
Opgave 1

- a Alcohol (ethanol) smeltpunt: $-115\text{ }^{\circ}\text{C}$ en kookpunt: $78\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nu zal de vloeistof niet gaan koken want het bevindt zich in een afgesloten ruimte. Maar de dampdruk neemt wel toe bij hoge T. De ethanolthermometer kan wel kapot gaan. Ethanol is dan vooral geschikt als binnen- en buitethermometer (-20 tot $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

- b Kwik is heel geschikt als laboratoriumthermometer omdat het kookpunt $357\text{ }^{\circ}\text{C}$ is.
c Petroleum is geschikt van $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot maximaal $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kookpunt).
-

Opgave 2

Water is niet geschikt als thermometervloeistof omdat water onregelmatig uitzet.

Opgave 3

Een smalle stijgbuis geeft een groot verschil in vloeistofniveau bij temperatuurstijging.

Opgave 4

Het absolute nulpunt is 0 Kelvin of $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Opgave 5

- a $300\text{ K} = 300 - 273 = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$
b $200\text{ K} = 200 - 273 = -73\text{ }^{\circ}\text{C}$
c $249\text{ K} = 249 - 273 = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$
-

Opgave 6

- a $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 20 + 273 = 293\text{ K}$
b $100\text{ }^{\circ}\text{C} = 100 + 273 = 373\text{ K}$
c $-50\text{ }^{\circ}\text{C} = -50 + 273 = 223\text{ K}$
-

Opgave 7

Een stijging van $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ op de Celsiuschaal komt overeen met 10 K op de Kelvinschaal.

Opgave 8

Oude gaschromatograaf.

Een temperatuurverschil van 9 graden op de Fahrenheitchaal komt overeen met een temperatuurverschil van 5 graden op de Celsiuschaal.

Een temperatuurstijging van 2,5 °F/min is op de Celsiuschaal daarom 5/9^e maal zo groot.

a Dus: $2,5 \times 5/9 = \mathbf{1,9 \text{ °C/min}}$

Voor een afgelezen waarde geldt: $t_C = (t_F - 32) \cdot 5/9$

b t_F (afgelezen waarde in Fahrenheit) = 300 °F

$$t_C = (300 - 32) \cdot 5/9 = \mathbf{149 \text{ °C}}$$

Opgave 9

Zilveren staaf

Gegeven: $T = 20 \text{ °C}$, $l_{20} = 74,00 \text{ cm}$

Gevraagd: $l_{50} = ?$

Oplossing:

$$\alpha_{Ag} = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \quad l_{50} = l_{20} \cdot (1 + \alpha_{Ag} \cdot \Delta T) \rightarrow$$

$$l_{50} = 74,00 \times (1 + 19,2 \cdot 10^{-6} \times 30) = \mathbf{74,04 \text{ cm}}$$

Opgave 10

Glazen roerstaafje

Gegeven: $T = 20 \text{ °C}$, $\Delta T = 80 \text{ °C}$ en $\Delta l = 0,13 \text{ mm}$

Gevraagd: $l_{20} = ?$

Oplossing:

$$\alpha_{glas} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \quad \Delta l = l_{20} \cdot \alpha_{glas} \cdot \Delta T \rightarrow 0,13 = l_{20} \times 8,5 \cdot 10^{-6} \times 80$$

$$l_{20} = 0,13 / 6,8 \cdot 10^{-4} = 191 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{19 \text{ cm}}$$

Opgave 11

Metalen staaf

Gegeven: $T = 5 \text{ °C}$, $l_5 = 2,5000 \text{ m}$, $l_{85} = 2,5012 \text{ m}$

Gevraagd: $\alpha_{metaal} = ?$

Oplossing:

$$\Delta l = l_5 \cdot \alpha_{metaal} \cdot \Delta T \rightarrow 0,0012 \text{ m} = 2,5000 \times \alpha_{metaal} \times 80 \rightarrow \alpha_{metaal} = \mathbf{6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}}$$

Opgave 12

pvc buis

Gegeven: $T = 20 \text{ °C}$, $l_{20} = 2,000 \text{ m}$, bij welke temperatuur $l = 2,010 \text{ m}$

