

**Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden: óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.**  
**Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar [www.stevin.info](http://www.stevin.info). Alvast bedankt.**

### Opgaven 11.1 Warmtetransport

1	<b>a</b>	dalen	–															
	<b>b</b>	kinetische	–															
2	<b>a</b>	0 K = –273 °C 0 °C = 273 K	–273 °C 273 K															
	<b>b</b>	350 °C = 273 + 350 = 623 K 350 K = 350 – 273 = 77 °C	623 K 77 °C															
	<b>c</b>	$\Delta T = 50 \text{ °C} = 50 \text{ K}$	50 K															
3	<b>a</b>	De warmte wordt door de metalen munt goed opgenomen en weggeleid, want metalen geleiden de warmte goed. Daarom blijft de temperatuur onder de ontbrandingstemperatuur van de stof waarvan de zakdoek is gemaakt.	–															
	<b>b</b>	Nu zit er geen isolerend luchtlaagje tussen je hand en je handschoen en zal de warmte uit je hand door geleiding aan de koude omgeving worden afgegeven $\Rightarrow$ koude handen.	–															
4	–	Geleiding	–															
5	<b>a</b>	$A = 0,20 \cdot 0,40 = 0,080 \text{ m}^2$ , $\Delta T = 10 \text{ °C}$ en $\lambda_{\text{glas}} = 0,9 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (Binas tabel 10B) $P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d = 0,9 \cdot 0,080 \cdot 10 / 0,0030 = 240 \text{ W} = 0,2 \text{ kW}$	0,2 kW															
	<b>b</b>	$A = 12 - 0,080 = 11,92 \text{ m}^2$ , $\Delta T = 15 \text{ °C}$ en $\lambda_{\text{vurenhout}} = 0,4 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (Binas tabel 10A) $P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d = 0,4 \cdot 11,92 \cdot 15 / 0,050 = 1,43 \text{ kW} = 1 \text{ kW}$	1 kW															
6	<b>a</b>	De daken zijn goed geïsoleerd. De buitenkant van het dak heeft een lage temperatuur, dus daar blijft de sneeuw langer liggen. De terrastegels maken contact met de grond die nog niet bevroren is, dus daar smelt de sneeuw.	–															
	<b>b</b>	kleinere $\lambda \Rightarrow$ betere isolatie $\Rightarrow$ kleinere $d$ nodig. Dus 5x zo kleine $c$ geeft 5x dunnere wand: $1,0/5 = 0,20 \text{ m}$ .	0,20 m															
	<b>c</b>	Een sneeuwlaag bevat veel lucht en werkt als een isolerende deken. Dus als er geen sneeuw ligt kan de vorst dieper de grond in komen.	–															
7	<b>a</b>	$E = P \cdot t \Rightarrow E = 500 \cdot 60 = 30 \text{ kJ}$ 1,00 liter water $\Rightarrow m = 0,998 = 1,00 \text{ kg}$ $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ $Q (= E) = c_w \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow 30 \cdot 10^3 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,00 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 7,17.. \text{ °C}$ $T_{\text{eind}} = 16 + 7,17.. = 23 \text{ °C}$	23 °C															
	<b>b</b>	$\Delta T = 100 - 16 = 84 \text{ °C}$ $Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,00 \cdot 84 = 351,1.. \text{ kJ}$ $E (= Q) = P \cdot t \Rightarrow 351,1.. \cdot 10^3 = 500 \cdot t \Rightarrow t = 351,1.. \cdot 10^3 / 500 = 702,2.. \text{ s} = 12 \text{ min}$	12 min															
8	–	Ze vormen nu een bol. Een bol heeft verhoudingsgewijs een klein oppervlak ten opzichte van zijn volume $\Rightarrow A$ klein, dus $P$ klein $\Rightarrow$ de warmte blijft nu beter behouden	–															
9	<b>a</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>c (10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1})</math></th> <th><math>\rho (10^3 \text{ kgm}^{-3})</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>lood</td> <td>0,128</td> <td>11,3</td> </tr> <tr> <td>messing</td> <td>0,38</td> <td>8,5</td> </tr> <tr> <td>nylon</td> <td>1,7</td> <td>1,14</td> </tr> <tr> <td>melk</td> <td>3,9</td> <td>1,02 - 1,04</td> </tr> </tbody> </table>		$c (10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1})$	$\rho (10^3 \text{ kgm}^{-3})$	lood	0,128	11,3	messing	0,38	8,5	nylon	1,7	1,14	melk	3,9	1,02 - 1,04	
	$c (10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1})$	$\rho (10^3 \text{ kgm}^{-3})$																
lood	0,128	11,3																
messing	0,38	8,5																
nylon	1,7	1,14																
melk	3,9	1,02 - 1,04																

