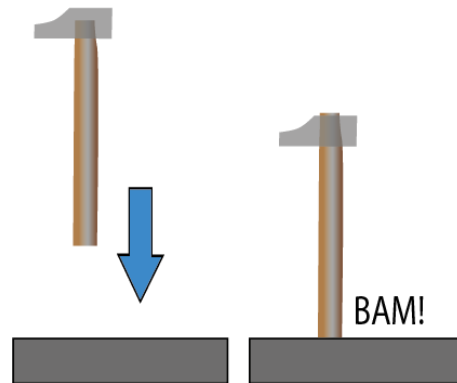

Opgave 1

- a Op het moment dat de tram stopt bewegen de passagiers nog steeds. Deze beweging blijft bestaan totdat er een kracht op ze werkt die ze doet stoppen. Dit noemen we 'traagheid'. Die kracht komt dan bijvoorbeeld uit een botsing met rugleuning. Vastgrijpen. Afzetten met de benen, enzovoort.
- b Naar *achteren* bewegen als de tram gaat rijden. De persoon beweegt niet echt naar achteren Maar door traagheid gaat hij niet vanzelf meebewegen: er moet een kracht op werken. De rugleuning duwt hem naar voren.
- c Naar *rechts* bewegen als de tram een bocht naar links neemt. De persoon beweegt niet echt naar rechts maar door de traagheid blijft hij rechtdoor gaan terwijl de tram naar links gaat. Totdat een kracht hem mee de bocht om duwt.

Opgave 2

De kop van een hamer zet zich vast door hem met de steel op de grond te stoten.
Je maakt gebruik van de traagheid. De (zware) kop van de hamer blijft in zijn beweging volharden en schuift dus verder de steel op.



Opgave 3

Gegeven: $m = 5,0 \text{ kg}$, $a = 20 \text{ N}$

Gevraagd: $a?$

Oplossing: $F = m \cdot a \rightarrow F = 5,0 \times 2,0 = 10 \text{ N}$

Opgave 4

Gegeven: $m = 400 \text{ g}$, $F = 2,0 \text{ N}$

Gevraagd: $a?$

Oplossing: $400 \text{ g} = 0,400 \text{ kg}$ $F = m \cdot a \rightarrow 2,0 = 0,400 \times a \rightarrow a = 50 \text{ m/s}^2$

Opgave 5

Gegeven: $a = 2,9 \text{ m/s}^2$, $F = 3,6 \cdot 10^3 \text{ N}$

Gevraagd: m ?

Oplossing: $F = m \cdot a \rightarrow 3,6 \cdot 10^3 = m \times 2,9 \rightarrow m = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$

Opgave 6

Gegeven: $m = 12,4 \text{ kg}$, $a = 9,81 \text{ m/s}^2$

Gevraagd: F ?

Oplossing: $F = m \cdot a \rightarrow F = 12,4 \times 9,81 \rightarrow F = 122 \text{ N}$

Opgave 7

Gegeven: $F = 28 \text{ N}$, $a = 0,40 \text{ m/s}^2$

Gevraagd: m ?

Oplossing: $F = m \cdot a \rightarrow 28 = m \times 0,40 \rightarrow m = 70 \text{ kg}$

Opgave 8

a Gewicht: $G = m \times g \rightarrow 20,0 \times 9,81 = 196 \text{ N}$

b Zwaartekracht: $F_z = m \cdot g \rightarrow 20,0 \times 9,81 = 196 \text{ N}$

c Massa: **20,0 kg**

Opgave 9

Noordpool: $g = 9,83 \text{ m/s}^2$, dus:

Gewicht: $G = m \cdot g \rightarrow 20,0 \times 9,83 = 197 \text{ N}$

b Zwaartekracht: $F_z = m \cdot g \rightarrow 20,0 \times 9,83 = 197 \text{ N}$

c Massa: **20,0 kg**

Opgave 10

Met de veerbalans meet je het gewicht. In rust is dat de zwaartekracht: $F_z = m \cdot g$. De veerbalans heeft een schaalverdeling die geijkt is bij een gegeven waarde van g . Op een andere plaats, bijvoorbeeld op de evenaar met een lagere waarde voor g zal de veer iets minder uitgerekte worden. Immers: $F_z = m \cdot g$. Is g kleiner dan is ook F_z kleiner. De veer rekt minder uit. Maar de schaalverdeling bij de veer blijft gelijk. Je zou dus op de evenaar een iets te lage waarde aflezen.

Om precies te zijn: g is 9,78 i.p.v. 9,81 m/s^2 , Verschil: 0,03.

De meetfout is dan $(0,03 / 9,81) \times 100\% = 0,3\%$

Opgave 11

Metalen blokje.

Gegeven: $m = 565 \text{ g}$, $V = 50,0 \text{ cm}^3$

a *Gevraagd:* dichtheid

$$\rho = 565 \text{ g} / 50,0 \text{ cm}^3 = \mathbf{11,3 \text{ g/cm}^3}$$

b Volgens het tabellenboek is dit **lood**.

Opgave 12

200 g aluminium, hoe groot is het volume?

Oplossing: Zoek op de dichtheid van Al: $\rho = 2,70 \text{ g/cm}^3$.

$$\rho = m/V \rightarrow 2,70 = 200 / V \rightarrow V = 200 / 2,7 = \mathbf{74,1 \text{ cm}^3}$$

Opgave 13

Koperen voorwerp. $m = 129 \text{ g}$. Hoe groot is het volume?

Oplossing: Zoek op de dichtheid van Cu: $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$.

$$\rho = m/V \rightarrow 8,96 = 129 / V \rightarrow V = 129 / 8,96 = \mathbf{14,4 \text{ cm}^3}$$

Opgave 14

Gegeven: $m = 450 \text{ g}$, $V = 82 \text{ cm}^3$

Gevraagd: ρ in kg/m^3 ?