Gevraagd: bij welke temperatuur $l = 2,5010 \text{ m}$

Oplossing: $\alpha_{pvc} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ('hard pvc')

Uitwerkingen van de opgaven uit:

$$\Delta l = l_{20} \cdot \alpha_{\text{pvc}} \cdot \Delta T \rightarrow 0,010 \text{ m} = 2,000 \times 80 \cdot 10^{-6} \times \Delta T \rightarrow \Delta T = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 20 + 63 = \mathbf{83 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Opgave 13

Stalen meetlat

Gegeven: $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_{20} = 100,00 \text{ cm}$,

Gevraagd: $l_{35} = ?$

Oplossing: $\alpha_{\text{staal}} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$l_{35} = l_{20} \cdot (1 + \alpha_{\text{staal}} \cdot \Delta T) \rightarrow l_{35} = 100,00 \times (1 + 10 \cdot 10^{-6} \times 15) = \mathbf{100,02 \text{ cm}}$$

Opgave 14

Spoorrail

Gegeven: $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $l_0 = 30 \text{ m}$,

Gevraagd: a $l_{50} = ?$, b ruimte tussen de railstaven? c $l_{-20} = ?$ d ruimte tussen de railstaven bij $-20 \text{ }^\circ\text{C}$?

Oplossing: $\alpha_{\text{ijzer}} = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

a $l_{50} = l_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{ijzer}} \cdot \Delta T) \rightarrow l_{50} = 30 \text{ m} \times (1 + 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 50 \text{ K}) = \mathbf{30,018 \text{ m}}$

b Voor elke staaf is er **1,8 cm** ruimte nodig.

c Er is nu geen uitzetting maar krimp, dat vind je terug in $\Delta T = -20 \text{ K}$

$$l_{-20} = l_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{ijzer}} \cdot \Delta T) \rightarrow l_{-20} = 30 \text{ m} \times (1 + 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times -20 \text{ K}) = \mathbf{29,993 \text{ m}}$$

d De ruimte tussen twee staven is bij $-20 \text{ }^\circ\text{C}$: $1,8 \text{ cm} + 0,7 \text{ cm} = \mathbf{2,5 \text{ cm}}$.

Opgave 15

Bij hoge stroomsterkte wordt het bimetaal warm, trekt krom en schakelt daarmee de stroom uit.

Opgave 16

IJzer: $\alpha_{\text{ijzer}} = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Koper: $\alpha_{\text{koper}} = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

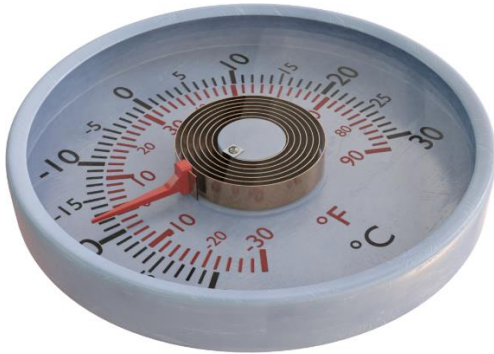


Koper zet sterker uit dan ijzer. Het bimetaal trekt dus krom naar boven.

Opgave 17

Een bimetaalthermometer bestaat meestal uit een combinatie van twee metalen op elkaar gelijmd of gesmolten. Uitgevoerd als dunne strip in een spiraal- of schroefvorm. De strip is aan een wijzer verbonden en bij temperatuurverhoging wordt de strip langer. De verandering wordt direct op de wijzer overgebracht.

<https://www.tec-science.com/thermodynamics/temperature/how-does-a-bimetallic-strip-thermometer-work/>



Opgave 18

$$\gamma = 3 \alpha \rightarrow \gamma = 3 \times 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \mathbf{3,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$$

Opgave 19

$$\gamma = 3 \alpha$$

- a lood: $3 \times 28,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \mathbf{8,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$
- b messing: $3 \times 21 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \mathbf{6,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$
- c perspex: $3 \times 80 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \mathbf{2,4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}}$
- d kwik: $182 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \mathbf{1,82 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}}$

Opgave 20

Ether

Gegeven: $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_0 = 85,0 \text{ cm}^3$,

Gevraagd: $V_{20} = ?$

Oplossing: $\gamma_{\text{ether}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$$V_{20} = V_0 \cdot (1 + \gamma_{\text{ether}} \cdot \Delta T) \rightarrow V_{20} = 85,0 \text{ cm}^3 \times (1 + 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \times 20 \text{ K}) = \mathbf{87,9 \text{ cm}^3}$$

Opgave 21

Bak van zink

Gegeven: $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_0 = 40,00 \text{ dm}^3$,

Gevraagd: ΔV als $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$?