**b**  $m = \rho \cdot V$  en  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$   
 lood:  
 $m = 11,3 \cdot 10^3 \cdot 1 = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg}$   
 $Q = 0,128 \cdot 10^3 \cdot 11,3 \cdot 10^3 \cdot 10 = 1,4 \cdot 10^7 \text{ J} = 1 \cdot 10^7 \text{ J}$

messing:  
 $m = 8,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$   
 $Q = 0,38 \cdot 10^3 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 10 = 3,2 \cdot 10^7 = 3 \cdot 10^7 \text{ J}$

$1 \cdot 10^7 \text{ J}$

$3 \cdot 10^7 \text{ J}$

$2 \cdot 10^7 \text{ J}$

$4 \cdot 10^7 \text{ J}$

nylon:  
 $m = 1,14 \cdot 10^3 \text{ kg}$   
 $Q = 1,7 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 10^3 \cdot 10 = 1,9 \cdot 10^7 \text{ J} = 2 \cdot 10^7 \text{ J}$

melk:  
 $m = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg}$   
 $Q = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 1,03 \cdot 10^3 \cdot 10 = 4,0 \cdot 10^7 = 4 \cdot 10^7 \text{ J}$

**10 a**  $Q_{\text{ijzer}} = Q_{\text{water}}$   
 $(c \cdot m \cdot \Delta T)_{\text{ijzer}} = (c \cdot m \cdot \Delta T)_{\text{water}}$   
 $0,46 \cdot 10^3 \cdot 0,040 \cdot \Delta T_{\text{ijzer}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,100 \cdot (27 - 15)$   
 $18,4 \cdot \Delta T_{\text{ijzer}} = 5016 \Rightarrow$   
 $\Delta T_{\text{ijzer}} = 5016 / 18,4 = 272,6 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\Delta T_{\text{ijzer}} = T_{\text{vlam}} - 27 \Rightarrow T_{\text{vlam}} = 299,6 \text{ } ^\circ\text{C} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$

$300 \text{ } ^\circ\text{C}$

**b** Deze waarde is waarschijnlijk te laag.

Het blokje ijzer is al iets afgekoeld, dus wat warmte kwijt, als het in het water gedompeld wordt. De eindtemperatuur van 27 °C zou dus wat hoger moeten zijn. —

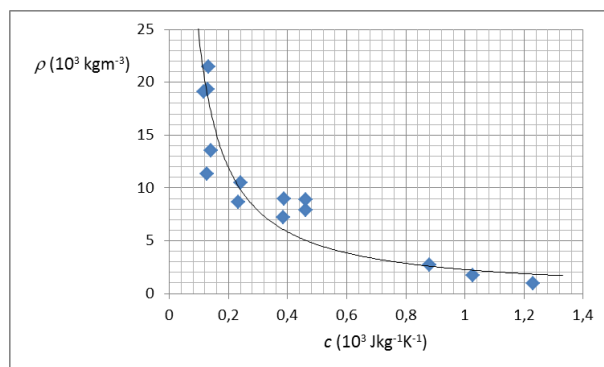
Een andere reden voor de te lage waarde is dat tijdens het opwarmen van het water warmte is weggelekt. Dan kom je ook op een te lage eindtemperatuur uit.

