

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

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

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

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

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

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

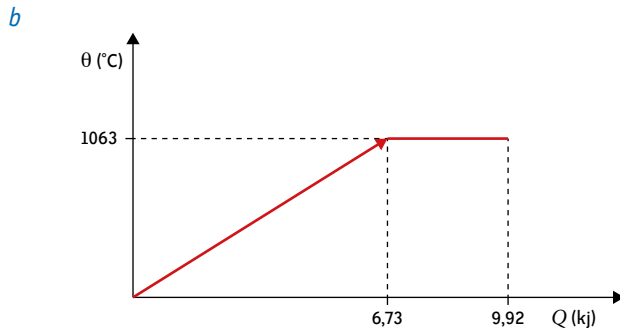
$$\theta_{eind} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 18,0^\circ\text{C} + 0,950 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1100,0^\circ\text{C}}{10 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} + 0,950 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot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

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

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

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 $Q_{Au} = c_{Au} \cdot m \cdot \Delta\theta + l_{s,Au} \cdot m$
 $= 129 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,0500 \text{ kg} \cdot (1063 - 20,0)^\circ\text{C} + 63,7 \text{ kJ/kg} \cdot 0,0500 \text{ kg}$
 $= 6,73 \text{ kJ} + 3,19 \text{ kJ} = 9,92 \text{ kJ}$



10 Antwoord c is juist: $c_{vast} = 2 \cdot c_{vloeibaar}$

11 a De temperatuur bij thermisch evenwicht bedraagt $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$b \quad |Q_{af}| = Q_{cal} + Q_w + Q_{st} = C_{cal} \cdot \Delta\theta + c_w \cdot m_w \cdot \Delta\theta + l_s \cdot m_{st} \\ = 110 \text{ J/}^{\circ}\text{C} \cdot 5,0\text{ }^{\circ}\text{C} + 4186 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 0,250 \text{ kg} \cdot 5,0\text{ }^{\circ}\text{C} + 334,5 \text{ kJ/kg} \cdot 0,030 \text{ kg} = 16 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q_{op} = c_{ijs} \cdot m_{ijs} \cdot \Delta\theta_{ijs} = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 0,720 \text{ kg} \cdot (0\text{ }^{\circ}\text{C} - \theta_{ijs})$$

$$Q_{op} = |Q_{af}| \Rightarrow \theta_{ijs} = \frac{-|Q_{af}|}{c_{ijs} \cdot m_{ijs}} = -11\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

12 Grafiek C is correct.

$$13 \quad Q_{op} = |Q_{af}|$$

$$l_s \cdot m_{ijs} + c_w \cdot m_{ijs} \cdot (\theta_e - 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = C_{karaf} \cdot (\theta_w - \theta_e) + c_w \cdot m_w \cdot (\theta_w - \theta_e)$$

$$\theta_e = \frac{C_{karaf} \cdot \theta_w + c_w \cdot m_w \cdot \theta_w - l_s \cdot m_{ijs}}{c_w \cdot m_{ijs} + C_{karaf} + c_w \cdot m_w} \\ = \frac{200 \text{ J/K} \cdot 20\text{ }^{\circ}\text{C} + 4186 \text{ J/kgK} \cdot 1,0 \text{ kg} \cdot 20\text{ }^{\circ}\text{C} - 334,5 \text{ kJ/kg} \cdot 0,030 \text{ kg}}{4186 \text{ J/kgK} \cdot 0,030 \text{ kg} + 200 \text{ J/K} + 4186 \text{ J/kgK} \cdot 1,0 \text{ kg}} = 17\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$14 \quad Q_{op} = |Q_{af}|$$

$$c_{ijs} \cdot m_{ijs} \cdot (0\text{ }^{\circ}\text{C} - \theta_1) + l_s \cdot m_{ijs} + c_w \cdot m_{ijs} \cdot (\theta_e - 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = Q_{whisky} + C_{glas} \cdot (\theta_2 - \theta_e)$$

$$Q_{whisky} = c_{ijs} \cdot m_{ijs} \cdot (0\text{ }^{\circ}\text{C} - \theta_1) + l_s \cdot m_{ijs} + c_w \cdot m_{ijs} \cdot (\theta_e - 0\text{ }^{\circ}\text{C}) - C_{glas} \cdot (\theta_2 - \theta_e) \\ = 2090 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 0,019 \text{ kg} \cdot 6,0\text{ }^{\circ}\text{C} + 334,5 \text{ kJ/kg} \cdot 0,019 \text{ kg} + 4186 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 0,019 \text{ kg} \cdot \\ 7,3\text{ }^{\circ}\text{C} - 240 \text{ J/}^{\circ}\text{C} \cdot 10,7\text{ }^{\circ}\text{C} \\ = 4,6 \text{ kJ}$$

$$Q_{whisky} = c_w \cdot m_w \cdot \Delta\theta + c_{alc} \cdot m_{alc} \cdot \Delta\theta \\ = c_w \cdot (m_{whisky} - m_{alc}) \cdot \Delta\theta + c_{alc} \cdot m_{alc} \cdot \Delta\theta$$

$$m_{alc} = \frac{Q_{whisky} - c_w \cdot m_{whisky} \cdot \Delta\theta}{c_{alc} \cdot \Delta\theta - c_w \cdot \Delta\theta} = \frac{4,6 \text{ kJ} - 4186 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 0,145 \text{ kg} \cdot 10,7\text{ }^{\circ}\text{C}}{2430 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 10,7\text{ }^{\circ}\text{C} - 4186 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 10,7\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,10 \text{ kg}$$

$$m_w = m_{whisky} - m_{alc} = 0,05 \text{ kg}$$

$$\frac{m_w}{m_{alc}} = \frac{0,05 \text{ kg}}{0,10 \text{ kg}} = 0,5$$

15 a Koper en tin, het tingehalte kan variëren van ca. 10 % tot 30 %.

b Brons: afhankelijk van het percentage tin dat toegevoegd wordt aan het koper. Bij 10% tin is de smelttemperatuur van brons $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. De smelttemperatuur van koper is $1084\text{ }^{\circ}\text{C}$, en die van tin is $232\text{ }^{\circ}\text{C}$. De smelttemperatuur van brons ligt dicht bij de smelttemperatuur van koper, omdat dit het hoofdbestanddeel is.

c Uit een stof met een hogere smelttemperatuur dan brons (bv. grafiet).

d Nee, na het stollen is het volume kleiner en moet er dus nog brons bijgegoten worden.

