow} = 0,38 \cdot 10^3 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 10 = 32,3 \dots 10^6 = 32 \cdot 10^6 \text{ J}$ $m_{\text{nylon}} = 1,14 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $Q_{\text{nylon},\uparrow} = 1,7 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 10^3 \cdot 10 = 19,3 \dots 10^6 = 19 \cdot 10^6 \text{ J}$ $m_{\text{melk}} = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $Q_{\text{melk},\uparrow} = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 1,03 \cdot 10^3 \cdot 10 = 40,1 \dots 10^6 = 40 \cdot 10^6 \text{ J}$	14 MJ 32 MJ 19 MJ 40 MJ
17	a $c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $c_{\text{lucht}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $C_{\text{lokaal}} = c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2 = C_{\text{mensen}} + C_{\text{lucht}}$ $C_{\text{mensen}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot (25 + 1) \cdot 60 = 6,52 \dots 10^6 \text{ J/kg}$ $C_{\text{lucht}} = 1,00 \cdot 10^3 \cdot (300 \cdot 1,2) = 3,60 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ $\Rightarrow C_{\text{lokaal}} = 6,52 \dots 10^6 + 3,60 \cdot 10^5 = 6,88 \dots 10^6 = 6,9 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$	6,9 MJ/kg

b	De mensen in het lokaal houden hun lichaamstemperatuur constant en geven elk 60 W vermogen af. De temperatuur van de omgeving stijgt.	3,9 °C
$Q_{\text{mensen},\downarrow} = Q_{\text{lucht},\uparrow}$		
$P_{\text{mensen}} \cdot t = C_{\text{lucht}} \cdot \Delta T$		
$\Rightarrow (26 \cdot 60 \text{ W}) \cdot (15 \cdot 60 \text{ s}) = 3,6 \cdot 10^5 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{1,40 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^5} = 3,9 \text{ °C}$		
18 a	$Q_{\text{ijzer},\downarrow} = Q_{\text{water},\uparrow}$ $c_{\text{ijzer}} \cdot m_{\text{ijzer}} \cdot \Delta T_{\text{ijzer},\downarrow} = c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} \cdot \Delta T_{\text{water},\uparrow}$ $0,46 \cdot 40 \cdot \Delta T_{\text{ijzer},\downarrow} = 4,18 \cdot 100 \cdot (27 - 15)$ $\Rightarrow \Delta T_{\text{ijzer},\downarrow} = \frac{5016}{18,4} = 272,6 \Rightarrow T_{\text{vlam}} = 27 + 272,6 = 299,6 = 300 \text{ °C}$	300 °C
b	Te laag. Het blokje ijzer is al iets afgekoeld, dus wat warmte kwijt, als het in het water gedompeld wordt. De temperatuurstijging van het water is niet zo hoog als hij zonder dat verlies had kunnen zijn.	-
19 a	$Q_{\text{el},\downarrow} = Q_{\text{water},\uparrow}$ $P_{\text{el}} \cdot t = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_{w,\uparrow}$ $500 \cdot 60 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot \Delta T_{w,\uparrow} \Rightarrow \Delta T_{w,\uparrow} = \frac{30 \cdot 10^3}{4,18 \cdot 10^3} = 7,17 \text{ °C}$ $\Rightarrow T = 16 + 7,17 = 23,17 = 23 \text{ °C}$	23 °C
b	$T = 100 \text{ °C} \Rightarrow \Delta T_{w,\uparrow} = 100 - 16 = 84 \text{ °C}$ In één minuut is de temperatuurstijging 7,17.. °C. Een stijging van 84 °C duurt	12 min
$\frac{84}{7,17} \cdot 1 = 11,7 = 12 \text{ min}$		
20 a	$\Delta T_{\text{water}} = 80 - T$ $Q_{\text{water},\downarrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,100 \cdot (80 - T)$ $\Rightarrow Q_{\text{water},\downarrow} = 33440 - 418 \cdot T$ $\Delta T_{\text{melk}} = T - 15$ $Q_{\text{melk},\uparrow} = c_m \cdot m_m \cdot \Delta T_m = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 0,100 \cdot (T - 15)$ $\Rightarrow Q_{\text{melk},\uparrow} = 390 \cdot T - 5850$ $Q_{\text{water},\downarrow} = Q_{\text{melk},\uparrow}$	49 °C
$\left. \begin{array}{l} 33440 - 418 \cdot T = 390 \cdot T - 5850 \\ \Rightarrow 808 \cdot T = 39290 \\ \Rightarrow T = 48,6 = 49 \text{ °C} \end{array} \right\}$		
b	Meng 0,95 dm ³ alcohol ($\rho = 0,80 \text{ kg/dm}^3$) en 0,05 dm ³ water ($\rho = 0,998 \text{ kg/dm}^3$) $m_{\text{alcohol}} = \rho_{\text{alcohol}} \cdot V_{\text{alcohol}} = 0,80 \cdot 0,95 = 0,76 \text{ kg}$ $m_{\text{water}} = \rho_{\text{water}} \cdot V_{\text{water}} = 0,998 \cdot 0,05 = 0,0499 \text{ kg}$ $\Rightarrow m_{\text{spiritus}} = 0,76 + 0,0499 = 0,8099 \text{ kg}$ De warmtecapaciteit van het mengsel is gelijk aan de som van de warmtecapaciteiten van de delen:	2,5 kJ/kg·K
$c_{\text{alcohol}} = 2,43 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		
$c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		
$c_{\text{spiritus}} \cdot m_{\text{spiritus}} = c_{\text{alcohol}} \cdot m_{\text{alcohol}} + c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}}$		
$c_{\text{spiritus}} \cdot 0,8099 = 2,43 \cdot 10^3 \cdot 0,76 + 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,0499 = 2055, \dots$		
$\Rightarrow c_{\text{spiritus}} = 2,53 \cdot 10^3 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		