Oplossing: $450 \text{ g} = 0,459 \text{ kg}$, $82 \text{ cm}^3 = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

$$\rho = m/V \rightarrow 0,459 \text{ kg} / 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = \mathbf{5,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}$$

Je kunt natuurlijk ook eerst de dichtheid in g/cm^3 uitrekenen en dan omrekenen naar kg/m^3 .

$$\rho = m/V \rightarrow 450 \text{ g} / 82 \text{ cm}^3 = \mathbf{5,5 \text{ g/cm}^3} \rightarrow \text{maal } 1000 \text{ levert: } \mathbf{5,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}.$$

Opgave 15

1,50 liter melk.

Gegeven: $m = 1545 \text{ g}$, $V = 1,50 \text{ L}$

Gevraagd: ρ in kg/m^3 ?

Oplossing: $m = 1,545 \text{ kg}$ $V = 1,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$\rho = m/V \rightarrow 1,545 \text{ kg} / 1,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \mathbf{1,03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}$

Opgave 16

Regendruppel, $V = 29,5 \text{ mm}^3$

Gevraagd: massa (g)

volume in cm^3 : $0,0295 \text{ cm}^3$ (eenheid 100 x zo groot, getal 1000 x zo klein)

dichtheid water bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $0,998 \text{ g/cm}^3$

$\rho = m/V \rightarrow 0,998 = m / 0,0295 \rightarrow \mathbf{m = 0,0294 \text{ g}}$

Opgave 17

Zilveren voorwerp, $V = 20 \text{ cm}^3$.

Gevraagd: gewicht (N)

Dichtheid zilver: $\rho_{\text{Ag}} = 10,5 \text{ g/cm}^3$

$\rho = m/V \rightarrow 10,5 = m / 20 \rightarrow m = 210 \text{ g} \rightarrow 0,21 \text{ kg}$

$G = m \cdot g \rightarrow G = 0,21 \times 9,81 = 2,06 \text{ N} \rightarrow \mathbf{2,1 \text{ N}}$

Opgave 18

Gegeven: maatcilinder leeg: $61,3 \text{ g}$

maatcilinder gevuld: $148,0 \text{ g}$; volume in de maatcilinder: $94,3 \text{ mL}$

Gevraagd: ρ vloeistof?

Oplossing: $m = 148,0 - 61,3 = 86,7 \text{ g}$

$V = 94,3 \text{ mL}$

$\rho = m/V \rightarrow \rho = 86,7 \text{ g} / 94,3 \text{ mL} = \mathbf{0,919 \text{ g/mL}}$

Opgave 19

Leeg vat weegt 840 kg .

Gevuld met 1360 liter olie: 2073 kg

Gevraagd: ρ olie?

Oplossing: $m = 2073 - 840 = 1233 \text{ kg} \rightarrow 1,23 \cdot 10^3 \text{ kg}$

$V = 1360 \text{ L} \rightarrow V = 1,360 \text{ m}^3$

$\rho = m/V \rightarrow \rho = 1,23 \cdot 10^3 \text{ kg} / 1,360 \text{ m}^3 = \mathbf{907 \text{ kg/m}^3}$

Opgave 20

Blokje. $l = 2,45$ cm, $b = 1,95$ cm, $h = 2,05$ cm $m = 64,8$ g

Gevraagd: ρ ?

Oplossing: $V = 2,45 \times 1,95 \times 2,05 = 9,79$ cm³

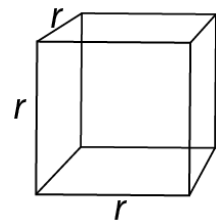
$$\rho = m/V \rightarrow \rho = 64,8 \text{ g} / 9,79 \text{ cm}^3 = \mathbf{6,62 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 21

IJzeren kubus. $m = 178,2$ g

Gevraagd: ribbe van de kubus?

Oplossing: Als we het volume weten dan kunnen we de ribbe uitrekenen want voor een kubus geldt: $V = r^3$



dichtheid van ijzer: $\rho_{\text{Fe}} = 7,87$ g/cm³

$$\rho = m/V \rightarrow 7,87 = 178,2 / V \rightarrow V = 178,2 / 7,87 = 22,64 \text{ cm}^3$$

$$V = r^3 = 22,64 \rightarrow r = \sqrt[3]{22,64} \rightarrow \mathbf{r = 2,83 \text{ cm}}$$

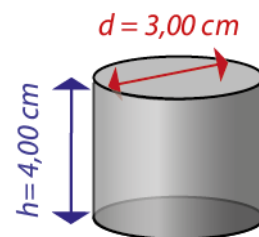
Opgave 22

Metalen cilinder.

Gegeven: diameter: 3,00 cm
hoogte: 4,00 cm
massa: 252 g

Gevraagd: a ρ ?
b Welk metaal is het?

Oplossing: De massa is bekend, het volume kunnen we berekenen en de dichtheid dus ook. Aan de dichtheid kunnen we het metaal herkennen.
(Weliswaar niet met absolute zekerheid.)



a $R = \frac{1}{2} \times 3,00 \text{ cm} = 1,50 \text{ cm}$

$$V = R^2 \cdot \pi \cdot h \rightarrow 1,5^2 \times \pi \times 4,00 = 28,3 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/V \rightarrow \rho = 252 / 28,3 = \mathbf{8,91 \text{ g/cm}^3}$$

b Dichtheid opzoeken in het tabellenboek: levert **nikkel** als waarschijnlijk metaal.

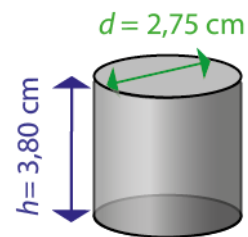
Opgave 23

IJzeren cilinder.

Gegeven: diameter: 2,75 cm
hoogte: 3,80 cm

Gevraagd: m ?