<b>Opgaven 11.2 – Molecuulmodellen</b>			
11	<b>a</b>	Tussen de moleculen water zit lege ruimte. Daar was plaats voor de suikermoleculen.	-
	<b>b</b>	Moleculen trekken elkaar aan en die aantrekkende kracht is groter naarmate de moleculen dichter op elkaar zitten. Bij een vaste stof zitten de moleculen dichter op elkaar dan bij een vloeistof.	-
	<b>c</b>	Moleculen bewegen en stoten elkaar aan. Zo verspreidt de inkt zich door het water.	-
	<b>d</b>	Moleculen trekken elkaar aan.	-
	<b>e</b>	Moleculen bewegen sneller als de temperatuur hoger wordt $\Rightarrow$ moleculen komen verder van elkaar en zo ontstaat gemiddeld meer ruimte tussen de moleculen $\Rightarrow$ het volume wordt groter.	-
12	<b>a</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De lucht in de afgesloten spuit wordt verhit <math>\Rightarrow</math> moleculen gaan sneller bewegen <math>\Rightarrow</math> hardere en meer botsingen tegen de zuiger <math>\Rightarrow</math> druk groter <math>\Rightarrow</math> zuiger wordt weggeduwd.</li> <li>Er wordt arbeid op de inhoud van de buis verricht; er wordt dus energie toegevoerd. Het samenpersen van de lucht in de buis gebeurt zo snel dat er geen tijd is om de toegevoerde energie af te staan aan de omgeving. De kinetische energie van de moleculen moet dus toenemen <math>\Rightarrow</math> hogere temperatuur <math>\Rightarrow</math> het papier ontbrandt.</li> </ul>	-
	<b>b</b>	$Q \Rightarrow W$ bij de injectiespuit $W \Rightarrow Q$ bij de buis	-
13	<b>a</b>	vloeibaar $\Rightarrow$ gas: verdampen gas $\Rightarrow$ vloeibaar: condenseren	-
	<b>b</b>	Verdampen werkt verkoelend (denk aan after shave) omdat daar warmte voor nodig is. Die warmte wordt onttrokken aan je lichaam en daardoor koelt het af.	-
14	<b>a<sup>1</sup></b>	Op $t = 0,5$ uur: vloeibaar Op $t = 4$ uur: vast + vloeibaar Op $t = 7$ uur: vast	-
	<b>a<sup>2</sup></b>	stollen	-
	<b>a<sup>3</sup></b>	De kruik geeft warmte af, want bij stollen komt warmte vrij.	-
	<b>b</b>	De kruiken met natriumacetaat blijven, vanwege het stolpunt van $60\text{ }^\circ\text{C}$ , veel langer op hogere temperatuur.	-
	<b>c</b>	Aflezen: $T_{\text{binnen}} = 68\text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 68 - 64 = 4\text{ }^\circ\text{C}$ $\lambda_{\text{roestvrijstaal}} = 50\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (Binas tabel 9) en $A = 290\text{ cm}^2 = 290 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2$ $P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d = 50 \cdot 290 \cdot 10^{-4} \cdot 4 / 0,0040 = 1450\text{ W}$ $E = P \cdot t = 1450 \cdot 60 = 87,0 \cdot 10^3\text{ kJ} = 9 \cdot 10^4\text{ J}$	$9 \cdot 10^4\text{ J}$

15 a Binas tabel 8:

metaal	$c$ ( $10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )	$\rho$ ( $10^3 \text{ kg m}^{-3}$ )
Al	0,88	2,70
Cd	0,234	8,65
Au	0,129	19,3
Fe	0,46	7,87
Cu	0,387	8,96
Hg	0,14	13,5
Pb	0,128	11,3
Mg	1,026	1,74
Na	1,23	0,97
Ni	0,46	8,90
Pt	0,133	21,5
U	0,116	19,1
Ag	0,24	10,5
Zn	0,386	7,2

b



c Ja, want de  $\rho(c)$ -grafiek daalt.

16 - Ja, want voor sublimeren is warmte nodig. De extra warmte van je hand helpt mee om de ballon op te blazen.