21 a $Q_{\text{aluminium,}\downarrow} = Q_{\text{water,}\uparrow}$
 $c_{\text{alu}} \cdot m_{\text{alu}} \cdot \Delta T_{\text{alu}} = c_{\text{w}} \cdot m_{\text{w}} \cdot \Delta T_{\text{w}}$
 $c_{\text{alu}} = 0,88 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $c_{\text{water}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 27 °C
 $\Rightarrow 0,88 \cdot 60 \cdot (100 - T) = 4,18 \cdot 70 \cdot (T - 14)$
 $\Rightarrow 5280 - 52,8 \cdot T = 292,6 \cdot T - 4096,4 \Rightarrow T = \frac{9376,4}{345,4} = 27,1.. = 27 \text{ °C}$

b $Q_{\text{aluminium+water,}\downarrow} = Q_{\text{water,}\uparrow}$
 $(c_{\text{alu}} \cdot m_{\text{alu}} + c_{\text{w}} \cdot m_{\text{w}}) \cdot \Delta T_{\downarrow} = c_{\text{w}} \cdot m_{\text{w}} \cdot \Delta T_{\text{w,}\uparrow}$
 $(0,88 \cdot 60 + 4,18 \cdot 3) \cdot (95 - T) = 4,18 \cdot 70 \cdot (T - 14)$ 29 °C
 $\Rightarrow 6207,3 - 65,34 \cdot T = 292,6 \cdot T - 4096,4 \Rightarrow T = \frac{10303,7}{357,94} = 28,7.. = 29 \text{ °C}$

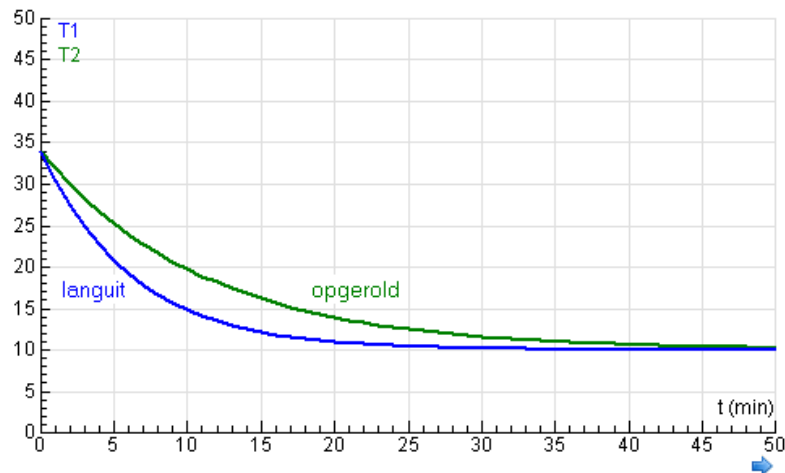
22 $E_z \rightarrow Q_{\text{water,}\uparrow}$
 $m_{\text{w}} \cdot g \cdot h = c_{\text{w}} \cdot m_{\text{w}} \cdot \Delta T_{\text{w,}\uparrow}$ 0,3 °C
 $\Rightarrow \Delta T_{\text{w,}\uparrow} = \frac{g \cdot h}{c_{\text{w}}} = \frac{9,81 \cdot 120}{4,18 \cdot 10^3} = 0,281.. = 0,281 \text{ °C}$

Op een gewone thermometer zou je 0,3 °C kunnen aflezen.