Oplossing: De dichtheid kunnen we **opzoeken**. Het volume kunnen we berekenen en de dichtheid dus ook.



$$R = \frac{1}{2} \times 2,75 \text{ cm} = 1,375 \text{ cm}$$

$$V = R^2 \cdot \pi \cdot h \rightarrow 1,375^2 \times \pi \times 3,80 = 22,6 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/V \rightarrow 7,87 = m / 22,6 \rightarrow m = 178 \text{ g}$$

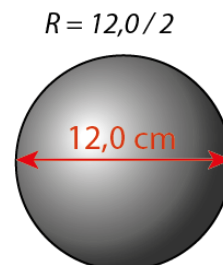
Opgave 24

Massieve bol, diameter = 12,0 cm. $m = 9,49 \text{ kg}$.

Gevraagd: ρ ?

Oplossing: Het volume berekenen we met: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$

Hierbij bedenken we natuurlijk dat de straal R de halve diameter is.



$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times 6,0^3 = 905 \text{ cm}^3 \rightarrow 9,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = m/V \rightarrow \rho = 9,49 / 9,05 \cdot 10^{-4} \rightarrow \rho = 1,05 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$$

Opgave 25

Maatcilinder.

Gegeven: maatcilinder met water: 56,7 mL
maatcilinder met water en vaste stof: 71,3 mL
massa vaste stof: 20,54 g

Gevraagd: ρ ?

Oplossing: $V = 71,3 - 56,7 = 14,6 \text{ mL}$

$$\rho = m/V \rightarrow \rho = 20,54 \text{ g} / 14,6 \text{ mL} = 1,41 \text{ g/mL}$$

Opgave 26

Pyknometer.

Gegeven: m -pyknometer leeg: 42,76 g
 m -pyknometer + water (18 °C): 121,35 g
 m -pyknometer + onbekende vloeistof (18 °C): 113,87 g

Gevraagd: ρ -onbekende vloeistof?

$$\text{Oplossing: } \rho_{\text{vloeistof},t} = \frac{m_{vl}}{m_{\text{water}}} \times \rho_{\text{water},t}$$

$$m_{\text{vloeistof}} = 113,87 - 42,76 = 71,11 \text{ g}$$

$$m_{\text{water}} = 121,35 - 42,76 = 78,59 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{water},18^{\circ}\text{C}}: 0,99862 \text{ g/cm}^3 \quad (\text{tabel})$$

Invullen in de formule:

$$\rho_{\text{vloeistof},t} = \frac{71,11}{78,59} \times 0,99862 = \mathbf{0,9036 \text{ g/mL}}$$

Opgave 27

Tegen het stuur drukken werkt niet omdat het stuur even hard terugduwt. De kracht op het stuur wordt wel doorgegeven aan de auto maar deze kracht is even groot als die waarmee de bestuurder zich afzet tegen de stoel waar hij in zit. Er werkt geen netto kracht op de auto.

Opgave 28

$$G = m \cdot g \rightarrow G = 0,350 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 3,43 \text{ N}$$

Het gewicht waarmee het boek op de tafel duwt is 3,43 N. De tafel vervormt een onmerkbaar beetje en duwt daardoor terug met ook 3,43 N.

Als je heel netjes redeneert: $G = + 3,43 \text{ N}$

En de normaalkracht (waarmee de tafel terugduwt) is dan $F_N = - \mathbf{3,43 \text{ N}}$.

Opgave 29

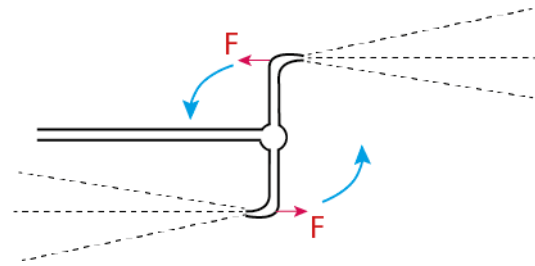
Aan een slinger hangt 100 g.

- De 'actiekracht' is het gewicht. Het gewicht dat aan de slinger hangt is: $0,100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,981 \text{ N}$.
- De reactiekracht is de trekspanning in de ophangdraad. Die is ook 0,981 N maar tegengesteld.

Opgave 30

Een tuinsproeier van het type in bijgaande schets.

Het water maakt een bocht vlak voordat het de sproeier uitkomt. De kracht die het water de bocht om duwt wordt geleverd door de bochtjes van de sproeier. De reactiekracht duwt tegen de sproeier, zie rode pijltjes. Deze krachten doen de sproeier draaien.



Opgave 31

Een veer wordt 5,00 cm langer als we er 75,0 g aanhangen.

Gevraagd: veerconstante.

Formule: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

$$\Delta F = 0,075 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,736 \text{ N}$$

$$\Delta l = 0,0500 \text{ m}$$

$$k = 0,736 / 0,0500 = \mathbf{14,7 \text{ N/m}}$$

Opgave 32

Veer met $k = 20,0 \text{ N/m}$.

Gevraagd: a Δl bij een aangehangen massa van 300 g

b Aan te hangen massa voor $\Delta l = 6,0 \text{ cm}$

Oplossing:

Formule: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

a 300 g is $0,300 \times 9,81 = 2,94 \text{ N} \rightarrow$ dit is $\Delta F \rightarrow 20,0 = 2,94 / \Delta l \rightarrow \Delta l = 0,147 \text{ m}$
dat is: **14,7 cm**

b $\Delta l = 6,0 \text{ cm} \rightarrow \Delta l = 0,060 \text{ m} \rightarrow 20,0 = \Delta F / 0,060 \rightarrow \Delta F = 1,20 \text{ N}$
dat is: $1,20 / 9,81 = 0,122 \text{ kg}$ of: 122 g afgerond op 2 significante cijfers: **12 g**

Opgave 33

Veer.