Oplossing: $\gamma_{\text{zink}} = 3 \times 29,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Natuurkunde voor het MBO, Deel 1 ISBN 9789491764424 , 1^e druk, Uitgeverij Syntax Media

Hoofdstuk 7 Uitzetting

bladzijde 5

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma_{\text{zink}} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 40,00 \text{ dm}^3 \times 3 \times 29,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 50 \text{ K} = \mathbf{0,18 \text{ dm}^3}$$

Opgave 22

Gegeven: $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_0 = 200,00 \text{ cm}^3$
 $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{25} = 200,45 \text{ cm}^3$

Gevraagd: Lineaire uitzettingscoëfficiënt

Oplossing:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow 0,45 = 200,00 \times 3 \times \alpha \times 25 \rightarrow \alpha = \mathbf{30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}}$$

Opgave 23

Maatcilinder

Gegeven: $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{20} = 200,00 \text{ mL}$

Gevraagd: $T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{70} = ? \text{ mL}$

Oplossing: gewoon glas: $\alpha = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$V_{70} = V_0 \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow V_{70} = 200,00 \text{ mL} \times (1 + 3 \times 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 50 \text{ K}) = \mathbf{200,26 \text{ mL}}$$

Opgave 24

Siliconenolie

Gegeven: $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{30} = 4,50 \text{ L}$

Gevraagd: $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{10} = ? \text{ L}$

Oplossing: siliconenolie: $\gamma = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$$V_{10} = V_{30} \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T) \rightarrow V_{10} = 4,50 \text{ L} \times (1 + 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \times -20 \text{ K}) = \mathbf{4,36 \text{ L}}$$

Opgave 25

Maatcilinder geheel gevuld met glycerol.

Gegeven: $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{20} = 100,0 \text{ cm}^3$

Gevraagd: Verwarmen tot $60 \text{ }^\circ\text{C}$, hoeveel glycerol stroomt over?

Oplossing: gewoon glas: $\alpha = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

glycerol: $\gamma = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

Het glas zet uit: $V_{60} = 100,0 \times (1 + 3 \times 8,5 \cdot 10^{-6} \times 40) \rightarrow V_{60} = 100,10 \text{ cm}^3$

De glycerol zet uit: $V_{60} = 100,0 \times (1 + 0,5 \cdot 10^{-3} \times 40) \rightarrow V_{60} = 102,00 \text{ cm}^3$

Verschil: $\mathbf{1,9 \text{ cm}^3}$

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Het kan natuurlijk ook korter: Verschil in uitzetting per graad:

$$\Delta\gamma = 0,5 \cdot 10^{-3} - 3 \times 8,5 \cdot 10^{-6} = 4,75 \cdot 10^{-3} \text{ per graad}$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \Delta\gamma \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 100,0 \times 4,75 \cdot 10^{-4} \times 40 = \mathbf{1,9 \text{ cm}^3}$$

Opgave 26

Gegeven: CV met 150,0 L water, $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$

Gevraagd: a ΔV als $T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, b Volume expansievat ten minste?

Oplossing: a water: $\gamma = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$$\Delta V = V_{20} \cdot \gamma \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 150,0 \times 0,21 \cdot 10^{-3} \times 60 = \mathbf{1,9 \text{ L}}$$

b Volume expansievat ten minste: **1,9 L**.

Opgave 27

a Het grootste volume geeft ook de grootste volumetoename. Dus thermometer A.

b Hoe kleiner het volume hoe sneller dit volume is opgewarmd, dus: B.

Opgave 28

D is het nauwkeurigst. Door de kleine diameter is de stijging groter.

