

### 3 Warmte, soort, hoeveelheid en transport.

#### Uitwerkingen

##### Opgave 3.1

Water heeft een soortelijke warmte die ongeveer 11x zo groot is.

##### Opgave 3.2

$$T = T(\text{in } ^\circ\text{C}) + 273 = -183 + 273 = 90 \text{ K}$$

##### Opgave 3.3

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow Q = 2 \text{ kg} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 60 ^\circ\text{C} = 510600 = 5,1 \times 10^5 \text{ J}$$

##### Opgave 3.4

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$Q$  en  $m$  is voor beide stukjes materiaal hetzelfde.

$\Delta T$  van A is groter, dus de soortelijke warmte  $c$  van A moet kleiner zijn.

##### Opgave 3.5

$$\text{Gegeven: } c_{\text{koper}} = 385 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} ; c_{\text{Al}} = 880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} ; m_{\text{koper}} = 0,400 \text{ kg}; m_{\text{Al}} = 0,100 \text{ kg}$$

$$C = C_{\text{koper}} + C_{\text{Al}} \rightarrow C = 0,400 \text{ kg} \times 385 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} + 0,100 \text{ kg} \times 880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 242 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}$$

##### Opgave 3.6

De man van 70 kg heeft een  $70/30 \text{ x} = 7/3 \text{ x}$  zo grote warmtecapaciteit.

##### Opgave 3.7

Bij  $48 ^\circ\text{C}$  wordt alle warmte gebruikt voor het smelten.

$48 ^\circ\text{C}$  is dus het smeltpunt van het materiaal.

##### Opgave 3.8

$$l_s = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = m \cdot l_s \rightarrow Q = 0,150 \text{ kg} \times 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 50,1 \text{ kJ}$$

##### Opgave 3.9

Het water koelt af doordat het warmte afgeeft voor het smelten van het ijs.

De afgestane warmte van het water is gelijk aan de opgenomen warmte van het ijs.

$$l_s = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_s = m \cdot l_s \rightarrow Q = 0,150 \text{ kg} \times 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 50,1 \text{ kJ} = 50100 \text{ J}$$

$$Q_{\text{water}} = Q_s = 50100 \text{ J}$$

$$m_{\text{ijs}} = 300 \text{ mL} \times 1,000 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 300 \text{ g} = 0,300 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{water}} = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow 50100 = 0,3 \times 4180 \times \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{50100}{0,3 \times 4180} = 39,95 ^\circ\text{C}$$

$$\text{afgerond : } \Delta T = 40,0 ^\circ\text{C}$$

### Opgave 3.10

Bij 78 °C wordt alle warmte gebruikt voor het verdampen.  
78 °C is dus het kookpunt van de vloeistof

### Opgave 3.11

$$l_v = 2260 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_v = m \cdot l_v \rightarrow Q = 0,300 \text{ kg} \times 2260 \text{ kJ/kg} = 678 \text{ kJ}$$

### Opgave 3.12

Een groot molecuul bestaat uit veel atomen en bevat dus veel elektronen. Dit grote aantal elektronen vormt een grotere elektronenwolk die gemakkelijker vervormd kan worden. Bij het vervormen wordt er een dipool gevormd (plaats met minder elektronen en meer elektronen, dus - en +). Deze dipolen oefenen zwakke elektrische krachten op elkaar uit, die bij het kookpunt verbroken worden. Als deze krachten groter zijn zal er dus tot een hogere temperatuur verwarmd moeten worden.

### Opgave 3.13

De stoom condenseert en geeft warmte af om het water op te warmen.  
De afgestane warmte van de stoom is gelijk aan de opgenomen warmte van het water.

$$m = 50 \text{ m}^3 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{water}} = m \cdot c \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^4 \text{ kg} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 70 ^\circ\text{C} = 1,46 \cdot 10^{10} \text{ J} = 1,46 \cdot 10^7 \text{ kJ}$$

$$l_v = 2260 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_v = m \cdot l_v \rightarrow Q_v = 2260 \cdot m$$

$$Q_{\text{water}} = Q_v$$

$$1,46 \cdot 10^7 = 2260 \cdot m \rightarrow m = \frac{1,46 \cdot 10^7 \text{ kJ}}{2260 \text{ kJ/kg}} = 6500 \text{ kg}$$

### Opgave 3.14

**A:**

De warmte van het hete water in de radiator gaat door de radiatorwand naar de lucht in de kamer. Hier is sprake van geleiding door de radiatorwand (elektronen metaal).  
De opgewarmde lucht stijgt op en de koudere lucht daalt. De lucht gaat rondstromen van onder naar boven en van boven naar onder. Hier is sprake van stroming.  
Bij het raam geeft de opgewarmde lucht via het raam de warmte weer af aan de buitenlucht. Hier is sprake van geleiding door het glas.  
Bij de radiator wordt ook warmte afgegeven in de vorm van straling. Deze warmtestraling is goed voelbaar door je hand in de buurt van de radiator te houden.

**B:**

De warmte van het hete vlammen gaat door de bodem van de pan naar het water in de pan. Hier is sprake van geleiding.  
Het hete water gaat naar boven en het koudere water naar beneden.  
Het water gaat rondstromen. Hier is sprake van stroming.  
Zowel de hete vlammen als het kokende water zenden warmte uit. Hierbij is sprake van straling.

### Opgave 3.15

Aluminium is een metaal en bevat zeer veel vrije elektronen die de energie via botsingen aan elkaar doorgeven.

Piepschuim bestaat voor een belangrijk deel uit lucht, waarbij de energie door de botsende luchtmoleculen doorgegeven wordt. Deze moleculen zitten relatief ver uit elkaar.

Neongas bestaat uit kleine atomen die door elkaar heen bewegen en af en toe botsen. Het overdragen van extra snelheid gaat daardoor zoals bij alle gassen moeizaam.

Hout bestaat uit organische moleculen die aan elkaar vast zitten en via het 'veertjes' model kan energie doorgegeven worden.

### Opgave 3.16

$$\Delta T \text{ (warm-koud)} = 100 - 80 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Deze  $\Delta T$  (warm-koud) heb je nodig om de warmtestroom te berekenen.

Verder heb je de oppervlakte van de spiraal en de  $k$ -waarde nodig.

### Opgave 3.17

Een dubbelglassysteem bestaat uit twee glaslagen en drie luchtlagen, waarvan de middelste bestaat uit stilstaande lucht.

De warmteweerstand is dus veel groter ofwel de  $k$ -waarde is veel kleiner.

### Opgave 3.18

a)

$$R_w = \frac{1}{k \cdot A} = \frac{1}{3,2 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{C})} \times 3,0 \text{ m}^2} = 0,104 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$\phi_w = \frac{\Delta T}{R_w} = \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,104 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}} = 192 \text{ W} \quad \text{afgerond : } 1,9 \cdot 10^2 \text{ W}$$

b) De radiator levert de warmte die door het raam gaat ,dus 150 W of J/s

c)  $\Delta T$  blijft 25  $^\circ\text{C}$ , dus de binnentemperatuur daalt ook met 3,0  $^\circ\text{C}$