Gegeven: met aangehangen massa 120 g, is de veerlengte: 16,0 cm

met aangehangen massa 200 g, is de veerlengte: 20,0 cm

Gevraagd: k

Oplossing: ΔF en Δl berekenen en invullen in: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

Het massaverschil is $200 \text{ g} - 120 \text{ g} = 80 \text{ g} \rightarrow 0,080 \text{ kg}$

$$F = m \cdot a \quad \Delta F = 0,080 \times 9,81 = 0,78 \text{ N}$$

Lengteverschil: $4,0 \text{ cm} \rightarrow 0,040 \text{ m}$

$$k = 0,78 \text{ N} / 0,040 \text{ m} = 20 \text{ N/m}$$

Opgave 34

Veer.

Gegeven: met aangehangen massa 75 g, is de veerlengte: 12,6 cm

met aangehangen massa 135 g, is de veerlengte: 15,2 cm

Gevraagd: k

Oplossing: ΔF en Δl berekenen en invullen in: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

Het massaverschil is $135 \text{ g} - 75 \text{ g} = 60 \text{ g} \rightarrow 0,060 \text{ kg}$

$$F = m \cdot a \quad \Delta F = 0,060 \times 9,81 = 0,59 \text{ N}$$

Lengteverschil: $2,6 \text{ cm} \rightarrow 0,026 \text{ m}$

$$k = 0,59 \text{ N} / 0,026 \text{ m} = 23 \text{ N/m}$$

Opgave 35

Veer.

Gegeven: $k = 5,7 \text{ N/m}$

begin veerlengte: 16,3 cm

Gevraagd: m (aan te hangen massa) om een veerlengte van 20 cm te krijgen.

Oplossing: k en Δl invullen in: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

ΔF berekenen.

$$\Delta l = 20 \text{ cm} - 16,3 \text{ cm} = 3,7 \text{ cm} \rightarrow 0,037 \text{ m}$$

$$5,7 = \Delta F / 0,037 \rightarrow \Delta F = 5,7 \times 0,037 = 0,211 \text{ N}$$

$$F = m \cdot a \quad \Delta F = m \times 9,81 = 0,211 \rightarrow m = 0,02149 \text{ kg} \rightarrow 21 \text{ g}$$

Opgave 36

Een tennisbal van 400 g wordt weg geslagen.

Hij krijgt in 0,20 s van $v = 0$ m/s een snelheid van 29 m/s.

Gevraagd: a Versnelling van de bal.

b Kracht op de bal.

Oplossing: a $a = \Delta v / \Delta t \rightarrow a = (29 - 0) / 0,20 = 145 \text{ m/s}^2 \rightarrow 1,5 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$

b $F = m \cdot a \rightarrow 0,400 \text{ kg} \times 145 \text{ m/s}^2 = 58 \text{ N}$

Opgave 37

Een sprinter van 75 kg bereikt in 2,0 s een snelheid van 10 m/s.

Gevraagd: zijn gemiddelde spierkracht tijdens deze start.

Oplossing: We hebben twee formules nodig: $a = \Delta v / \Delta t$ en $F = m \cdot a$

Eerst berekenen we de versnelling a en daarna de benodigde kracht F .

$a = \Delta v / \Delta t \rightarrow a = 10 \text{ m/s} / 2,0 \text{ s} = 5,0 \text{ m/s}^2$

$F = m \cdot a \rightarrow F = 75 \text{ kg} \times 5,0 \text{ m/s}^2 = 375 \text{ N} \rightarrow 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

Opgave 38

Gegeven: Een voorwerp van 20 kg heeft een snelheid van 18 m/s.

Dan werkt er gedurende 3,0 s een kracht van 10 N in de richting van de beweging.

Gevraagd: Hoe groot is de snelheid na 3,0 s?

Oplossing: Met de massa en de kracht kunnen we de versnelling berekenen, met de versnelling de nieuwe snelheid.

Formules: $F = m \cdot a$ en $v_t = v_0 + a \cdot t$

$F = m \cdot a \rightarrow 10 = 20 \times a \rightarrow a = 0,50 \text{ m/s}^2$

$v_t = v_0 + a \cdot t \rightarrow v_t = 18 + 0,50 \times 3,0 = 19,5 \text{ m/s}$ afgerond: **20 m/s**

Opgave 39

Procentuele fout als je een veerbalans die geijkt is in Nederland, gebruikt op de evenaar?

De veerbalans heeft een schaalverdeling die geijkt is bij een gegeven waarde van g .
Op de evenaar met een lagere waarde voor g zal de veer iets minder uitgerekt worden.
Immers: $F_z = m \times g$. g kleiner dan ook F_z kleiner. De veer rekt minder uit. Maar de
schaalverdeling bij de veer blijft gelijk.

g_{evenaar} is 9,78 i.p.v. 9,81 m/s², Verschil: 0,03.
De procentuele fout is dan $(0,03 / 9,81) \times 100\% = \mathbf{0,3\%}$

Opgave 40

$G = 2,6 \text{ N}$ massa?

$G = m \cdot g$ met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$: $2,6 = m \times 9,81 \rightarrow m = 2,6 / 9,81 = \mathbf{0,27 \text{ kg}}$

Opgave 41

Een voorwerp van 25 kg op de maan. Het gewicht op de maan is 40,5 N.
Hoe groot is de versnelling van de zwaartekracht?

Oplossing: $G = m \cdot g_{\text{maan}} \rightarrow g_{\text{maan}} = G / m \rightarrow g_{\text{maan}} = 40,5 / 25 = \mathbf{1,6 \text{ m/s}^2}$

Opgave 42

Veer rekt 2,7 cm uit met $m = 57 \text{ g}$.

Hoever rekt de veer uit met $m = 86 \text{ g}$?