Opgaven hoofdstuk 2		
23	$E_z \rightarrow E_k \rightarrow E_v \rightarrow E_{el} + Q \rightarrow E_{straling} + Q$	-
24	$E_{opname} = 0,250 \cdot 4 + 0,150 \cdot 8 + 0,200 \cdot 1 = 2,4 \text{ MJ}$ $E_{verbruik} = P \cdot t$ $\Rightarrow 2,4 \cdot 10^6 = 60 \cdot t \Rightarrow t = 4 \cdot 10^4 \text{ s} = (\div 3600) 11,1.. = 11 \text{ uur}$	11 uur
25	a $E_{opname} = 29 \cdot 4 + 7 \cdot 4 + 54 \cdot 9 = 630 \text{ kcal} = (\times 4,18) 2633,.. = 2,6 \cdot 10^3 \text{ kJ}$	2,6 MJ
	b $E_{opname} = 9,1 \cdot 10^6 \text{ J} = (\div 3,6 \cdot 10^6) 2,52.. \text{ kWh}$ $E_{verbruik} = P_{open} \cdot t + P_{rust} \cdot (24 - t)$ N.B. E in kWh; t in uur $2,52.. = 0,200 \cdot t + 0,070 \cdot (24 - t) = 0,130 \cdot t + 1,68$ $\Rightarrow 0,130 \cdot t = 0,847.. \Rightarrow t = 6,52.. = 6,5 \text{ uur}$	6,5 uur
26	a Via de gevel: $500 \cdot (20 - 4) = 8000 \text{ kJ/h}$ Via de gangwand: $300 \cdot (20 - 16) = 1200 \text{ kJ/h}$ Samen: $9200 \text{ kJ/h} = 9,2 \cdot 10^3 \text{ kJ/h}$	9,2 MJ/h
	b Er is geen temperatuurverschil met de lokalen aan de andere kant van die wanden, dus is er daar geen warmteverlies.	-
	c $P_{verlies} = \frac{9,2 \cdot 10^6 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 2,55.. \cdot 10^3 \text{ W}$ $P_{leerlingen} = 25 \cdot 100 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ W}$ De temperatuur blijft constant als $P_{kachel} + P_{leerlingen} = P_{verlies}$ $P_{kachel} + 2,5 \cdot 10^3 = 2,55.. \cdot 10^3 \Rightarrow P_{kachel} = 0,0555.. \cdot 10^3 = 56 \text{ W}$	56 W
	d Hoger Door de ventilatie zal ook warmte uit het lokaal verdwijnen met de luchtstroom.	-
27	$P_{el} = \eta \cdot P_{str} = 0,10 \cdot 110(\text{W/m}^2) \cdot 100 \cdot 10^6(\text{m}^2) = 110 \cdot 10^7 \text{ W}$ $t = 1 \text{ jaar} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$ (Zie Binas tabel 4) $\Rightarrow E_{el} = P_{el} \cdot t = 110 \cdot 10^7 \cdot 3,15 \cdot 10^7 = 3,465 \cdot 10^{16} = 3,5 \cdot 10^{16} \text{ J}$ $\Rightarrow E_{el} = (\div 3,6 \cdot 10^6) 9,62.. \cdot 10^9 = 9,6 \cdot 10^9 \text{ kWh} = 9,6 \text{ TWh}$ (T = Tera = 10^{12} ; zie Binas tabel 2)	3,5 · 10 ¹⁶ J of 9,6 TWh
28	a Per meter $P = 40 \cdot d \cdot \Delta T = 40 \cdot 0,014 \cdot (55 - 10) = 25,2 \text{ W}$ Voor 6 m wordt dat $6 \cdot 25,2 = 151,.. = 1,5 \cdot 10^2 \text{ W}$	1,5 · 10 ² W
	b $d = 14 + 2 \cdot 20 = 54 \text{ mm}$ $P_{6m} = 6 \cdot 40 \cdot 0,054 \cdot (13 - 10) = 38,8.. = 39 \text{ W}$	39 W
	c $P_{besparing} = 151,.. - 38,8.. = 112,.. \text{ W}$ $t = 1 \text{ maand} \approx 30,5 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,63.. \cdot 10^6 \text{ s}$ $\Rightarrow E_{besparing} = P_{besparing} \cdot t = 112,.. \cdot 2,63.. \cdot 10^6 = 2,95.. \cdot 10^8 = 3,0 \cdot 10^8 \text{ J}$	3,0 · 10 ⁸ J
	d Binas tabel 28A: $32 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$	-
	e $E_{besparing} = \eta \cdot E_{in} \Rightarrow E_{in} = \frac{E_{besparing}}{\eta} = \frac{2,95.. \cdot 10^8}{0,75} = 3,94.. \cdot 10^8 \text{ J}$ ofwel $\frac{3,94.. \cdot 10^8}{32 \cdot 10^6} = 12,3.. = 12 \text{ m}^3 \text{ aardgas}$	12 m ³

