
Opgave 1

- a Eigen vorm: vaste stof.
- b Eigen volume: vaste stof en vloeistof.

Opgave 2

Alle drie de aggregatietoestanden: a en e

Sommige stoffen ontleden bij verwarmen voordat zij smelten of voordat zij verdampen.

Ontleden vóór het smelten: b papier, d suiker (ontleedt tijdens het smelten: karamelliseren).

Ontleden vóór het koken: f plastic g natriumcarbonaat

Opgave 3

- a Bij het smelten van ijs is warmte nodig.
- b Bij het bevriezen van water komt warmte vrij.

Opgave 4

- a stolpunt van water: 0 °C
- b stolpunt van ethanol: -114 °C
- c smeltpunt van ijzer: 1538 °C
- d smeltraject van glas: circa 1500 °C → glas wordt zacht bij circa 800 °C en is vloeibaar bij circa 1500 °C, afhankelijk van het soort glas.

Opgave 5

Bij afkoeling van de atmosfeer daalt de temperatuur. Bij 0 °C gaat water bevriezen. Zolang er water bevroert blijft de temperatuur op 0 °C doordat er stollingswarmte vrijkomt. Zo kan extra water op fruitbomen ervoor zorgen dat de temperatuur van de bloesem niet onder de 0 °C komt en zo vorstschade beperkt blijft.

Opgave 6

Je wilt de temperatuur van de stof weten, die moet dan wel gelijk zijn aan de omgeving waar de thermometer meet. Langzaam verwarmen dient om temperatuurverschillen te voorkomen.

Opgave 7

Smeltpunt is karakteristiek voor de stof dus je kunt aan het smeltpunt zien welke stof het is. Een scherp smeltpunt betekent: zuivere stof, een smeltraject betekent: onzuivere stof.

Opgave 8

Gegeven: $m_{\text{ijs}} = 0,150 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_s = 334 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$

Gevraagd: Q

Oplossing: $Q_{\text{smelt}} = m \cdot l_s = (0,150 \times 334 \cdot 10^3) \text{ J} = \mathbf{5,01 \cdot 10^4 \text{ J}}$

Opgave 9

20 g metaal.

Gegeven: $m_m = 0,020 \text{ kg}$, $Q_{\text{smelt}} = 7940 \text{ J}$

Gevraagd: l_s

Oplossing: a $Q_{\text{smelt}} = m \cdot l_s \rightarrow 7940 = 0,020 \times l_s \rightarrow l_s = 3,97 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

b aluminium

Opgave 10

IJzer Q

Gegeven: $l_{s,\text{ijzer}} = 2,76 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, $Q_{\text{smelt,ijzer}} = 1,0 \text{ MJ}$

Gevraagd: m_{ijzer}

Oplossing: $Q = m \cdot l_s \rightarrow 1,0 \cdot 10^6 \text{ J} = m_{\text{ijzer}} \times 2,76 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

$$m_{\text{ijzer}} = 1,0 \cdot 10^6 / 2,76 \cdot 10^5 = \mathbf{3,6 \text{ kg}}$$

Opgave 11

Paraffine.

Gegeven: $m = 0,050 \text{ kg}$, $l_s = 146,5 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$

Gevraagd: Q

Oplossing: $Q = m \cdot l_s \rightarrow Q = 0,050 \times 146,5 \cdot 10^3 = \mathbf{7,3 \cdot 10^3 \text{ J}}$

Opgave 12

IJs van $-10 \text{ }^\circ\text{C}$

Gegeven: $m_{\text{ijs}} = 0,070 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{water}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_s = 334 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$, $c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$

Gevraagd: Q

Oplossing:

$$Q_1 = m \cdot c_{\text{ijs}} \cdot \Delta T \rightarrow Q_1 = 0,070 \times 2,2 \cdot 10^3 \times 10 = 1,54 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q_2 = m \cdot l_s \rightarrow Q_2 = 0,070 \times 334 \cdot 10^3 = 2,34 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_3 = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_3 = 0,070 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 30 = 8,78 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1,54 \cdot 10^3 + 2,34 \cdot 10^4 + 8,78 \cdot 10^3 = \mathbf{3,4 \cdot 10^4 \text{ J} \quad (34 \text{ kJ})}$$

Opgave 13

Water koelen met ijs.