De uitrekking is evenredig met de aangehangen massa dus de uitrekking wordt 86 / 57 maal
zo groot: $(86 / 57) \times 2,7 = \mathbf{4,1 \text{ cm}}$.

Maar we kunnen ook de 'koninklijke weg' bewandelen: $k = \frac{\Delta F}{\Delta l}$

$\Delta l = 2,7 \text{ cm} \rightarrow 0,027 \text{ m}$

$\Delta F = 0,057 \times 9,81 = 0,56 \text{ N}$

$k = 0,56 / 0,027 = \mathbf{20,7 \text{ N/m}}$

Met 86 g: $\Delta F = 0,086 \times 9,81 = \mathbf{0,844 \text{ N}}$

$k = \Delta F / \Delta l \rightarrow \Delta l = \Delta F / k \rightarrow \Delta l = \mathbf{0,844 / 20,7 = 0,0407 \rightarrow \mathbf{0,041 \text{ m (4,1 cm)}}$

Opgave 43

- a *Maak een grafiek (diagram) van de meetwaarden. Aangehangen massa op de X-as en uitrekking op de Y-as. Gebruikelijk is bij een experiment de gekozen waarde op de X-as en de afgelezen waarde op de Y-as.*

Oplossing: dit kan natuurlijk op verschillende manieren. Na enige oefening is een excel sheet gemakkelijk. Het hieronder staand voorbeeld komt uit excel.

b *Welk meetpunt weg laten?*

Oplossing: meetpunt 140 g wijkt sterk af. Zit waarschijnlijk een fout in. Laat maar weg.

Oorzaak? Zo te zien een afleesfout. 13,6 cm zou beter kloppen dan 14,6 cm.

c *Bepaal de veerconstante.*

Oplossing: We bepalen de richtingscoëfficiënt ($\Delta l / \Delta m$) uit de grafiek. In excel heet dit de trendlijn.

We vinden: $\Delta l / \Delta m = 0,0298 \text{ cm/g}$

De veerconstante is gedefinieerd als: $k = \Delta F / \Delta l$

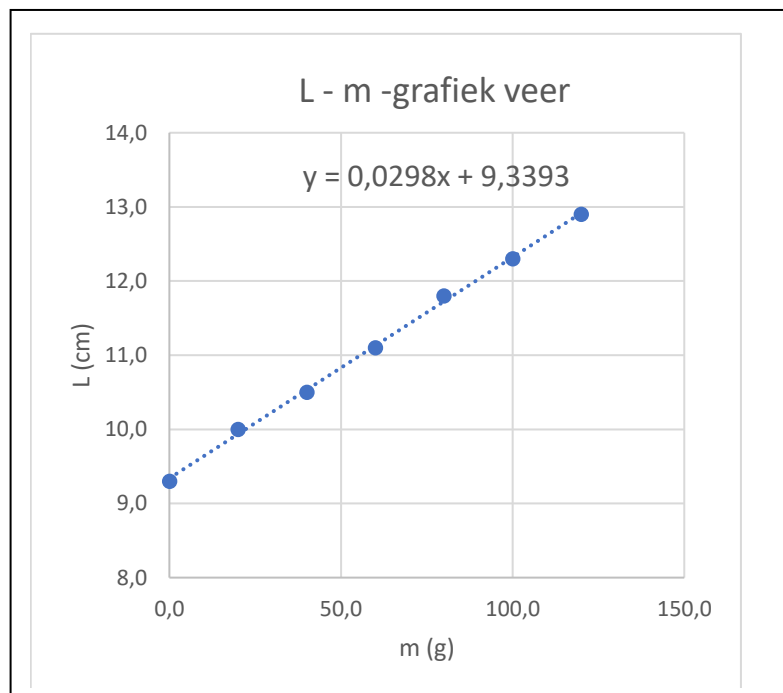
Omrekenen:

$$0,0298 \text{ cm} = 0,0298 \times 0,01 = 0,000298 \text{ m} = \Delta l$$

$$1 \text{ g is } 0,001 \text{ kg} \rightarrow 0,001 \times 9,81 = 0,00981 \text{ N} = \Delta F$$

$$k = \Delta F / \Delta l \rightarrow k = 0,00981 \text{ N} / 0,000298 \text{ m} = 32,9 \text{ N/m}$$

$m(\text{g})$	$L(\text{cm})$
0,0	9,3
20,0	10,0
40,0	10,5
60,0	11,1
80,0	11,8
100,0	12,3
120,0	12,9
140,0	14,6



De standaardafwijking in de richtingscoëfficiënt bedraagt ongeveer 2,5 % (vermelding zonder toelichting).

Het resultaat is dan: $(32,9 \pm 0,8) \text{ N/m}$

Opgave 44

De dichtheid van water bij 16,7 °C.

Uit de tabel halen we de dichtheid bij 16 en 17 °C:

$$\rho_{\text{water}, 17^{\circ}\text{C}}: 0,99880 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{water}, 16^{\circ}\text{C}}: 0,99897 \text{ g/mL}$$

Het verschil is 0,00017 g/mL daling van 16 naar 17 °C, lineaire interpolatie voor 0,7 °C temperatuurstijging levert een **daling** van $0,7 \times 0,00017 = 0,00012 \text{ g/mL}$.

$$\rho_{\text{water}, 16,7^{\circ}\text{C}}: 0,99897 - 0,00012 = \mathbf{0,99885 \text{ g/mL}}$$

Opgave 45

Dichtheid water bij 19,2 °C?

$$\rho_{\text{water}, 19^{\circ}\text{C}}: 0,99843 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{water}, 20^{\circ}\text{C}}: 0,99823 \text{ g/mL}$$

Nu iets formeler dan in de vorige opgave:

$$\Delta\rho / \Delta t = - 0,00020 \text{ g/(mL } ^{\circ}\text{C)}$$

$$\rho_{\text{water}, 19,2^{\circ}\text{C}}: 0,99843 + 0,2 \times (- 0,00020) = \mathbf{0,99839 \text{ g/mL}}$$

Opgave 46

Volume van 20,0 g water bij 24,5 °C?

$$\rho_{\text{water}, 24^{\circ}\text{C}}: 0,99733 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{water}, 25^{\circ}\text{C}}: 0,99707 \text{ g/mL}$$

$$\Delta\rho / \Delta t = - 0,00026 \text{ g/mL} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{\text{water}, 24,5^{\circ}\text{C}}: 0,99733 + 0,5 \times (- 0,00026) = 0,99720 \text{ g/mL}$$

$$\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho \rightarrow V = 20,0 / 0,99720 = \mathbf{20,06 \text{ mL}}$$

Opgave 47

Water.