Opgave 29

De uitzetting van water in het temperatuurgebied $0 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ niet lineair. Bij $0 \text{ }^\circ\text{C}$ begint water te bevriezen.

Opgave 30

a Een pyrometer is een metalen staafje om – door uitzetting - hoge temperaturen mee te meten, bijvoorbeeld in een oven. Of: een infraroodthermometer waarmee je op afstand temperaturen meet.

b Tin is onbruikbaar als metalen pyrometer omdat tin al smelt bij $505 \text{ }^\circ\text{C}$.

Opgave 31

Een infrarood-thermometer gebruikt de door warme voorwerpen uitgezonden IR-straling. De IR-straling wordt geconvergeerd op een infrarood gevoelige sensor.

Je meet op afstand heel hoge temperaturen bijvoorbeeld in een oven.

Je meet lichaamstemperatuur via een orgaan bijvoorbeeld het oor.

Opgave 32

Bimetaal I Zn – Invar $\alpha_{Zn} = 29,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
 $\alpha_{invar} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$\alpha_{Zn} / \alpha_{inva} = 15$

Bimetaal II Fe – messing $\alpha_{Fe} = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
 $\alpha_{mes} = 21 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$\alpha_{mes} / \alpha_{Fe} = 1,8$

Bimetaal I is het meest gevoelig, de verhouding tussen de uitzettingscoëfficiënten is hierbij het grootst.

Opgave 33

Gegeven: Bimetaal zink en rvs, $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta l_{Zn} = 0,24 \text{ mm}$

Gevraagd: Δl_{rvs} ?

Oplossing: Om Δl_{rvs} te berekenen moeten we de lengte weten.

zink: $\alpha = 27,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

rvs: $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$\Delta l_{Zn} = l_{20} \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta T \rightarrow 0,24 = l_{20} \times 29,7 \cdot 10^{-6} \times 80 \rightarrow l_{20} = 101 \text{ mm}$

Uitzetting rvs:

$\Delta l_{rvs} = l_{20} \cdot \alpha_{rvs} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta l = 101 \times 10 \cdot 10^{-6} \times 80 \rightarrow l_{20} = \mathbf{0,081 \text{ mm}}$

Het kan ook sneller, elke uitzetting is evenredig met de uitzettingscoëfficiënt*

$\Delta l_{rvs} = (10/29,7) \times 0,24 \text{ mm} = \mathbf{0,081 \text{ mm}}$

$\Delta l_{rvs} = l_{20} \cdot \alpha_{rvs} \cdot \Delta T$ delen door $\Delta l_{Zn} = l_{20} \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta T$ geeft: $\Delta l_{rvs} / \Delta l_{Zn} = \alpha_{rvs} / \alpha_{Zn}$

Opgave 34

Gegeven: Thermometer met $60,00 \text{ mm}^3$ kwik, $T_1 = 15,0 \text{ }^\circ\text{C}$, diameter buis: $0,10 \text{ mm}$.

$T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Gevraagd: a) ΔV , stijging Hg?

Oplossing:

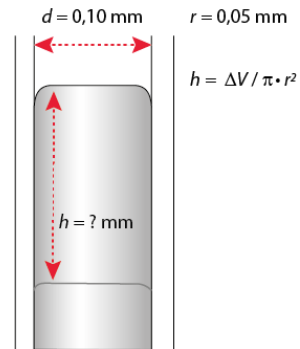
a $\Delta V = V_{15} \cdot \gamma_{Hg} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 60,00 \text{ mm}^3 \times 182 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 15,0 \text{ K} = \mathbf{0,164 \text{ mm}^3}$

b 0,164 mm³ geeft aan niveaustijging?

$$\Delta V = h \cdot A \rightarrow \Delta V = h \cdot \pi \cdot r^2 \rightarrow h = \Delta V / \pi \cdot r^2$$

$$r = d/2 = 0,10/2 = 0,05 \text{ mm}$$

$$h = 0,164 / \pi \times 0,05^2 = \mathbf{21 \text{ mm}}$$



Opgave 35

Gegeven: Kwikthermometer, doorsnede (A) buis: 0,020 mm².

$\Delta h = 8,0 \text{ mm}$ per graad temperatuurstijging.