Opgaven hoofdstuk 11			
17	<b>a</b>	$\Delta T = 80 - 15 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ en $\lambda_{\text{koper}} = 390 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (Binas tabel 8) $P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d = 390 \cdot 0,12 \cdot 65 / 0,0015 = 2,0 \text{ MW}$	2,0 MW
	<b>b</b>	Dit verlies kan nooit zo groot zijn, want het vermogen van een geiser ligt in de orde van tientallen kW.	
	<b>c</b>	Koper geleidt de warmte erg goed, dus $\Delta T \approx 0,1 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow 65 / 0,1 = 560\text{x}$ zo klein $P = 2 \cdot 10^6 / 560 = 3,6 \text{ kW}$ (Dit is nog aan de hoge kant, gezien het vermogen van de geiser dat bij <b>b</b> wordt genoemd. Draai het eens om: ga uit van $P = 100 \text{ W}$ en bereken daarmee $\Delta T$ .)	
18	<b>a</b>	Uit $P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d$ volgt dat $\lambda \cdot \Delta T / d$ constant moet zijn, want de warmte gaat achtereenvolgens door de vetlaag en de vacht. $\Rightarrow (\lambda \cdot \Delta T / d)_{\text{vet}} = (\lambda \cdot \Delta T / d)_{\text{vacht}}$ $\lambda_{\text{vet}} \cdot (37,0 - 35,6) / 2,0 = \lambda_{\text{vacht}} \cdot (35,6 - 5,0) / 7,0 \rightarrow \lambda_{\text{vet}} \cdot 0,70 = \lambda_{\text{vacht}} \cdot 4,37 \dots \rightarrow$ $\lambda_{\text{vet}} / \lambda_{\text{vacht}} = 4,37 \dots / 0,70 = 6,2$	-
	<b>b</b>	De $\lambda_{\text{vet}}$ is 6,2 keer zo groot $\Rightarrow$ de extra vetlaag moet 6,2 keer zo dik zijn. $6,2 \cdot 7 = 43 \text{ mm}$	43 mm
	<b>c</b>	Een tent (wigwam) om zich te isoleren.	-
19	<b>a</b>	$P \sim 1/d \Rightarrow$ als je $d$ groter kiest, wordt $P$ kleiner.	-
	<b>b</b>	Nee, $\lambda$ is een stoffeigenschap.	-
20	<b>a</b>	De temperatuur is constant als $P_{\text{uit}} = P_{\text{in}}$ , dus ook $P_{\text{uit}} = 5,0 \text{ kW}$	-
	<b>b<sup>1</sup></b>	$c$ is groot, want ook bij een klein temperatuurverschil stroomt er veel warmte door de wand als het oppervlak groot is.	-
	<b>b<sup>2</sup></b>	$c$ is klein, want ook bij groot temperatuurverschil stroomt er weinig warmte door de wand als die geïsoleerd is.	-
	<b>c<sup>1</sup></b>	$P_{\text{uit,glas}} = c_{\text{glas}} \cdot \Delta T = 320 \cdot (25 - 15) = 3200 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ W}$	3,2 kW
	<b>c<sup>2</sup></b>	Bij constante binnentemperatuur geldt $P_{\text{in}} = P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}}$ $5000 = 3200 + c_{\text{vloer}} \cdot (25 - 10) \Rightarrow 15 \cdot c_{\text{vloer}} = 1800 \Rightarrow c_{\text{vloer}} = 120 \text{ W/}^\circ\text{C}$	-
	<b>d<sup>1</sup></b>	$P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}} = 320 \cdot (20 - 10) + 120 \cdot (20 - 10) = 4400 = 4,4 \text{ kW}$ $P_{\text{in}} = 2,0 \text{ kW} < P_{\text{uit}} = 4,4 \text{ kW} \rightarrow$ temperatuur daalt.	-
	<b>d<sup>2</sup></b>	Bij constante binnentemperatuur geldt $P_{\text{in}} = P_{\text{uit,glas}} + P_{\text{uit,vloer}}$ $2000 = 320 \cdot (T - 10) + 120 \cdot (T - 10) = 440 \cdot T - 4400$ $\Rightarrow 440 \cdot T = 6400 \Rightarrow T = 14,5 \dots = 15 \text{ }^\circ\text{C}$	15 °C
21	<b>a<sup>1</sup></b>	$\Delta T = 100 - 20 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ en 1,5 liter water $\Rightarrow m = 1,5 \text{ kg}$ $Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 80 = 5,0 \dots \cdot 10^5 \text{ J}$ $5,0 \dots \cdot 10^5 / 14,7 \cdot 10^6 = 0,034 \text{ kg}$	34 g
	<b>a<sup>2</sup></b>	$t = 3,0 \cdot 60 = 180 \text{ s}$ $P = E/t = 5,0 \dots \cdot 10^5 / 180 = 2,8 \text{ kW}$	2,8 kW
	<b>b</b>	$P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d$ Vanwege de grotere $A$ bij de Volcano kettle is $P$ ook groter $\Rightarrow$ water kookt eerder	-
	<b>c</b>	Een dompelaar lever in 3,0 min (= 180 s) aan warmte: $Q = 300 \cdot 180 = 54 \text{ kJ}$ Je hebt $5,0 \dots \cdot 10^5 / (54 \cdot 10^3) = 9,2 \dots = 10$ dompelaars nodig	10
22	<b>a</b>	Je hebt alleen last van de lucht direct om je hand heen. Stilstaande lucht isoleert goed.	-
	<b>b</b>	Het metaal van de ovenwand geleidt goed. Je krijgt alle warmte van de oven te verduren.	-
	<b>c</b>	Saus (water) heeft een grote soortelijke warmte.	-