$m = 42,27 \text{ g}$. Bij welke temperatuur is het volume 42,43 mL?

$$\rho = m / V \rightarrow 42,27 \text{ g} / 42,43 \text{ mL} = 0,99623 \text{ g/mL}$$

Deze waarde voor de dichtheid van water hoort bij een temperatuur tussen 28 en 29 °C.

$$\rho_{\text{water}, 28^{\circ}\text{C}}: 0,99626 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{water, } 29^{\circ}\text{C}}: 0,99597 \text{ g/mL}$$

$$\text{Verschil voor } 1 \text{ oC temperatuurstijging: } - 0,00029 \text{ g/mL} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Werkelijke verschil: } 0,99623 \text{ g/mL} - 0,99626 \text{ g/mL} = - 0,00003 \text{ g/mL} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta\rho / \Delta t = - 0,00029 \text{ g/(mL oC)}$$

$$\Delta t = (- 0,00003 / - 0,00029) \times 1^{\circ}\text{C} = 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

De bijbehorende temperatuur is: $28,0 + 0,1 = \mathbf{28,1 \text{ }^{\circ}\text{C}}$

Opgave 48

Messing cilinder.

Diameter: 2,5 cm, massa: 85,5 g

Bereken de hoogte van de cilinder.

Met de dichtheid van messing uit het tabellenboek en de massa berekenen we het volume.

Het volume is gelijk aan: $h \cdot \pi \cdot r^2$.

Hierin is r de halve diameter. We kunnen dan h berekenen.

Dus: $\rho = 8,5 \text{ g/cm}^3$ (tabellenboek)

$$\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho \rightarrow V = 85,5 / 8,5 = 10,06 \text{ cm}^3$$

$$V = h \cdot \pi \cdot r^2 \rightarrow 10,06 = h \times \pi \times 1,25^2 \rightarrow h = 2,049 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{2,0 \text{ cm}}$$

Opgave 49

Bolvormige waterdruppel van 0,16 g bij 20°C.

Gevraagd: r (straal van het waterbolletje)?

Oplossing:

dichtheid water 20 °C = 0,99823 g/mL (tabel)

$$0,16 \text{ g heeft dan een volume: } V = m / \rho \rightarrow V = 0,16 / 0,99823 = 0,1603 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume van een bol: } V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$0,1603 = (4/3) \times \pi \times r^3 \rightarrow \mathbf{r = 0,34 \text{ cm}}$$

Opgave 50

Van een stof is gegeven: $\alpha_{15,3}^{20,0} = 0,8020$

Dat is dus de relatieve dichtheid t.o.v. water van 15,3 °C .

Gevraagd: dichtheid van de stof?

Oplossing:

Dichtheid water 15,3 °C: $0,99913 + (0,3 \times - 0,00016) = 0,99908$ g/mL

$$\rho_{\text{stof}} = d_{15,3}^{0,0} \cdot \rho_{\text{water},15,3^{\circ}} \rightarrow \rho_{\text{stof}} = 0,8020 \times 0,99908 = 0,8013 \text{ g/mL}$$

Opgave 51

Van een stof is gegeven: $d_{17,8}^{18,5} = 6,457$

Dat is dus de relatieve dichtheid t.o.v. water van 17,8 °C .

Gevraagd: dichtheid van de stof?

Oplossing:

Dichtheid water 17,8 °C: $0,99880 + (0,8 \times - 0,00018) = 0,99866$ g/mL

$$\rho_{\text{stof}} = d_{17,8}^{0,0} \cdot \rho_{\text{water},17,8^{\circ}} \rightarrow \rho_{\text{stof}} = 0,8020 \times 0,99866 = 6,448 \text{ g/cm}^3$$

Opgave 52

Van een stof is gegeven: $\rho^{20} = 2,562$ g/cm³

Gevraagd: relatieve dichtheid ten opzichte van water bij 20 °C?

Oplossing: Dichtheid water 20 °C: 0,99823 g/mL

$$d_{20}^0 = \rho_{\text{stof}} / \rho_{\text{water},20^{\circ}} \rightarrow d_{20}^0 = 2,562 / 0,99823 = 2,567$$

Opgave 53

We wegen gelijke volumes van water en ethanol bij 19,5 °C.

$m(\text{ethanol}) = 26,12$ g

$m(\text{water}) = 32,94$ g

Gevraagd: $\rho^{19,5}_{\text{ethanol}}$?

Oplossing:

De verhouding van de massa's geeft de relatieve dichtheid:

$$d_{19,5}^{19,5} = 26,12 \text{ g} / 32,94 \text{ g} = 0,79296$$

De dichtheid is nu: $\rho^{19,5}_{\text{ethanol}} = d_{19,5}^{19,5} \cdot \rho_{\text{water},19,5}$

De dichtheid van water halen we uit de tabel waarbij we wel moeten interpoleren, precies

tussen 19 °C en 20 °C. $\rho_{\text{water},19,5} = 0,99833 \text{ g/mL}$.

$$\rho^{19,5}_{\text{ethanol}} = 0,79296 \times 0,99833 = \mathbf{0,7916 \text{ g/mL}}$$

Opgave 54

We wegen gelijke volumes van water en glycerol bij 20,0 °C.

$$m(\text{glycerol}) = 44,60 \text{ g}$$

$$m(\text{water}) = 35,42 \text{ g}$$

Gevraagd: $\rho^{20}_{\text{glycerol}}$?

