Opgaven 1.1 – Kracht en druk

1 ***a***

$A = 56 \times 23 = 1288\ m^2$

$p = \frac{F_{\text{gas op Hover}}}{A} = \frac{F_z}{A} = \frac{3{,}0 \cdot 10^5 \cdot 9{,}81}{1288} = 2284{,}.. = 2{,}3 \cdot 10^3$ Pa overdruk — 2,3 kPa

b Het gewicht van de auto duwt de banden in.

$p = \frac{F_z}{A_{tot}} \Rightarrow 80 \cdot 10^3 = \frac{1200 \cdot 9{,}81}{A_{tot}} \Rightarrow A_{tot} = 0{,}147..\ m^2$

De auto rust op vier banden. Het contactoppervlak van één band met de weg is

$A = \frac{0{,}147..}{4} = 0{,}0367..\ m^2 = 3{,}7\ dm^2$ — 3,7 dm^2

2

1 inch = $2{,}54 \cdot 10^{-2}$ m

$p = \frac{318\ (N)}{1\ (inch^2)} = \frac{318\ (N)}{0{,}0254^2\ (m^2)} = 4{,}929.. \cdot 10^5 = 4{,}93 \cdot 10^5$ Pa — 4,93 bar

3 ***a1***

$$\left.\begin{array}{l} m = \rho \cdot V \\ \rho = 2{,}6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \text{ (Binas tabel 10)} \\ V = 0{,}6 \cdot 50 \cdot 100 = 3000\ cm^3 = 0{,}003\ m^3 \end{array}\right\} \Rightarrow m = 2{,}6 \cdot 10^3 \cdot 0{,}003 = 7{,}8 = 8\ kg$$

8 kg

a2 Eén zuignap moet door de kracht F_b van de luchtdruk de halve plaat kunnen dragen.
Stel de luchtdruk $b = 10^5$ Pa

$p = \frac{F_b}{A_{zuignap}} = \frac{\frac{1}{2}F_z}{A_{zuignap}} \Rightarrow 10^5 = \frac{\frac{1}{2} \cdot 7{,}8 \cdot 9{,}81}{A_{zuignap}} \Rightarrow A_{zuignap} \approx 4 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 4\ cm^2$ — 4 cm^2

b $F = \Delta p \cdot A = (75 \cdot 10^3 - 26 \cdot 10^3) \cdot (0{,}25 \cdot 0{,}25) = 3{,}06.. 10^3 = 3{,}1 \cdot 10^3$ N — 3,1 kN

c Van binnen naar buiten, want buiten is de druk lager. — –

4 ***a***

$A_{stuwvlak} = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot 0{,}10^2 = 0{,}00785..\ m^2$

$F_{stuw} = p \cdot A = 4100 \cdot 10^5 \cdot 0{,}00785.. = 3{,}22.. \cdot 10^6 = 3{,}2 \cdot 10^6$ N — $3{,}2 \cdot 10^6$ N

b Neem voor de schatting aan dat de versnelling constant is.

$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \Rightarrow 47 = \frac{1}{2} \cdot 10^5 \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{94 \cdot 10^{-5}} = 0{,}030..$ s

$v = a \cdot t = 10^5 \cdot 0{,}030.. = 3{,}0.. \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^3$ m/s — 3 km/s

5 Stel, de lelie zakt Δh dieper in het water.
De extra opwaartse druk van het water is dan $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$ en de extra opwaartse kracht door het water $F_{op} = \Delta p \cdot A_{blad}$
Deze opwaartse kracht moet de baby dragen.

$F_{op} = (\rho_{water} \cdot g \cdot \Delta h) \cdot A_{blad} = m_{baby} \cdot g = F_z \Rightarrow \rho_{water} \cdot \Delta h \cdot A_{blad} = m_{baby}$

$$\left.\begin{array}{l} \rho_{water} = 1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3 \\ A_{blad} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0{,}50^2 = 0{,}785..\ m^2 \\ m_{baby} = 6{,}0\ kg \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$\Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot \Delta h \cdot 0{,}785.. = 6{,}0 \Rightarrow \Delta h = 0{,}00764.. = 0{,}0076$ m — 7,6 mm

6 ***a*** De dwarsdoorsnede van de bollen is $A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot 0{,}575^2 = 0{,}2596..\ m^2$

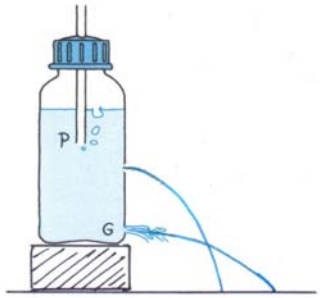
Op elke vacuüm halve bol oefent de lucht een kracht uit:

$F = p \cdot A = 1{,}013 \cdot 10^5 \cdot 0{,}259..$ N.