Gevraagd: V_{Hg}

Oplossing: $\Delta V = h \cdot A \rightarrow \Delta V = 8,0 \text{ mm} \times 0,020 \text{ mm}^2 = 0,160 \text{ mm}^3$

$$\Delta V = V_{\text{Hg}} \cdot \gamma_{\text{Hg}} \cdot \Delta T \rightarrow$$

$$0,160 \text{ mm}^3 = V_{\text{Hg}} \times 182 \cdot 10^{-6} \times 1 \rightarrow V_{\text{Hg}} = 897 \text{ mm}^3 \rightarrow \mathbf{0,90 \text{ cm}^3}$$

Maar ... houden we rekening met de uitzetting van glas, dan:

$$\gamma_{\text{glas}} = 3 \times 8,5 \cdot 10^{-6} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{glas}} = 1,82 \cdot 10^{-4} - 2,6 \cdot 10^{-5} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

En dus: $\Delta V = V \cdot \gamma_{\text{Hg-glas}} \cdot \Delta T \rightarrow$

$$0,160 \text{ mm}^3 = V_{\text{Hg}} \times 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \rightarrow V = 1,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \mathbf{1,0 \text{ cm}^3}$$

Opgave 36

Gegeven: Pyknometer met water. $T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, er stroomt dan 0,14 mL water uit.

Gevraagd: $V_{\text{pyknometer}}$

Oplossing: $\Delta V = 0,14 \text{ mL}$, $\Delta T = 20 \text{ K}$

$$\gamma_{\text{water}} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{glas}} = 3 \times 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{water}} - \gamma_{\text{glas}} = 2,1 \cdot 10^{-4} - 2,6 \cdot 10^{-5} = 1,84 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta V = V \cdot \gamma_{\text{w-g}} \cdot \Delta T \rightarrow 0,14 \text{ mL} = V \times 1,84 \cdot 10^{-4} \times 20 \rightarrow V = \mathbf{25 \text{ mL}}$$

Opgave 37

Gegeven: Oliebad van RVS. $T_1 = 20\text{ °C}$, $V_{20} = 16,50\text{ dm}^3$.
 $T_2 = 80\text{ °C}$.

Gevraagd: a V_{80} ?
b V_{20} siliconenolie maximaal?

Oplossing: $\gamma_{\text{sil}} = 1,6 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ $\gamma_{\text{RVS}} = 3 \times 10 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

a We kijken eerst hoe groot het vat wordt: $V_{80} = V_{20} \cdot (1 + \gamma_{\text{RVS}} \cdot \Delta T) \rightarrow$
 $V_{80} = 16,50\text{ dm}^3 \times (1 + 3,0 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1} \times 60\text{ K}) = \mathbf{16,53\text{ dm}^3}$

b Dat is ook het maximale volume van de olie, het startvolume van de olie ($V_{20,\text{sil}}$) is dan:

$$16,50\text{ dm}^3 = V_{20,\text{sil}} \times (1 + 1,6 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1} \times 60\text{ K}) \rightarrow V_{20,\text{sil}} = \mathbf{15,08\text{ dm}^3}$$

Opgave 38

Gegeven: IJzeren cirkelvormige band om een houten wiel. $T_1 = 20\text{ °C}$,
Diameter moet van 80,0 cm naar 80,1 cm.

Gevraagd: $T_2 = ?\text{ °C}$.

Oplossing: De diameter is 80,0 cm, dus omtrek: $d \times \pi = 80,0 \times \pi = 251\text{ cm}$
De diameter wordt 80,1 cm, dan is de omtrek: 252 cm.

De ijzeren band moet dus in lengte toenemen van 251 cm tot 252 cm:

$$\Delta l = 1 = 251 \times 11,7 \cdot 10^{-6} \times \Delta T \rightarrow \Delta T = 34\text{ °C} \quad T_2 = 20 + 34 = \mathbf{54\text{ °C}}$$

Opgave 39

a Twee dunne metaalstroken worden aan elkaar gesmolten. Metaal 1 zet sterker uit bij temperatuurverhoging dan metaal 2. Hierdoor buigt de metaalstrip met metaal 1 aan de bolle kant en metaal 2 aan de holle kant. Door ijking kun je hier een thermometer van maken.

b $\alpha_{\text{Zn}} = 29,7 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

$$\alpha_{\text{koper}} = 16,8 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$$

$$\Delta\alpha = 12,9 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1} \quad \Delta l = 15,00 \times 12,9 \cdot 10^{-6} \times 180 = \mathbf{0,035\text{ cm}}$$

c Zink smelt bij 693 K (420 °C).