Oplossing:

De verhouding van de massa's geeft de relatieve dichtheid:

$$d = 44,60 \text{ g} / 35,42 \text{ g} = 1,259$$

De dichtheid is nu: $\rho^{20}_{\text{glycerol}} = d^{20}_{20} \cdot \rho_{\text{water},20}$

De dichtheid van water halen we uit de tabel. $\rho_{\text{water},20} = 0,99823 \text{ g/mL}$.

$$\rho^{20}_{\text{glycerol}} = 1,259 \times 0,99823 = \mathbf{1,257 \text{ g/mL}}$$

Opgave 55

Pyknometer

Gegeven: pyknometer leeg, $m = 49,57 \text{ g}$

Gevuld met water (20 °C), $m = 149,67 \text{ g}$

Gevuld met alcohol (20 °C), $m = 129,70 \text{ g}$

Gevraagd: Dichtheid alcohol bij 20 °C?

$$\text{Oplossing: } d_{20}^{20} = \frac{m_c - m_a}{m_b - m_a}$$

$$\text{Waarin: } m_a = 49,57 \text{ g}$$

$$m_b = 149,67 \text{ g}$$

$$m_c = 129,70 \text{ g}$$

Je deelt dus de massa van de alcohol door de massa van het water. Deze verhouding geeft je de relatieve dichtheid.

De dichtheid van de alcohol is dan: $\rho^{20}_{\text{alcohol}} = d^{20}_{20} \cdot \rho_{\text{water},20}$

Invullen en uitrekenen:

$$d_{20}^{20} = \frac{129,70 - 49,57}{149,67 - 49,57} = 0,8005$$

$$\rho^{20}_{\text{alcohol}} = 0,8005 \times 0,99823 = \mathbf{0,7991 \text{ g/mL}}$$

Opgave 56

Pyknometer

Gegeven: pyknometer leeg, $m = 24,67$ g
 Gevuld met water (20 °C), $m = 46,99$ g
 Gevuld met vloeistof X (20 °C), $m = 42,87$ g

Gevraagd: Dichtheid vloeistof X bij 20 °C?

Oplossing: $d_{20}^{20} = \frac{m_c - m_a}{m_b - m_a}$ Waarin: $m_a = 24,67$ g
 $m_b = 46,99$ g
 $m_c = 42,87$ g

De dichtheid van X is dan: $\rho^{20}_X = d^{20}_{20} \cdot \rho_{\text{water},20}$

Invullen en uitrekenen:

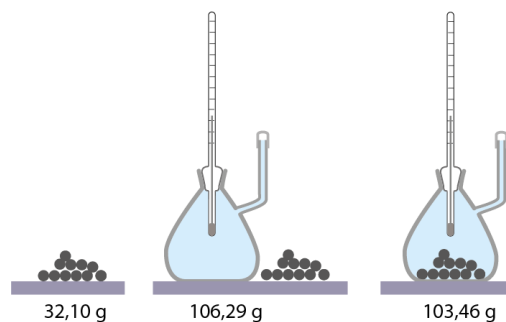
$$d_{20}^{20} = \frac{42,87 - 24,67}{46,99 - 24,67} = 0,8154$$

$$\rho^{20}_X = 0,8154 \times 0,99823 = \mathbf{0,8140 \text{ g/mL}}$$

Opgave 57

Pyknometer

Gegeven: (bij 20 °C)
 m (Pb-korrels): 32,10 g
 m pyknom + water, Pb-korrels eraast = 106,29 g
 m pyknom + water + Pb-korrels erin = 103,46 g



Gevraagd: Dichtheid lood bij 20 °C?

Oplossing: $\rho_{Pb,20} = \frac{m_a}{m_b - m_c} \cdot \rho_{\text{water},t}$

Waarin:

$$m_a = 32,10 \text{ g}$$

$$m_b = 106,29 \text{ g}$$

$$m_c = 103,46 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{water},20} = 0,99823 \text{ g/mL}$$

$m_b - m_c$ is de massa door het lood verdrongen water; daardoor is $m_a / (m_b - m_c)$ de relatieve dichtheid t.o.v. water.

Invullen en uitrekenen:

$$\rho_{Pb,20} = \frac{32,10}{106,29 - 103,46} \times 0,99823$$

$$\rho_{Pb,20} = 11,3 \text{ g/cm}^3$$

We ronden af op 3 cijfers omdat het verschil: $106,29 - 103,46 = 2,83 \text{ g}$ niet nauwkeuriger is dan op 3 cijfers.

Opgave 58

Pyknometer met een metaal.

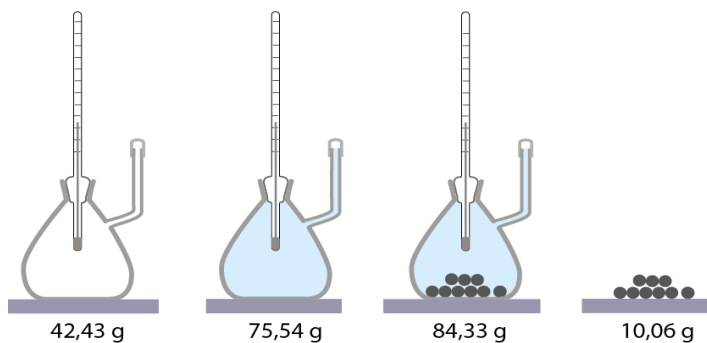
Gegeven: (bij 20 °C)

m (metaal): 10,06 g

m pyknom + water = 75,54 g

m pyknom + water + metaal erin = 84,33 g

Gevraagd: Dichtheid metaal bij 20 °C?