Gegeven: $m_{\text{water}} = 0,200 \text{ kg}$, $m_{\text{ijs}} = 0,010 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{water}} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{eind}} = 15,2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$

Gevraagd: a) Q_{water} b) Q_{ijswater} c) $Q_{\text{ijssmelten}}$ d) l_s

Oplossing:

a Het water staat af:

$$Q_{\text{water}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{water}} = 0,200 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (20,0 - 15,2) = \mathbf{4,0 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

b Het ijswater neemt op:

$$Q_{\text{iswater}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{ijswater}} = 0,010 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 15,2 = \mathbf{6,4 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

c Nodig voor het smelten: $4,0 \cdot 10^3 \text{ J} - 6,4 \cdot 10^2 \text{ J} = \mathbf{3,4 \cdot 10^3 \text{ J}}$

d Smeltwarmte: $3,38 \cdot 10^3 \text{ J} / 0,010 \text{ kg} = \mathbf{3,4 \cdot 10^5 \text{ J/kg}}$

Opgave 14

a Bij het condenseren van waterdamp komt er warmte vrij.

b Bij het verdampen van water is er warmte nodig.

Opgave 15

a kookpunt van ethanol: $78 \text{ }^\circ\text{C}$

b kookpunt van aceton: $56 \text{ }^\circ\text{C}$

Opgave 16

Uit de wand van een poreuze kruik verdampst water. Daar is warmte voor nodig, de kruik levert deze warmte en koelt daardoor zelf af.

Opgave 17

Transpiratie zorgt voor verdamping en daardoor voor afkoeling.

Opgave 18

Aceton verdampt gemakkelijk. En neemt daarbij warmte op. Je hand levert deze warmte en koelt daardoor af.

Opgave 19

Afkoelen tot het dauwpunt en dan niet verder afkoelen. Hoe kan dat?
Als waterdamp gaat condenseren dan komt er warmte vrij. Dus de afkoeling komt tot stilstand of verloopt langzamer.

Opgave 20

Gegeven: $m_{\text{water}} = 0,150 \text{ kg}$, $t_{\text{water}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

Gevraagd: $Q_{\text{verdamping}}$

Oplossing: $Q_{\text{verdamping}} = m \cdot l_v = 0,150 \times 2,26 \cdot 10^6 = \mathbf{3,39 \cdot 10^5 \text{ J}}$

Opgave 21

Onbekende vloeistof.

Gegeven: $m_X = 0,130 \text{ kg}$, $Q_{\text{verdamping}} = 38 \text{ kJ}$

Gevraagd: a) l_v b) welke stof?

Oplossing: a) $Q_{\text{verdamping}} = m \cdot l_v \rightarrow 3,8 \cdot 10^4 = 0,130 \times l_v \rightarrow l_v = \mathbf{2,9 \cdot 10^5 \text{ J/kg}}$
b) terpentijn

Opgave 22

Petroleum verdampen.

Gegeven: $Q_{\text{verdamping}} = 1,0 \text{ MJ}$, $l_v = 3,19 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ (Binas)

Gevraagd: m

Oplossing: $Q_{\text{verdamping}} = m \cdot l_v \rightarrow 1,0 \cdot 10^6 \text{ J} = m \times 3,19 \cdot 10^5 \rightarrow m = \mathbf{3,1 \text{ kg}}$

Opgave 23

Ether condenseert.

Gegeven: $l_v = 3,77 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ (Binas), $m = 0,050 \text{ kg}$

Gevraagd: m

Oplossing: $Q_{\text{verdamping}} = m \cdot l_v \rightarrow Q = 0,050 \times 3,77 \cdot 10^5 \rightarrow Q = \mathbf{1,9 \cdot 10^4 \text{ J}}$

Opgave 24

Water van 25 °C omzetten naar stoom van 100 °C.