Opgave 40

Gegeven: IJzer, $\rho_{20} = 7,89 \text{ g/cm}^3$

$$T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Gevraagd: ρ_{80}

Oplossing: $\alpha_{\text{ijzer}} = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$\rho_{80} = \rho_{20} / (1 + 3 \times \alpha_{\text{ijzer}} \times \Delta T) \quad \gamma_{\text{ijzer}} = 3 \times \alpha_{\text{ijzer}}$$

$$\rightarrow \rho_{80} = 7,89 / (1 + 3 \times 11,7 \cdot 10^{-6} \times 60) = \mathbf{7,87 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 41

Gegeven: Alcohol, $\rho_{20} = 0,789 \text{ g/cm}^3$

$$T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Gevraagd: ρ_{10}

Oplossing: $\gamma_{\text{alcohol}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$$\rho_{10} = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{alcohol}} \cdot \Delta T)$$

$$\rho_{10} = 0,789 / (1 + 1,1 \cdot 10^{-3} \times -10) = \mathbf{0,798 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 42

Gegeven: Vloeistof, $\rho_{20} = 0,912 \text{ g/cm}^3$

$$T_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}, \rho_{50} = 0,901 \text{ g/cm}^3$$

Gevraagd: $\gamma_{\text{vloeistof}}$

Oplossing: $\rho_{50} = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{vloeistof}} \cdot \Delta T)$

$$0,901 = 0,912 / (1 + \gamma_{\text{vloeistof}} \times 30) \rightarrow \gamma_{\text{vloeistof}} = \mathbf{4,1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}}$$

Opgave 43

Gegeven: Glycerol, $V_0 = 20,0 \text{ mL}$,

$$\rho_{20} = 1,26 \text{ g/cm}^3, \gamma_{\text{glycerol}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Gevraagd: m

Oplossing: $m = V_0 \cdot \rho_0$

$$\rho_0 = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{vloeistof}} \cdot \Delta T) \rightarrow \rho_0 = 1,26 / (1 + 0,5 \times 10^{-3} \times -20) = 1,273 \text{ g/cm}^3$$

$$m = V_0 \cdot \rho_0 \rightarrow m = 20,0 \text{ mL} \times 1,273 \text{ g/mL} = \mathbf{25,5 \text{ g}}$$

Opgave 44

Gegeven: Koper, $T = 50,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $m = 20,00 \text{ g}$,

$$\rho_{20} = 8,884 \text{ g/cm}^3, \gamma_{\text{koper}} = 3 \times 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Gevraagd: V_{50}

Oplossing: $V_{50} = m / \rho_{50}$

$$\rho_{50} = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{koper}} \cdot \Delta T) \rightarrow \rho_{50} = 8,884 / (1 + 3 \times 16,8 \cdot 10^{-6} \times 30) = 8,8706 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{50} = m / \rho_{50} \rightarrow V_{50} = 20,00 \text{ g} / 8,8706 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{2,255 \text{ cm}^3}$$

Opgave 45

Gegeven: Vloeistof, $T = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20} = 0,7930 \text{ g/mL}$,

$$\gamma_{\text{vloeistof}} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Gevraagd: ρ_{19} en ρ_{20}

Oplossing:

$$\rho_{19} = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{vloeistof}} \cdot \Delta T) \rightarrow \rho_{19} = 0,7930 / (1 + 1,24 \cdot 10^{-3} \times -1) = \mathbf{0,7940 \text{ g/cm}^3}$$

$$\rho_{21} = \rho_{20} / (1 + \gamma_{\text{vloeistof}} \cdot \Delta T) \rightarrow \rho_{21} = 0,7930 / (1 + 1,24 \cdot 10^{-3} \times 1) = \mathbf{0,7920 \text{ g/cm}^3}$$