29	a	De temperatuur is constant als $P_{\text{uit}} = P_{\text{in}}$, dus ook $P_{\text{uit}} = 5,0 \text{ kW}$	-
	b1	c is groot want ook bij een klein temperatuurverschil stroomt er veel warmte door de wand als het oppervlak groot is.	-
	b2	c is klein want ook bij groot temperatuurverschil stroomt er weinig warmte door de wand als die geïsoleerd is.	-
	c1	$P_{\text{uit,glas}} = c_{\text{glas}} \cdot \Delta T = 320 \cdot (25 - 15) = 3200 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ W}$	3,2 kW
	c2	Bij constante binnentemperatuur geldt $P_{\text{in}} = P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}}$ $5000 = 3200 + c_{\text{vloer}} \cdot (25 - 10) \Rightarrow 15 \cdot c_{\text{vloer}} = 1800 \Rightarrow c_{\text{vloer}} = 120 \text{ W/}^\circ\text{C}$	-
	d1	$P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}} = 320 \cdot (20 - 10) + 120 \cdot (20 - 10) = 4400 = 4,4 \text{ kW}$ $P_{\text{in}} = 2,0 \text{ kW} < P_{\text{uit}} = 4,4 \text{ kW} \rightarrow$ temperatuur daalt.	-
	d2	Bij constante binnentemperatuur geldt $P_{\text{in}} = P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}}$ $2000 = 320 \cdot (T - 10) + 120 \cdot (T - 10) = 440 \cdot T - 4400$ $\Rightarrow 440 \cdot T = 6400 \Rightarrow T = 14,5.. = 15 \text{ }^\circ\text{C}$	15 °C
30	a	In 1 s passeert een kolom lucht de wieken die 7,0 m lang is en een doorsnede heeft van 10 m^2 . Dus $V = 7,0 \cdot 10 = 70 \text{ m}^3$	70 m ³
	b	$m = \rho \cdot V = 1,293 \cdot 70 = 90,5.. \text{ kg}$ $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 90,5.. \cdot 7,0^2 = 2217,.. = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J}$	2,2 kJ
	c	In t s passeert een kolom lucht de wieken die $v \cdot t$ m lang is en een doorsnede heeft van $A \text{ m}^2$, $m = \rho \cdot V = \rho \cdot (A \cdot l) = \rho \cdot (A \cdot v \cdot t)$ $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot A \cdot v \cdot t) \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot t$ $\Rightarrow P = \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$	-
	d	$P_{\text{el}} = \eta \cdot P_{\text{wind}} = 0,20 \cdot 2217,.. = 443,.. \text{ W}$ $E_{\text{el}} = P_{\text{el}} \cdot t = 443,.. \cdot (12 \cdot 3600) = 1,91.. \cdot 10^7 = 1,9 \cdot 10^7 \text{ J}$	19 MJ
31	a	$V = \frac{m}{\rho} = \frac{70 \text{ kg}}{1 \text{ kg/dm}^3} = 70 \text{ dm}^3$	70 dm ³
	b	Een massa van 70 kg met een dichtheid van ongeveer 1 kg/m^3 heeft een volume van 70 dm^3 . Een zo grote cilinder met een lengte van 18 dm zou een eindoppervlak hebben van bijna 4 dm^2 , dus een diameter van ruim 2 dm. Een lichaam met al zijn uitsteeksels zal een wat groter oppervlak hebben dan zo'n gladde cilinder. Je zou daarom het huidoppervlak kunnen benaderen door dat van een cilinder met een diameter van 2,5 dm. Dan $A = A_{\text{wand}} + 2 \cdot A_{\text{eind}} = l \cdot \pi \cdot d + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$ $A = 18 \cdot \pi \cdot 2,5 + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{2,5}{2}\right)^2 = 141,.. + 9,8 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ dm}^2$	1,5 m ²
	c1	$V_{\text{bol}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \Rightarrow 70 = 4,18.. \cdot r^3 \Rightarrow r = \sqrt[3]{16,7..0} = 2,55.. = 2,6 \text{ dm}$ Maar je kunt je niet massief oprollen. Schatting: $r \approx 2,8 \text{ dm}$	2,8 dm
	c2	$A_{\text{bol}} = 4\pi \cdot r^2 = 4\pi \cdot 2,8^2 \approx 100 \text{ dm}^2$	100 dm ²

d

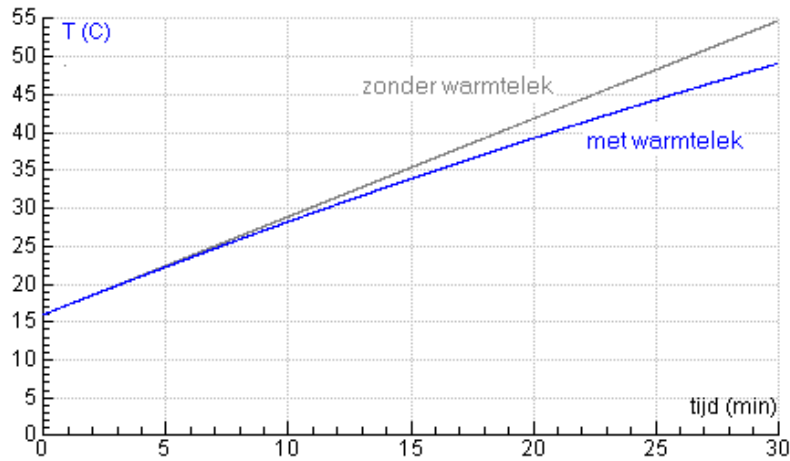


De werkelijkheid is ingewikkelder; zelfs spartelen en stilliggen hebben al invloed. Deze schets geldt voor een model waarin het menselijk lichaam wordt behandeld als een bolvormige en een langwerpige waterballon. Als begintemperatuur is 34 °C gekozen, de temperatuur van de huid.