	<b>d</b>	De korst is afgekoeld maar isoleert de waterige inhoud.	–
<b>23</b>	<b>a</b>	$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$	
	<b>b</b>	800 J warmte is verliespost $E_{\text{tot}} = P \cdot t = 400 \cdot 10 = 4000 \text{ J}$ $E_{\text{nuttig}} = 4000 - 800 = 3200 \text{ J}$ $\eta = (E_{\text{nuttig}}/E_{\text{tot}}) \cdot 100\% = (3200/4000) \cdot 100\% = 80\%$	80%
	<b>c</b>	$\eta = (0,9 - 0,4 \cdot 0,1) \cdot 100\% = 3,6\%$	3,6%
	<b>d</b>	$E_{\text{nuttig}} = 0,93 \cdot 6,0 \cdot 10^{13} = 5,58 \cdot 10^{13} \text{ J}$ $E_{\text{nuttig}} = P \cdot t \Rightarrow t = E_{\text{nuttig}}/P = 5,58 \cdot 10^{13} / (50 \cdot 10^6) = 1,1 \cdot 10^6 \text{ s}$ $t = 1,1 \cdot 10^6 / 3600 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ uur}$	$3,1 \cdot 10^2 \text{ h}$
<b>24</b>	-	$\left. \begin{aligned} P_{\text{el}} &= \eta \cdot P_{\text{str}} = 0,10 \cdot 110 (\text{W/m}^2) \cdot 100 \cdot 10^6 (\text{m}^2) = 110 \cdot 10^7 \text{ W} \\ t &= 1 \text{ jaar} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s (Zie Binas tabel 4)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $\Rightarrow E_{\text{el}} = P_{\text{el}} \cdot t = 110 \cdot 10^7 \cdot 3,15 \cdot 10^7 = 3,465 \cdot 10^{16} = 3,5 \cdot 10^{16} \text{ J}$ $\Rightarrow E_{\text{el}} = (\div 3,6 \cdot 10^6) 9,62 \cdot 10^9 = 9,6 \cdot 10^9 \text{ kWh} = 9,6 \text{ TWh}$ (T = Tera = $10^{12}$ : zie Binas tabel 2)	$3,5 \cdot 10^{16} \text{ J}$ of $9,6 \text{ TWh}$
<b>25</b>	-	$P \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow 2 \cdot 10^3 \cdot 1 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 10 \Rightarrow m = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \Rightarrow V = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ L}$	$4,8 \cdot 10^{-2} \text{ L}$
<b>26</b>	<b>a</b>	$P \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow 750 \cdot \Delta t = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,250 \cdot (65 - 15) \Rightarrow \Delta t = 70 \text{ s}$	70 s
	<b>b</b>	$P \cdot A \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta T$ , hierin is $A$ is het wateroppervlak. $150 \cdot 50 \cdot \Delta t = 4,18 \cdot 10^3 \cdot (50 \cdot 2 \cdot 10^3) \cdot (20 - 18)$ $\Delta t = 1,1 \cdot 10^5 \text{ s} = 31 \text{ h (!)}$	31 h