Elk paard neemt hiervan een achtste deel voor zijn rekening:

$F_{paard} = \frac{1}{8} \cdot 10^5 \cdot 0{,}259.. = 3245{,}.. = 3{,}2 \cdot 10^3$ N — 3,2 kN

	b	Ja. De muur neemt de ene halve bol voor zijn rekening, de zestien paarden de andere halve bol. Per paard $1{,}6 \cdot 10^3$ N	–
	c	$F_{z,max} = m \cdot g = \Delta p \cdot A = (1{,}00 - 0{,}25) \cdot 10^5 \cdot 95 \cdot 10^{-4} = 712{,}5$ N $\Rightarrow m = \frac{712{,}5}{9{,}81} = 72{,}6.. = 72$ kg Naar beneden afronden. Ook de halve bol zelf heeft gewicht.	72 kg
7	**a**	Als *d* = 30,0 cm komt er juist geen gas uit en geen water in het buisje. In het horizontale vlak door de opening is de gasdruk even groot als de buitenluchtdruk vermeerderd met de waterdruk van 30 cm waterhoogte. $\left.\begin{array}{l} p_{water} = \rho \cdot g \cdot h \\ \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \\ h = 0{,}300 \text{ m} \end{array}\right\\} \Rightarrow p_{water} = 9{,}81 \cdot 998 \cdot 0{,}300 = 2937{,}.. \text{ Pa} = 29{,}4 \text{ hPa}$ $\Rightarrow p_{gas} = b + p_{water} = 1007 + 29 = 1036$ mbar	1036 mbar
	b	Er dringt water het buisje in. En wel zoveel dat de onderkant van het gas nog steeds 30 cm onder het wateroppervlak is. Daar blijft in dat horizontale vlak gelden: $p_{gas} = b + p_{water} = 1007 + 29 = 1036$ mbar	–
8	**a**	Als je op twee voeten staat, is je steunoppervlak 2 x 150 = 300 cm^2 = 0,0300 m^2 De druk die je op de ondergrond uitoefent, is dan $p = \frac{\text{gewicht}}{A} = \frac{F_z}{A} = \frac{50 \cdot 9{,}81}{0{,}0300} = 16350 = 1{,}6 \cdot 10^4$ Pa De stofzuiger kan niet genoeg tegendruk leveren om je omhoog te krijgen	nee
	b	Als je gaat zitten, wordt je gewicht over een groter oppervlak verdeeld. Het contactoppervlak hoeft maar 1,6 keer groter te worden dan wanneer je op twee voeten staat. Dan zal het wel lukken.	ja
	c	De overdruk die je longen kunnen leveren, is $\left.\begin{array}{l} p_{water} = \rho \cdot g \cdot h \\ \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \\ h = 0{,}80 \text{ m} \end{array}\right\\} \Rightarrow p_{water} = 998 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}80 = 7832 = 0{,}78 \cdot 10^4 < 1{,}6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ Het lukt dus niet als je blijft staan.	nee
9	**a**	De druk in de afgesloten ruimte onder de kurk is lager dan de buitenluchtdruk. Het verschil komt overeen met 10 cm waterdruk. met $b = p_{lucht,binnen} + p_{water}$	–
	b	$\Delta p = p_{water} = \rho \cdot g \cdot h = 998 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}10 = 979{,}.. = 9{,}8 \cdot 10^2$ Pa	$9{,}8 \cdot 10^2$ Pa
10	**a**	De buitenluchtdruk *b*	–
	b	In het horizontale vlak door P geldt in evenwicht $b = p_{lucht,binnen} + p_{water\ boven\ P}$ Als water wegstroomt, neemt $p_{water\ boven\ P}$ af en is $b > p_{lucht,binnen} + p_{water\ boven\ P}$. Dan stroomt bij P lucht binnen om het evenwicht te herstellen.	–
	c	$p_G = b + p_{water,PG}$ is constant, omdat de verticale afstand tussen P en G constant is.	–
	d	Verander de afstand tussen P en G. Dus trek het buisje wat omhoog of duw het wat verder naar beneden.	–