32	a	$W = F \cdot s = 1,0 \cdot 10^8 \cdot 0,30 = 0,30 \cdot 10^8 \text{ J}$ $\eta = \frac{W}{E_{\text{in}}} = \frac{0,30 \cdot 10^8}{1,2 \cdot 10^8} = 0,25 = 25\%$	25 %
	b	$P = \frac{W}{t} = \frac{0,30 \cdot 10^8}{24 \cdot 3600} = 347, \dots = 3,5 \cdot 10^2 \text{ W}$	$3,5 \cdot 10^2 \text{ W}$
33	a1	$P = k \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow k = \frac{P}{A \cdot \Delta T}$ $[k] = \frac{[P]}{[A] \cdot [\Delta T]} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m} / \text{s}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \times \frac{1}{\text{s}}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}^3 \cdot \text{K}} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
	a2	$P = k \cdot A \cdot \Delta T = 6,0 \cdot 2,0 \cdot (20 - 5) = 180 \text{ W}$ klopt	-
	b1	$32 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$ Gronings aardgas. Zie Binas tabel 28A.	$32 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$
	b2	$E = P \cdot t = 180 \cdot (14 \cdot 24 \cdot 3600) = 2,17 \dots \cdot 10^8 \text{ J}$ $\frac{2,17 \dots \cdot 10^8}{32 \cdot 10^6} = 6,80 \dots = 6,8 \text{ m}^3$	$6,8 \text{ m}^3$
	b3	$\frac{6,80 \dots}{0,65} = 10,46 \dots = 10,5 \text{ m}^3$	$10,5 \text{ m}^3$
	c	stroming	-
	d	$A_{\text{spouwmuur}} = A_{\text{wand}} - A_{\text{ruit}} = 3,0 \cdot 6,0 - 2,0 = 16 \text{ m}^2$ $P = k \cdot A \cdot \Delta T = 1,8 \cdot 16 \cdot (20 - 5) = 432 \text{ W}$ Hiervan 85 % via straling: $0,85 \cdot 432 = 367, \dots = 3,7 \cdot 10^2 \text{ W}$	$3,7 \cdot 10^2 \text{ W}$
	e1	100 % Bij constante temperatuur is $Q_{\text{uit}} = Q_{\text{in}}$.	100 %
	e2	Met dubbelglas zal het warmteverlies via het raam gehalveerd zijn. De kachel hoeft de helft minder warmte te leveren om de temperatuur constant te houden.	-
34	a	Het smeltwater van ijs.	-