Gegeven: $l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, $m = 0,035 \text{ kg}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$

Gevraagd: Q_{totaal}

Oplossing:

$$Q_{\text{opwarmen}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{opwarmen}} = 0,035 \times 4,18 \cdot 10^3 (100 - 25) \rightarrow Q_{\text{opw}} = 1,10 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\text{verdamping}} = m \cdot l_v \rightarrow Q = 0,035 \times 2,26 \cdot 10^6 \rightarrow Q_{\text{verd}} = 7,91 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{opw}} + Q_{\text{verd}} = 1,10 \cdot 10^4 \text{ J} + 7,91 \cdot 10^4 \text{ J} = \mathbf{90 \text{ kJ}}$$

Opgave 25

70 g ijs van $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ om zetten in stoom van $100 \text{ }^\circ\text{C}$

Gegeven: $m_{\text{ijs}} = 0,070 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_s = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, $c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

Gevraagd: Q_{totaal}

Oplossing: We moeten dus ijs van $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ opwarmen tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$ (Q_1), het ijs smelten (Q_2), dit opwarmen tot $100 \text{ }^\circ\text{C}$ (Q_3) en vervolgens verdampen (Q_4)

$$\text{Opwarmen ijs: } Q_1 = m \cdot c_{\text{ijs}} \cdot \Delta T \rightarrow Q_1 = 0,070 \times 2,2 \cdot 10^3 \times 10 = 1,54 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Smelten ijs: } Q_2 = m \cdot l_s \rightarrow Q_2 = 0,070 \times 3,34 \cdot 10^5 = 2,34 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Verwarmen water: } Q_3 = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_3 = 0,070 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 100 = 2,88 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Verdampen: } Q_4 = m \cdot l_v \rightarrow Q_4 = 0,070 \times 2,26 \cdot 10^6 \rightarrow Q_4 = 1,58 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$Q_{\text{totaal}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \mathbf{2,1 \cdot 10^5 \text{ J}}$$

Opgave 26

Waarvoor is de meeste warmte nodig? Het antwoord is: **d**

Vergelijk de fysische constanten:

$$l_s = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$$

$$c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$$

$$c_w = \text{J/(K} \cdot \text{kg)}$$

$$l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

Je ziet dat de verdampingswarmte de hoogste waarde heeft. Maar voor een eerlijke vergelijking moet je de *soortelijke warmte* van ijs en van water nog vermenigvuldigen met de temperatuurstijging. De massa is steeds even groot dus die kunnen we wel weglaten:

a ijs opwarmen: $2,2 \cdot 10^3 \times 50 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

b smelten: $3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

c water opwarmen: $4,18 \cdot 10^3 \times 100 = 4,18 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

d verdampen: $2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

Je ziet: per kg blijft de verdamping de hoogste waarde houden.

Opgave 27

Calorimeter met water.

Gegeven: $C_{\text{cal}} = 120 \text{ J/K}$, $m_{\text{water}} = 0,100 \text{ kg}$, $t_{\text{begin}} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$,
 $c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $m_{\text{ijs}} = 0,015 \text{ kg}$, $l_s = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

Gevraagd: t_{eind}

Oplossing:

Het ijs gaat smelten en koelt daarmee de calorimeter met water af.

De vraag is of alle ijs smelt of niet. We moeten dan eerst bekijken hoeveel warmte het ijs nodig heeft en hoeveel warmte het water en calorimeter kunnen leveren.

Smelten: $Q_{\text{smelten}} = m \cdot l_s \rightarrow Q_{\text{smelten}} = 0,015 \times 3,34 \cdot 10^5 = 5,01 \cdot 10^3 \text{ J}$

Maximale warmte afkoelen tot $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $Q_{\text{afkoelen}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T + C_{\text{cal}} \times \Delta T \rightarrow$

$Q_{\text{afkoelen}} = 0,100 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 20,0 + 120 \times 20,0 \rightarrow Q_{\text{afk}} = 1,08 \cdot 10^4 \text{ J}$

Je ziet dat de calorimeter en het water meer warmte kunnen leveren dan nodig is om alle ijs te smelten. Dus al het ijs smelt en het ijswater neemt daarna nog iets warmte op tot eindtemperatuur: t_{eind} .