- 16 a Het water op je huid gaat verdampen. Om te verdampen heeft het warmte nodig, en die wordt onttrokken aan je lichaam.
 b Tijdens het condenseren van de waterdamp wordt al warmte afgegeven om water te worden van 100 °C.
 c Om warmte af te voeren, zweten we: lichaamsvocht verdampt. Als de omgeving vochtig is, gaat dit moeilijker.
 d De stikstof verdampt (kookt) en onttrekt hierbij veel warmte aan de wrat. Hierdoor koelt ze heel sterk af en wordt ze bevroren.
- 17 $Q_{op} = c_W \cdot m_W \cdot (100 \text{ °C} - \theta_1) + l_v \cdot m_W$

$$m_W = \frac{Q_{op}}{c_W \cdot (100 \text{ °C} - \theta_1) + l_v} = 0,39 \text{ g}$$
- 18 a Om 1 g ether te laten verdampen, moet 377 J warmte toegevoegd worden.
 b Zuurstof gaat over van de vloeibare naar de dampfase bij -183 °C.
- 19 Lena heeft gelijk.
- 20 a Antwoord C is juist: $78 \text{ °C} < \theta_{\text{mengsel}} < 100 \text{ °C}$.
 Tussen 78 °C en 100 °C, want dan kookt ethanol en zal het uit het mengsel opstijgen.
 Vanaf 100 °C zal ook het water koken.
- b $m = \rho \cdot V = 0,790 \text{ g/cm}^3 \cdot 225 \text{ cm}^3 = 178 \text{ g}$
 $|Q_{af}| = l_v \cdot m + c_{\text{ethanol}} \cdot m \cdot (\theta_k - \theta_e)$
 $842 \text{ kJ/kg} \cdot 0,178 \text{ kg} + 2430 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,178 \text{ kg} \cdot (78,37 \text{ °C} - 16 \text{ °C})$
 $= 18 \cdot 10^4 \text{ J}$
- 21 De fout is: '... laten koken bij middelmatige temperatuur...'. Een vloeistof kookt bij een vaste kooktemperatuur, die is niet te kiezen bij constante druk.
- 22 Antwoord b is correct: $\theta_w = \theta_d$.
- 23 Antwoord b is correct: 11 % - 14 % - 75 %.
- 24 Extra gegeven: $c_{\text{chocomelk}} = 3,9 \text{ kJ/kgK}$
- a $|Q_{af}| = c_{\text{stoom}} \cdot m_{\text{stoom}} \cdot (\theta_1 - \theta_2) + l_v \cdot m_{\text{stoom}} + c_W \cdot m_{\text{stoom}} \cdot (\theta_2 - \theta_3)$
 $= 1410 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,0010 \text{ kg} \cdot 20^\circ\text{C} + 2256 \text{ kJ/kg} \cdot 0,0010 \text{ kg} + 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,0010 \text{ kg} \cdot 50^\circ\text{C}$
 $= 2,5 \text{ kJ}$
- b $Q_{op} = |Q_{af}|$
 $c_{ch} \cdot m_{ch} \cdot (\theta_e - \theta_1) = c_{st} \cdot m_{st} \cdot (\theta_2 - 100 \text{ °C}) + l_v \cdot m_{st} + c_W \cdot m_{st} \cdot (100 \text{ °C} - \theta_e)$

$$\theta_e = \frac{c_{st} \cdot m_{st} \cdot (\theta_2 - 100 \text{ °C}) + l_v \cdot m_{st} + c_W \cdot m_{st} \cdot 100^\circ\text{C} + c_{ch} \cdot m_{ch} \cdot \theta_1}{c_{ch} \cdot m_{ch} + c_W \cdot m_{st}}$$

$$= \frac{1410 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,0140 \text{ kg} \cdot 20^\circ\text{C} + 2256 \text{ kJ/kg} \cdot 0,0140 \text{ kg} + 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,0140 \text{ kg} \cdot 100^\circ\text{C} + 3,9 \text{ kJ/kg} \cdot 0,200 \text{ kg} \cdot 6,0^\circ\text{C}}{3,9 \text{ kJ/kg} \cdot 0,200 \text{ kg} + 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0,0140 \text{ kg}}$$

 $= 51 \text{ °C}$
- 25 Het ijs is gesublimeerd van vast naar gas.
- 26 a ... om 1 g water van 0 °C om te zetten tot 1 g waterdamp van 0 °C.
 b ... van de soortelijke smeltwarmte van ijs en de soortelijke verdampingswarmte van ijs bij 0 °C.
 $Q_{op} = (l_s + l_v) \cdot m = (334,5 \text{ kJ/kg} + 2,49 \text{ kJ/kg}) \cdot 0,050 \text{ kg} = 17 \text{ kJ}$
- 27 a Hierbij treedt sublimatie op. De stof wordt gedroogd door in te vriezen in heel droge lucht.
 b Bv. oploskoffie, vruchten in onthijtgranen, oplossoep ...
 c Bv. poeders voor infusen, drogen van boeken na waterschade ...