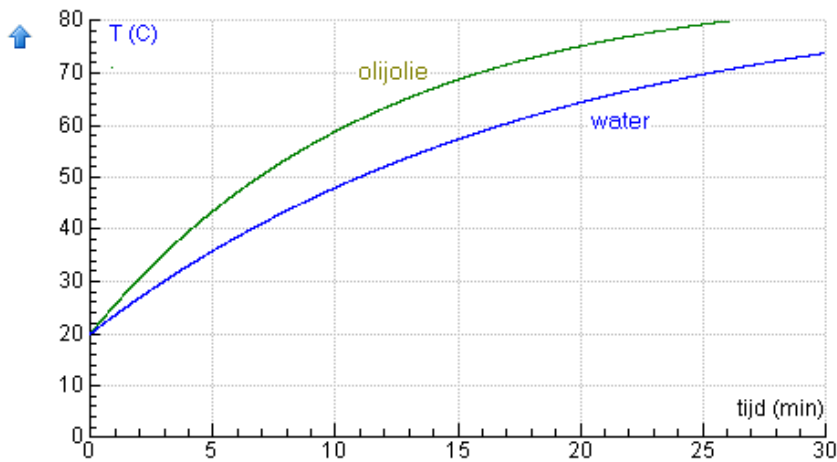
b	$Q_{\text{oven},\downarrow} = P \cdot t = 750 \cdot 158 = 1,185 \dots 10^5 \text{ J}$ $Q_{\text{water},\uparrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = 4,18 \cdot 240 \cdot (100 - 0) = 1,003 \dots 10^5 \text{ J}$ $\Rightarrow \eta = \frac{Q_{\text{water},\uparrow}}{Q_{\text{oven},\downarrow}} = \frac{1,003 \dots 10^5}{1,185 \dots 10^5} = 0,846 \dots = 0,85 = 85 \%$	85 %
c	$P_{\text{el}} = U \cdot I = 230 \cdot 9,5 = 2185 \text{ W}$ $Q_{\text{koker},\downarrow} = P \cdot t = 2185 \cdot 60 = 1,31 \dots 10^5 \text{ J}$ <p>Hiermee is 58 g water verdampt.</p> <p>Voor 1000 g zou dat zijn</p> $\frac{1000}{58} \cdot 1,31 \dots 10^5 = 2,260 \dots 10^6 = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J}$	2,26 MJ/kg
d	Ja. Zie Binas tabel 11	-
e	<p>Helaas, we hebben ons vergist.</p> <p>Alle argumenten leiden tot op een <u>te grote</u> waarde van de verdampingswarmte:</p> <ol style="list-style-type: none"> De waterkoker staat ook warmte af aan de omgeving, niet alleen aan het water. De bij verdamping door het water opgenomen warmte is minder dan de 0,13 MJ waarmee gerekend werd. De uitkomst is dus te groot. Er is meer water verdampt dan 58 g. Een deel is echter weer gecondenseerd op de binnenkant van de koker. Je zou in de berekening 1000 moeten delen door een groter getal. Delen door 58 geeft ook een te groot antwoord. De weerstand van een hete verwarmingsspiraal is hoger. Bij constante voedingsspanning is het afgegeven vermogen dan kleiner. Weer is de 0,13 MJ waarmee gerekend werd te groot. Waarom zou die 0,13 MJ te klein kunnen zijn? Heeft de fabrikant een te laag vermogen opgegeven? Als verkoopargument zal dat meestal niet gebeuren. <p>Het blijft wonderlijk dat de uitkomst van de berekening precies overeenkomt met de Binaswaarde.</p>	
35	<p>a</p> $P_{\text{el}} = U \cdot I = 12,0 \cdot 1,50 = 18,0 \text{ W}$ $Q_{\text{dompelaar},\downarrow} = P_{\text{el}} \cdot t = 18,0 \cdot 60 = 1080 \text{ J}$ $Q_{\text{water},\uparrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = 4,18 \cdot 200 \cdot \Delta T_w = 836 \cdot \Delta T_w$ $\Rightarrow \Delta T_w = \frac{1080}{836} = 1,29 \dots = 1,3 \text{ }^\circ\text{C}$	1,3 °C
b1	$\Delta T = 25 - 16 = 9 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t = \frac{9}{1,29} = 6,9 \dots = 7 \text{ minuten}$	7 min
b2	$\Delta T = 55 - 16 = 39 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t = \frac{39}{1,29} = 30,1 \dots = 30 \text{ minuten}$	30 min

c

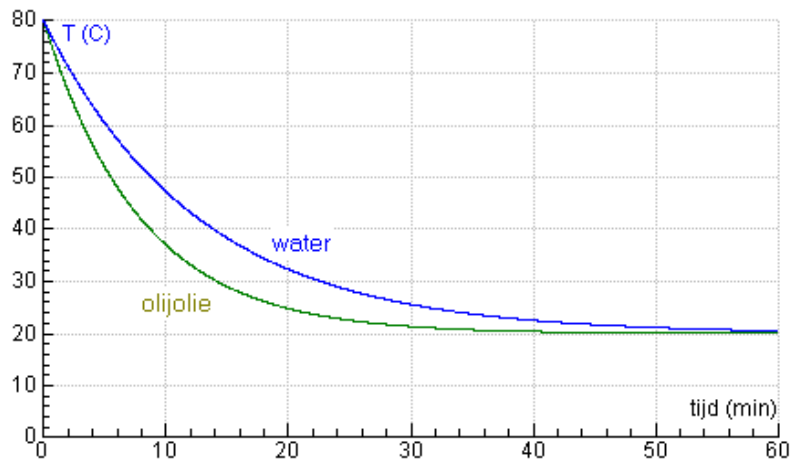


36 a De warmtetoevoer door de dompelaar is constant. Hoe hoger de temperatuur, des te meer warmte er weglekt. Dus hoe hoger de temperatuur, des te minder warmte is er beschikbaar voor verdere temperatuurstijging.

b1 $c_{\text{water}} = 4,2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ en $c_{\text{olijfolie}} = 2,5 \text{ J/g}\cdot\text{K}$. De temperatuur van de olijfolie zal sneller stijgen.



b2 De temperatuur van olijfolie zal sneller dalen, omdat die een kleinere soortelijke warmte heeft: per J afgegeven warmte is de temperatuurdaling groter.