Dus opgenomen:

Smelten ijs: $5,01 \cdot 10^3 \text{ J}$

Opwarmen ijswater: $Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_1 = 0,015 \times 4,18 \cdot 10^3 \times t_{\text{eind}} = 6,27 \cdot 10^1 \times t_{\text{eind}} \text{ J}$

Totaal nodig om ijs te smelten en op te warmen tot t_{eind} :

$Q_1 = (5,01 \cdot 10^3 + 6,27 \cdot 10^1 \times t_{\text{eind}}) \text{ J}$

Afgestaan:

Afkoelen water en calorimeter:

$Q_2 = m \cdot c_w \cdot \Delta T + C_{\text{cal}} \times \Delta T \rightarrow$

$Q_2 = 0,100 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (20,0 - t_{\text{eind}}) + 120 \times (20,0 - t_{\text{eind}}) \text{ J} \rightarrow$

$Q_2 = 8,36 \cdot 10^3 - 418 \times t_{\text{eind}} + 2,4 \cdot 10^3 - 120 \times t_{\text{eind}}$

Opgenomen is afgestaan: $Q_1 = Q_2 \rightarrow$

$5,01 \cdot 10^3 + 6,27 \cdot 10^1 \times t_{\text{eind}} = 8,36 \cdot 10^3 - 418 \times t_{\text{eind}} + 2,4 \cdot 10^3 - 120 \times t_{\text{eind}}$

$5010 + 63 \times t_{\text{eind}} = 8360 - 418 \times t_{\text{eind}} + 2400 - 120 \times t_{\text{eind}}$

$601 \times t_{\text{eind}} = 5750 \rightarrow t_{\text{eind}} = 9,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Opgave 28

Calorimeter met water + ijsblokje van $-5 \text{ }^\circ\text{C}$

Gegeven: $C_{\text{cal}} = 120 \text{ J/K}$, $m_{\text{water}} = 0,100 \text{ kg}$, $t_{\text{begin}} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_{\text{ijs}} = 0,015 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$, $l_s = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

Gevraagd: t_{eind}

Oplossing:

Bijna dezelfde vraag als de vorige. Alleen moet het ijsblokje nu opgewarmd worden van -5 °C tot 0 °C .

Het toegevoegde ijs neemt op:

$$\text{Opwarmen ijs: } Q_{\text{ijs}} = m \cdot c_{\text{ijs}} \cdot \Delta T \rightarrow Q = 0,015 \times 2,2 \cdot 10^3 \times 5 = 1,65 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$\text{Smelten: } Q_{\text{smelten}} = m \cdot l_s \rightarrow Q_{\text{smelten}} = 0,015 \times 3,34 \cdot 10^5 = 5,01 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Opw. ijswater: } Q_{\text{ijswater}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{ijswater}} = 0,015 \times 4,18 \cdot 10^3 \times t_{\text{eind}} = 6,27 \cdot 10^1 \times t_{\text{eind}} \text{ J}$$

Totaal wordt door het ijs opgenomen:

$$Q_{\text{opgenomen}} = (1,65 \cdot 10^2 + 5,01 \cdot 10^3 + 6,27 \cdot 10^1 \times t_{\text{eind}}) \text{ J} = 5175 + 63 \times t_{\text{eind}} \text{ J}$$

Afgestaan door water en calorimeter:

$$Q_{\text{af}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T + C_{\text{cal}} \times \Delta T \rightarrow$$

$$Q_{\text{af}} = 0,100 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (20,0 - t_{\text{eind}}) + 120 \times (20,0 - t_{\text{eind}}) \text{ J} \rightarrow$$

$$Q_{\text{af}} = 8360 - 418 \times t_{\text{eind}} + 2400 - 120 \times t_{\text{eind}} = 10760 - 538 \times t_{\text{eind}} \text{ J}$$

$$Q_{\text{opgenomen}} = Q_{\text{afgestaan}} \rightarrow$$

$$5175 + 63 \times t_{\text{eind}} = 10760 - 538 \times t_{\text{eind}}$$

$$601 \times t_{\text{eind}} = 5585 \rightarrow t_{\text{eind}} = 9,3\text{ °C}$$