Oplossing:
$$\rho_{m,20} = \frac{m_a}{m_b - m_c} \cdot \rho_{water,t}$$

Waarin:

$m_a = 10,06 \text{ g}$ → massa van het metaal

$m_b = 85,60 \text{ g}$ → massa gevulde pyknometer + massa metaal eraan. Deze is niet gegeven maar kunnen we uitrekenen: m gevulde pyknometer: 75,54 g. m metaal: 10,06 g. Dus m gevulde pyknometer + massa metaal eraan = 75,54 g + 10,06 g = 85,60 g

$m_c = 84,33 \text{ g}$ → massa gevulde pyknometer + metaal erin.

$$\rho_{water,20} = 0,99823 \text{ g/mL}$$

$m_b - m_c$ is de massa door het metaal verdrongen water; daardoor is $m_a / (m_b - m_c)$ de relatieve dichtheid t.o.v. water.

Invullen en uitrekenen:

$$\rho_{X,20} = \frac{10.06}{85,60 - 84,33} \times 0,99823$$

$$\rho_{X,20} = \mathbf{7,91 \text{ g/cm}^3}$$

We ronden af op 3 cijfers omdat het verschil: $85,60 - 84,33 = 1,27 \text{ g}$ ook maar 3 significante cijfers heeft.

Opgave 59

Lood / tinsoldeer bestaande uit gelijke hoeveelheden (massa) lood en tin.

Gevraagd: Hoe groot is de dichtheid?

Oplossing: We gaan er van uit dat het totale volume gelijk is aan de som van de twee volumes.

$$\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{\text{Sn}} = 7,29 \text{ g/cm}^3$$

Stel we mengen 1,00 g Pb en 1,00 g Sn: $\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho$

$$1,00 \text{ g Pb is } V = 1,00 / 11,3 = 0,0885 \text{ cm}^3$$

$$1,00 \text{ g Sn is: } V = 1,00 / 7,29 = 0,137 \text{ cm}^3 \quad \text{Totale volume Pb + Sn: } 0,226 \text{ cm}^3$$

$$\text{Dichtheid soldeer: } \rho = m / V \rightarrow \rho = 2,00 / 0,226 = \mathbf{8,85 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 60

Gegeven: Een sieraad bestaat uit 2,7 g goud en 13,6 g zilver.

Gevraagd: Hoe groot is de dichtheid?

Oplossing: We gaan er van uit dat het totale volume gelijk is aan de som van de twee volumes.

$$\rho_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{\text{Ag}} = 10,5 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho$$

$$2,7 \text{ g Au} \rightarrow V = 2,7 / 19,3 = 0,14 \text{ cm}^3$$

$$13,6 \text{ g Ag} \rightarrow V = 13,6 / 10,5 = 1,295 \text{ cm}^3 \quad \text{Totale volume Au + Ag: } 1,435 \text{ cm}^3$$

$$\text{Dichtheid legering: } \rho = m / V \rightarrow \rho = (2,7 + 13,6) / 1,435 = \mathbf{11,4 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 61

Gegeven: Gietijzer bestaat uit 94%(m/m) ijzer, 3,5%(m/m) koolstof en 3,5%(m/m) silicium.

Gevraagd: Hoe groot is de dichtheid?

Oplossing: We gaan er weer van uit dat het totale volume gelijk is aan de som van de volumes.

$$\rho_{Fe} = 7,87 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_C = 3,50 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{Si} = 2,33 \text{ g/cm}^3$$

We gaan uit van 100g en berekenen het totale volume:

$$\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho$$

$$94 \text{ g Fe} \rightarrow V = 94 / 7,87 = 11,9 \text{ cm}^3$$

$$3,5 \text{ g C} \rightarrow V = 3,5 / 3,5 = 1,0 \text{ cm}^3$$

$$2,5 \text{ g Si} \rightarrow V = 2,5 / 2,33 = 1,07 \text{ cm}^3$$

$$\text{Totale volume: } 11,9 + 1,0 + 1,07 = 14,0 \text{ cm}^3$$

$$\text{Dichtheid gietijzer: } \rho = m / V \rightarrow \rho = 100 / 14,0 = \mathbf{7,14 \text{ g/cm}^3}$$

Opgave 62

Gegeven: Een jerrycan met stookolie / benzinemengsel. $\rho = 0,768 \text{ g/cm}^3$.
Het mengsel bevat 150 g stookolie.

Gevraagd: m (benzine) in het mengsel.

Oplossing:

$$\rho_{benzine} = 0,72 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{stookolie} = 0,95 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Volume stookolie: } 150 \text{ g} / 0,95 \text{ gcm}^{-3} = 157,9 \text{ cm}^3.$$

Stel er zit $x \text{ cm}^3$ benzine in.

$$m \text{ (stookolie)} = 150 \text{ g}$$

$$m \text{ (benzine)} = x \cdot 0,72 \text{ g}$$

$$m \text{ (mengsel)} = (157,9 - x) \times 0,768 \text{ g}$$

Totale massa is gelijk aan de som van de massa's:

$$m \text{ (mengsel)} = m \text{ (stookolie)} + m \text{ (benzine)}$$

Uitwerkingen van de opgaven uit:

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

Hoofdstuk 4 Krachten

bladzijde 21

$$(157,9 - x) \times 0,768 = 150 + x \times 0,72$$

$$x = 598 \text{ cm}^3, m \text{ (benzine) in het mengsel} = 598 \times 0,72 = 431 \text{ g} \rightarrow \mathbf{4,3 \cdot 10^2 \text{ g}}$$