	c	[1] $\Delta T = 80 - 20 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ en $\Delta t = 14,5 \text{ min}$ [2] $\Delta T = 80 - 36 = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ en $\Delta t = 29 \text{ min}$	-
	d	Bij raaklijn [1] hoort de omgevingstemperatuur. Er is dan geen warmteafgifte aan de omgeving en alle energie van de pompelaar doet de temperatuur van het water en het glas stijgen. $P_{\text{dompelaar}} = \frac{Q}{t} = \frac{(c_w \cdot m_w + C_{\text{glas}}) \cdot \Delta T_w}{t} = \frac{(4,2 \cdot 200 + 70) \cdot 60}{14,5 \cdot 60} = 62,7.. = 63 \text{ W}$	-
	e	$P_{\text{water,}\uparrow} = \frac{(c_w \cdot m_w + C_{\text{glas}}) \cdot \Delta T_w}{t} = \frac{(4,2 \cdot 200 + 70) \cdot 44}{29 \cdot 60} = 23,0.. = 23 \text{ W}$	23 W
	f	Blijkbaar is bij $60 \text{ }^\circ\text{C}$ het warmteverlies $63 - 23 = 40 \text{ W}$. Als juist dat vermogen wordt toegevoerd, is het netto verlies nul en verandert de temperatuur niet.	40 W
37	a	$Q_{\text{water,}\downarrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = 4,18 \cdot 10^3 \cdot (998 \cdot 2,5) \cdot (95 - 60) = 3,65.. \cdot 10^8 = 3,7 \cdot 10^8 \text{ J}$	$3,7 \cdot 10^8 \text{ J}$
	b	$Q_{\text{water,}\downarrow} = P \cdot t$ $3,65.. \cdot 10^8 = (8 \cdot 1,6 \cdot 10^3) \cdot t \Rightarrow t = 28,5.. \cdot 10^3 \text{ s} = 7,92.. \text{ uur} = 7 : 55 \text{ uur}$ $7 : 00 + 7 : 55 = 14 : 55 \text{ uur}$ Bijna 3 uur 's middags.	14:55 uur
	c	's Morgens heeft de watervoorraad de hoogste temperatuur. Door het grote temperatuurverschil met de omgeving is er grote warmteoverdracht door de radiatoren.	-
	d	De watervoorraad wordt opgewarmd met nachstroom, wat goedkoper is.	
	e	In 1 seconde $Q_{\text{water,}\downarrow} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ J}$ door één radiator. $Q_{\text{water,}\downarrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w \Rightarrow 1,6 \cdot 10^3 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 10 \Rightarrow m = 0,0382.. = 0,038 \text{ kg}$ Dit komt overeen met $0,038 \text{ L/s}$	38 mL/s
38	a	$Q_{\text{zon,}\downarrow} = Q_{\text{hagedis,}\uparrow}$ $\eta \cdot P_{\text{zon}} \cdot \Delta t = c_h \cdot m_h \cdot \Delta T_h$ Per seconde: $0,60 \cdot (300 \cdot 20 \cdot 10^{-4}) = 4,18 \cdot 20 \cdot \Delta T$ $\Rightarrow 0,36 = 83,6 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 0,00430.. = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$	4,3 mK/s
	b	Per uur: $Q = c_{\text{zeewater}} \cdot m_{\text{zeewater}} \cdot \Delta T_{\text{zeewater}}$ $c_{\text{zeewater}} = 3,9 \cdot 10^3 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ $m_{\text{zeewater}} = \rho \cdot V = 4 \cdot 10^{11} \cdot 1,024 \cdot 10^3 = 4,0.. \cdot 10^{14} \text{ kg}$ $\Delta T_{\text{zeewater}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Rightarrow Q = 1,59.. \cdot 10^{19} \text{ J}$ Per seconde: $(\div 3600) = 4,43.. \cdot 10^{15} \text{ J}$ Aantal centrales: $(\div 10^9) = 4,43.. \cdot 10^6 = 4,4 \cdot 10^6$	$4,4 \cdot 10^6$
39	a	Het zou waar kunnen zijn. De kinetische energie van de golven wordt omgezet in warmte. Maar of dat voldoende is om een verhoogde temperatuur op te merken?	-
	b	$C = c_{\text{mengsel}} \cdot m_{\text{mengsel}} = c_{\text{alc}} \cdot m_{\text{alc}} + c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}}$ $m_{\text{alc}} = \rho_{\text{alc}} \cdot V_{\text{alc}} = 0,80 \cdot 100 = 80 \text{ g}$ $m_{\text{water}} = \rho_{\text{water}} \cdot V_{\text{water}} = 0,998 \cdot 100 = 99,8 \text{ g}$ $\Rightarrow c_{\text{mengsel}} \cdot (80 + 99,8) = 2,43 \cdot 80 + 4,18 \cdot 99,8$ $\Rightarrow c_{\text{mengsel}} \cdot 179,8 = 611,.. \Rightarrow c_{\text{mengsel}} = 3,40.. = 3,4 \text{ J/g} \cdot \text{K} = 3,4 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	-
	c	$Q_{\text{mengsel,}\uparrow} = c_m \cdot m_m \cdot \Delta T_m = 3,40.. \cdot 179,8 \cdot (23 - 15) = 4893,.. = 4,9 \cdot 10^3 \text{ J}$	4,9 kJ
40	a1	$Q_{\text{dompelaar,}\downarrow} = P \cdot t = 50 \cdot (20 \cdot 60) = 60 \cdot 10^3 \text{ J}$	60 kJ