Opgave 29

Calorimeter met water + ijsblokje van 35 g en -5 °C

Gegeven: $C_{\text{cal}} = 120 \text{ J/K}$, $m_{\text{water}} = 0,100 \text{ kg}$, $t_{\text{begin}} = 20,0\text{ °C}$, $m_{\text{ijs}} = 0,035 \text{ kg}$, $t_{\text{ijs}} = -5\text{ °C}$, $t_e = 0\text{ °C}$

$$c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}, c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}, l_s = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg,}$$

Gevraagd: $m_{\text{ijs,over}}$

Oplossing:

Het ijsblokje heeft een massa van 0,035 kg. Het smelt niet volledig. Het ijs moet eerst opgewarmd worden van -5 °C tot 0 °C . De eindtemperatuur is dus 0 °C .

We gaan uit van m kg ijs dat smelt. Het toegevoegde ijs neemt op:

$$\text{Opwarmen ijs: } Q_{\text{ijs}} = m \cdot c_{\text{ijs}} \cdot \Delta T \rightarrow Q = 0,035 \times 2,2 \cdot 10^3 \times 5 = 385 \text{ J}$$

(alle 35 g wordt opgewarmd)

$$\text{Smelten: } Q_s = m \cdot l_s \rightarrow Q_s = m \times 3,34 \cdot 10^5 = 3,34 \cdot 10^5 \times m \text{ J}$$

Totaal wordt door het ijs opgenomen:

$$Q_{\text{opgenomen}} = (385 + 3,34 \cdot 10^5 \times m) \text{ J}$$

Afgestaan door water en calorimeter:

$$Q_{\text{af}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T + C_{\text{cal}} \times \Delta T \rightarrow$$

$$Q_{\text{af}} = 0,100 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 20,0 + 120 \times 20,0 \rightarrow 8360 + 2400 = 10760 \text{ J}$$

$$Q_{\text{op}} = Q_{\text{af}} \rightarrow 385 + 3,34 \cdot 10^5 \times m = 10760 \rightarrow m = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \rightarrow 31 \text{ g}$$

35 g ijs werd toegevoegd, 31 g ijs is nodig om de eindsituatie van 0 °C te bereiken.
Er is dan nog $35 - 31 = 4$ g ijs over.

Opgave 30

Vloeibaar ijzer.

Gegeven: $m_{\text{Fe}} = 0,040$ kg, $t_{\text{b, Fe}} = 1811$ K = 1538 °C, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0$ kg, $t_{\text{b, H}_2\text{O}} = 20,0$ °C, $t_e = 29,3$ °C

Binas: $c_{\text{Fe}} = 4,6 \cdot 10^2$ J/(K · kg)

Gevraagd: $l_{\text{s, Fe}}$

Oplossing:

Het vloeibare ijzer stolt en staat daarbij warmte af, dan koelt het vaste ijzer af tot 29,3 °C en staat daarbij weer warmte af.

De warmte wordt opgenomen door het water.

Het ijzer staat warmte af:

$$Q_{\text{s, Fe}} = m \cdot l_{\text{s, Fe}} \rightarrow Q_{\text{s, Fe}} = 0,040 \times l_{\text{s, Fe}}$$

$$Q_{\text{Fe}} = m \cdot c_{\text{Fe}} \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{Fe}} = 0,040 \times 4,6 \cdot 10^2 \times (1538 - 29,3) = 2,78 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Ijzer staat dus aan warmte af: $0,040 \times l_{\text{s, Fe}} + 2,78 \cdot 10^4$ J

Water neemt warmte op:

$$Q_{\text{w}} = m \cdot c_{\text{w}} \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{w}} = 1,0 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (29,3 - 20,0) = 3,89 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\text{Fe}} = Q_{\text{w}} \rightarrow 0,040 \times l_{\text{s, Fe}} + 2,78 \cdot 10^4 = 3,89 \cdot 10^4$$

$$l_{\text{s, Fe}} = 1,11 \cdot 10^4 / 0,040 = 2,8 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$$

Opgave 31

150 g water van 18,5 °C.

