

- 21 Helma doet in een glas 200 mL kraanwater van 16 °C. Ze vindt de temperatuur echter te hoog. Uit de vriezer haalt ze ijsklontjes van –18 °C. Deze ijsklontjes hebben de vorm van een kubus met een ribbe van 2,5 cm.
- a Toon aan dat er 5,4 kJ aan warmte nodig is om één klontje te laten smelten.
Ze doet één klontje in het glas water.
- b Toon aan dat één klontje volledig smelt.
Helma doet nog twee klontjes in het glas.
- c Bereken de eindtemperatuur van het water met de ijsklontjes.

Opgave 21

- a De hoeveelheid warmte om ijs van –18 °C te laten smelten bereken je met de warmte die nodig is om het ijs te verwarmen van –18 °C tot 0 °C en de warmte om het ijs te laten smelten. De hoeveelheid warmte om te verwarmen bereken je met de soortelijke warmte. De hoeveelheid warmte om te smelten bereken je met de smeltwarmte. De massa bereken je met de formule voor de dichtheid.

Het volume bereken je met lengte van een ribbe.

$$V = \ell \times b \times h = \ell^3$$
$$\ell = 2,5 \text{ cm} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$
$$V = (2,5 \cdot 10^{-2})^3$$
$$V = 1,562 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 0,917 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 10A})$$

$$0,917 \cdot 10^3 = \frac{m}{1,562 \cdot 10^{-5}}$$

$$m = 1,4328 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$
$$c = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$
$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 18 \text{ °C}$$
$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 18 \text{ K}$$
$$Q = 1,4328 \cdot 10^{-2} \times 2,2 \cdot 10^3 \times 18$$
$$Q = 5,673 \cdot 10^2 \text{ J}$$

De smeltwarmte van ijs is $334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$ (zie BINAS tabel 11 bij water)

Er is dus $1,4328 \cdot 10^{-2} \times 334 \cdot 10^3 = 4,785 \cdot 10^3 \text{ J}$ nodig om ijs te smelten.

In totaal dus $5,673 \cdot 10^2 + 4,785 \cdot 10^3 = 5,352 \cdot 10^3 \text{ J}$.

Afgerond: 5,4 kJ.

- b Het klontje smelt volledig als de hoeveelheid warmte om het water in het glas af te koelen (van 16 °C tot 0 °C) groter is dan 5,4 kJ. De hoeveelheid warmte om het water in het glas af te koelen tot 0 °C bereken je met de formule voor de soortelijke warmte. De massa van het water bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 0,9982 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$

$$V = 200 \text{ mL} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$0,9982 \cdot 10^3 = \frac{m}{200 \cdot 10^{-6}}$$

$$m = 1,996 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$
$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$
$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 16 \text{ °C}$$
$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 16 \text{ K}$$
$$Q = 1,996 \cdot 10^{-1} \times 4,18 \cdot 10^3 \times 16$$
$$Q = 1,334 \cdot 10^4 \text{ J} = 13,34 \text{ kJ}$$

Dus één klontje smelt volledig.

- c De eindtemperatuur van het water leid je af door de hoeveelheid warmte die nodig is om drie klontjes ijs te smelten te vergelijken met de hoeveelheid energie die vrijkomt als water afkoelt tot 0 °C.

Om in totaal drie klontjes te kunnen laten smelten is $3 \times 5,4 = 16,2 \text{ kJ}$ aan warmte nodig.

Om het water af te koelen tot 0 °C is 13,34 kJ nodig. Dat is minder dan 16,2 kJ.

Als de temperatuur van het water is gedaald tot 0 °C, is nog een deel van het ijs niet gesmolten.

Het glas bevat dus water en ijs. De eindtemperatuur is dus 0 °C.