a2	$Q_{\text{water},\uparrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = 4,18 \cdot 150 \cdot (100 - 16) = 52668 = 53 \cdot 10^3 \text{ J}$	53 kJ
b1	$Q = C \cdot \Delta T \Rightarrow J = [C] \cdot K \Rightarrow [C] = J/K$	J/K
b2	$Q_{\text{glas},\uparrow} = C_{\text{glas}} \cdot \Delta T$ $60 \cdot 10^3 - 52,6 \cdot 10^3 = C_{\text{glas}} \cdot (100 - 16)$ $\Rightarrow 84 \cdot C_{\text{glas}} = 7,33 \cdot 10^3 \Rightarrow C_{\text{glas}} = 87,2 \approx 87 \text{ J/K}$	87 J/K
c	Kleiner. Zonder warmtelek zou de opwarmtijd korter geweest zijn $\rightarrow Q_{\text{dompelaar},\downarrow}$ kleiner $\rightarrow Q_{\text{glas},\uparrow}$ kleiner $\rightarrow C_{\text{glas}}$ kleiner.	-

Toets		
1		
Het rendement van een turbine		
a	$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$	-
b	Als $T_2 = 0 \text{ K} \Rightarrow \eta = \frac{T_1 - 0}{T_1} = 1$	0 K
c	Temperatuur in K. $\eta = \frac{773 - 323}{773} = 0,582.. = 0,58 = 58 \%$	58 %
2		
Voedsel		
a	Via het voedsel $E_{\text{in}} = 0,100 \cdot 8 + 0,200 \cdot 1 + 0,200 \cdot 4 = 1,8 \text{ MJ}$. Op te nemen door het water $Q_{\text{water}, \uparrow} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w$ $1,8 \cdot 10^6 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot (37 - 1) = 1,50.. \cdot 10^5 \cdot m \Rightarrow m = 11,9.. \text{ kg}$ $m = \rho \cdot V$ $11,9.. = 998 \cdot V \Rightarrow V = 11,9.. \cdot 10^{-3} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 12 \text{ L}$	12 L
b	De inspanning kost 500 W vermogen. $E = P \cdot t$ $1,8 \cdot 10^6 = 500 \cdot t \Rightarrow t = 3600 \text{ s} = 1 \text{ uur}$ Bij deze vraag heb je die 25% rendement nog niet nodig.	1 uur
c	Bij deze inspanning wordt 75 % omgezet in warmte, 25 % in arbeid. Schatting: $m = 60 \text{ kg}$ en $g = 10 \text{ m/s}^2$ $W = m \cdot g \cdot h$ $0,25 \cdot 1,8 \cdot 10^6 = 60 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 750 = 7,5 \cdot 10^2 \text{ m}$	7,5 · 10 ² m
3		
In bad		
a	Je raakt oververhit. Je kunt je warmte niet kwijt, omdat de watertemperatuur hoger is dan je lichaamstemperatuur en je zweet onder water niet verdampt.	-
b	$Q_{\text{koud water}, \uparrow} = Q_{\text{heet water}, \downarrow}$ $c_w \cdot m_{\text{koud}} \cdot \Delta T_{\uparrow} = c_w \cdot m_{\text{heet}} \cdot \Delta T_{\downarrow}$ $c_w \cdot (\rho_w \cdot V_{\text{koud}}) \cdot \Delta T_{\uparrow} = c_w \cdot (\rho \cdot V_{\text{heet}}) \cdot \Delta T_{\downarrow}$ $\Rightarrow V_{\text{koud}} \cdot \Delta T_{\uparrow} = V_{\text{heet}} \cdot \Delta T_{\downarrow}$ $\Rightarrow V_{\text{koud}} \cdot (45 - 14) = 220 \cdot (65 - 45) \Rightarrow V_{\text{koud}} = \frac{4400}{31} = 141,.. = 1,4 \cdot 10^2 \text{ dm}^3$	1,4 · 10 ² L
c1	geleiding en stroming	-
c2	$P_{\text{straling}} = \frac{E_{\text{straling}}}{t} = \frac{0,70 \cdot 8,0 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} = 64,8.. = 65 \text{ W}$	65 W
d	Er is uitstraling uit je warme huid: $T = 303 \text{ K}$. Tegelijk is er instraling uit het koelere water: $T = 288 \text{ K}$. Per seconde en per m^2 is $E_{\text{uit, netto}} = E_{\text{uitstraling}} - E_{\text{instraling}} = 5,5 \cdot 10^{-8} \cdot (303^4 - 288^4) = 85,2.. = 85 \text{ J}$	85 W/m ²