Gegeven: $m_{\text{H}_2\text{O}} = 150$ g, $t_{\text{b, H}_2\text{O}} = 18,5$ °C, $m_{\text{stoom}} = 0,0049$ g, $t_{\text{b, stoom}} = 100$ °C

Binas: $l_v = 2,26 \cdot 10^6$ J/kg, $c_{\text{w}} = 4,18 \cdot 10^3$ J/(K · kg)

Gevraagd: t_e

Oplossing:

Het glas waarin het water zit laten we buiten beschouwing.

De stoom condenseert en staat dan warmte af, vervolgens koelt de gecondenseerde stoom af tot t_e . Het water warmt op tot t_e .

Stoom staat af:

$$Q_{\text{condens}} = m \cdot l_v \rightarrow Q_{\text{condens}} = 0,0049 \times 2,26 \cdot 10^6 = 1,11 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\text{af}} = m \cdot c_{\text{w}} \cdot \Delta T = 0,0049 \times 4180 \times (100 - t_e) = 2048 - 20,5 \times t_e$$

Totaal afgestaan: $1,11 \cdot 10^4 + 2048 - 20,5 \times t_e$

Het water neemt op:

$$Q_{\text{op}} = m_{\text{w}} \cdot c_{\text{w}} \cdot \Delta T = 0,150 \times 4180 \times (t_e - 18) = 627 \times t_e - 11286$$

$$Q_{af} = Q_{op} \rightarrow 1,11 \cdot 10^4 + 2048 - 20,5 \times t_e = 627 \times t_e - 11286$$

$$647,5 \times t_e = 24434 \rightarrow 38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Opgave 32

Calorimeter met 100 g water.

Gegeven: $C = 130 \text{ J/K}$, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \text{ g}$, $t_{b, \text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$, $m_{\text{stoom}} = 0,0029 \text{ g}$, $t_{b, \text{stoom}} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$,
 $t_e = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$

Binas: $c_w = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$

Gevraagd: $l_{v, \text{H}_2\text{O}}$

Oplissing:

De stoom condenseert. Daarbij wordt warmte afgestaan aan het water en de calorimeter. Vervolgens daalt de temperatuur van het gecondenseerde water tot $32 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Stoom staat af:

$$Q_{\text{condens}} = m \cdot l_v \rightarrow Q_{\text{condens}} = 0,0029 \times l_v \text{ J}$$

$$Q_{af} = m \cdot c_w \cdot \Delta T = 0,0029 \times 4180 \times (100 - 32) = 824 \text{ J}$$

$$\text{Totaal afgestaan: } 0,0029 \times l_v + 824$$

Opgenomen door water en calorimeter:

$$Q_{op,w} = m_w \cdot c_w \cdot \Delta T = 0,100 \times 4180 \times 14 = 5852 \text{ J}$$

$$Q_{op,C} = 130 \times 14 = 1820 \text{ J}$$

$$\text{Totaal opgenomen: } 5852 + 1820 = 7672 \text{ J}$$

$$Q_{op,w} = Q_{op,C} \rightarrow 0,0029 \times l_v + 824 = 7672 \rightarrow l_v = 2,4 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

Opgave 33

Kooksteentjes zorgen voor kookkernen, onregelmatigheden waar de dampvorming gemakkelijk begint.

Opgave 34

a Volgens de Binas-tabel 'verzadigingsdrukken van water' is dat bij: **98,7 °C**.

bij 94,4 kPa \rightarrow 98,0 °C

bij 97,9 kPa \rightarrow 99,0 °C

dus bij 96,8 kPa: $98,0 + (96,8 - 94,4) / (97,9 - 94,4) \times 1 \text{ } ^\circ\text{C} = 98,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

b Kookpunt: 102,7 °C, p ?

Volgens de Binas-tabel 'verzadigingsdrukken van water' is dat **111,6 kPa**.

bij 102 °C → $p = 108,9$ kPa

bij 103 °C → $p = 112,7$ kPa

voor 102,7 °C wordt dat: $108,9 + 0,7 \times (112,7 - 108,9) = 111,6$ kPa

Opgave 35

Een snelkookpan staat – tijdens gebruik – onder druk. Het is dan riskant hem te openen.

Opgave 36

Dampbellen ontstaan tegen de heersende druk in. Je moet dus de hydrostatische druk bij de barometerstand (luchtdruk) optellen. Voor a: $h_{\text{water}} = 0,05$ m. Dat is maar heel weinig maar voor b: $h_{\text{water}} = 1,5$ m dat gaat wel verschil maken in de kooktemperatuur.

a $p_b = 102,5$ kPa, $h_{\text{water}} = 0,05$ m

De waterdruk is dan: $h \cdot \rho \cdot g = 0,05 \times 998 \times 9,81 = 490$ Pa

Totale druk: $102500 + 490 = 102990$ Pa, afgerond: $10,30 \cdot 10^4$ Pa.

Volgens de tabel (Binas):

$10,13 \cdot 10^4$ Pa geeft kookpunt: 100,0 °C

$10,51 \cdot 10^4$ Pa geeft kookpunt: 101 °C

Onze druk ($10,30 \cdot 10^4$ Pa) ligt dicht bij de waarde van 100,0 °C.

Het kookpunt ligt maar iets hoger dan 100,0 °C.

Als we door interpolatie het nauwkeuriger bepalen:

$$100,0 + ((10,30 - 10,13) / (10,51 - 10,13)) \times 1,0 = \mathbf{100,4 \text{ °C}}$$

b $h_{\text{water}} = 1,5$ m → $1,5 \times 998 \times 9,81 = 16490$ Pa

Totale druk: $102500 + 16490 = 117190$ Pa, afgerond: $11,72 \cdot 10^4$ Pa.

Volgens de tabel (Binas):

$11,67 \cdot 10^4$ Pa geeft kookpunt: 104 °C

$14,34 \cdot 10^4$ Pa geeft kookpunt: 110 °C

Onze druk ($11,72 \cdot 10^4$ Pa) ligt dicht bij de waarde van 104 °C.

Het kookpunt ligt ruim 4 °C hoger dan 100,0 °C!

Nauwkeuriger bepalen:

$$104 + ((11,72 - 11,67) / (14,34 - 11,67)) \times 6 = \mathbf{104,1 \text{ °C}}$$

Opgave 37

Proef van Franklin.

- a De waterdamp condenseert ten dele door de afkoeling. De stop wordt door de luchtdruk vastgedrukt.
- b De lucht is grotendeels weggeduwd door de waterdamp. Er zijn dus vooral watermoleculen aanwezig.
- c Door de afkoeling condenseert de waterdamp, de verzadigingsdruk gaat sterk omlaag.
- d Het resterende water is nog warm en zal bij de lage druk van de afgekoelde damp weer gaan koken.
- e Als de proef goed wordt uitgevoerd daalt de druk echt sterk in de kolf, er ontstaat bijna vacuüm! De buitenlucht blijft vanzelfsprekend zijn volle druk uitoefenen. Met een tik tegen de kolf zou hij kunnen imploderen.

Opgave 38

Luchtbellen die in warm water ontstaan gaan helemaal naar het oppervlak om daar te ontsnappen. Waterdampbelletjes die *aan de bodem* ontstaan klappen door de lagere temperatuur boven in het water in elkaar.

Opgave 39

Koken bij verlaagde druk.

- a bij 2000 Pa kookt water bij: 17,5 °C
- a bij 1000 Pa kookt water bij: 7,0 °C

Opgave 40

Als je het koelwater boven op de koeler aansluit loopt het water meteen weg en heb je geen gevulde koelbuis. Door het water aan de lage kant aan te sluiten loopt de buis wel vol en bovendien is het koelste deel van de koelbuis dan aan het eind van de koeler. Het koelwater loopt dan tegen de dampstroom in en koelt daarmee over de hele lengte van de buis.

Opgave 41

Een zoutoplossing bevriest bij een lagere temperatuur.

Het zout zal aanwezig ijs dan ook doen smelten. Als het erg koud wordt dan is zout natuurlijk niet voldoende.

Opgave 42

- a Vriespuntdaling is evenredig met het aantal deeltjes.
Hoe lager de molaire massa des te meer deeltjes per kg.

- b De vloeistof mag natuurlijk niet gaan koken als het heel warm wordt, buiten maar ook onder de motorkap.

Opgave 43

0,10 mol deeltjes in 1,0 kg water.

Gegeven: $n = 0,10$, $m = 1,0$ kg, $K_f = 1,86$ °C kg/mol (tabel)

Gevraagd: vriespunt

Oplossing:

$$\Delta T = K_f \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 1,86 \times 0,1 / 1,0 = 0,186 \text{ °C}$$

De vriespuntsdaling is 0,186 °C, afgerond: 0,19. dus het vriespunt wordt: **-0,19 °C**

Opgave 44

0,24 mol deeltjes in 200 mL water.

Gegeven: $n = 0,24$, $V = 200$ mL, $K_b = 0,52$ °C kg/mol (tabel 14.1)

Gevraagd: kookpunt

Oplossing:

$$m = 0,200 \text{ mL} \times 0,998 \text{ g/mL} = 199,6 \text{ g} \rightarrow 0,200 \text{ kg}$$

$$\Delta T = K_b \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 0,52 \times 0,24 / 0,200 = 0,62 \text{ °C}$$

De kookpuntsverhoging is 0,62 °C, dus het kookpunt wordt: 100,0 + 0,62 = **100,6 °C**

Opgave 45

x mol deeltjes in 400 g alcohol.

Gegeven: $m = 0,400$ kg, ΔT (kookpunt) = 0,12 °C

Gevraagd: n

Oplossing:

$$\Delta T = K_b \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 1,19 \times n / 0,400 = 0,12 \text{ °C} \rightarrow n = \mathbf{0,040 \text{ mol}}$$

Opgave 46

Rietsuiker in water.

Gegeven: 24 g rietsuiker, $m = 0,287$ kg water, $K_b = 0,52$ °C kg/mol, $K_f = 1,86$ °C kg/mol (tabel), $M_{\text{suiker}} = 342,3$ g/mol (tabel)

Gevraagd: a) kookpunt b) vriespunt

Oplossing: $n_{\text{suiker}} = 24 \text{ g} / 342,3 \text{ g/mol} = 0,070 \text{ mol}$

a $\Delta T = K_b \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 0,52 \times 0,070 / 0,287 = 0,13 \text{ °C}$

De kookpuntsverhoging is 0,13 °C, dus het kookpunt wordt: 100,0 + 0,13 = **100,1 °C**

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Natuurkunde voor het MBO, Deel 2 ISBN 9789491764431, 1^e druk, Uitgeverij Syntax Media
Hoofdstuk 6 Fasen bladzijde 13

$$b \quad \Delta T = K_f \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 1,86 \times 0,070 / 0,287 = 0,45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De vriespuntsdaling is 0,45 °C, dus het vriespunt wordt: **-0,45 °C**

Opgave 47

Glycerol in water.

Gegeven: $m_{\text{water}} = 0,150 \text{ kg}$, $K_b = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C kg/mol}$, $M_{\text{glycerol}} = 92,0 \text{ g/mol}$, $t_b = 101,2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Gevraagd: m_{glycerol}

Oplossing:

$$\Delta T = K_b \cdot \frac{n}{m} \rightarrow \Delta T = 0,52 \times n / 0,150 = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow n = 0,346 \text{ mol}$$

$$m = n \times M \rightarrow 0,346 \text{ mol} \times 92,0 \text{ g/mol} = \mathbf{32 \text{ g}}$$