	e		–
11	**a**	Op zijn borstkas staat een extra druk door een waterkolom van 50 cm hoogte.	–
	b	$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h = 998 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}50 = 4895{,}.. = 4{,}9 \cdot 10^3$ Pa	4,9 kPa
	c	$\left.\begin{array}{l} p = \rho \cdot g \cdot h \\ \rho_{kwik} = 13{,}5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ h = 28 \text{ m} \end{array}\right\} \Rightarrow p = 13{,}5 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 28 = 3{,}70.. \cdot 10^6 = 3{,}7 \cdot 10^6$ Pa	37 bar
12	**a**	In het linkerglas zit olie en in het rechterglas water. Onderaan de beide rietjes is de overdruk blijkbaar gelijk. De vloeistofhoogte d_1 levert dezelfde overdruk als de vloeistofhoogte d_2. Blijkbaar heeft vloeistof 1 een kleinere dichtheid dan vloeistof 2. Dan zit in het linkerglas olie en in het rechterglas water. Zie Binas tabel 11.	–
	b	Onderaan de beide rietjes geldt: $p_{longen} = b + \rho_1 \cdot g \cdot d_1 = b + \rho_2 \cdot g \cdot d_2$ $\Rightarrow \rho_1 \cdot d_1 = \rho_2 \cdot d_2$ Zoek de dichtheden op in Binas tabel 11 $\left.\begin{array}{l} \rho_1 = \rho_{paraffineolie} = 0{,}80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_2 = \rho_{water} = 0{,}998 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{0{,}998}{0{,}80} = \frac{5}{4}$	5 : 4
13	**a**	Het is hier handig om, net als in de tijd van Pascal, de luchtdruk te meten via de hoogte van een vloeistofkolom, meestal water of kwik. Die oude eenheden vind je nog in Binas tabel 5. Zie ook p.12^R. $b \approx 1$ bar ≈ 10 m waterduk 32 voet $\approx 10 \text{ m} \Rightarrow 1$ voet $\approx \frac{10}{32} = 0{,}312.. = 0{,}31$ m (Volgens Binas tabel 5 is 1 voet = 0,3048 m)	31 cm
	b	In beide buizen daalt de vloeistof. Maar de wijn daalt minder dan het water. Immers, voor beide geldt: $b = \rho \cdot g \cdot h$ En omdat $\rho_{water} > \rho_{alcohol}$ wordt $h_{water} < h_{alcohol}$	–
13	**c1**	$\rho_{wijn} \cdot V = \rho_{water} \cdot 0{,}90 \cdot V + \rho_{alcohol} \cdot 0{,}10 \cdot V$ $\Rightarrow \rho_{wijn} = 0{,}90 \cdot \rho_{water} + 0{,}10 \cdot \rho_{alcohol} = 0{,}90 \cdot 998 + 0{,}10 \cdot 800 = 978{,}2 \text{ kg/m}^3$ Voor de dichtheid van water en alcohol: zie Binas tabel 11. Deze uitkomst is eigenlijk te klein. Bij het mengen van water en alcohol doet zich het merkwaardige verschijnsel voor dat 90 cm^3 + 10 cm^3 < 100 cm^3. Dat komt doordat de (kleinere) watermoleculen deels kruipen in de ruimte tussen de (grotere) alcoholmoleculen. De uitkomst zou in hooguit twee cijfers nauwkeurig gegeven mogen worden. De dichtheid ligt tussen 9,8 en 9,9 g/cm^3.	978 kg/m^3
	c2	$h_{water} = 32$ voet $\rho_{wijn} \cdot h_{wijn} = \rho_{water} \cdot h_{water} \Rightarrow h_{wijn} = \frac{\rho_{water}}{\rho_{wijn}} \cdot h_{water} = \frac{998}{978{,}2} \cdot 32 = 32{,}64..$ voet Het hoogteverschil is dus ruim 0,6 voet of ongeveer 2 dm.	ruim 0,6 voet

Opgaven 1.2 – De gaswet van Boyle

14 ***a***

$$p_1 = \frac{11{,}0\ \text{N}}{1\ \text{cm}^2} = \frac{11{,}0\ \text{N}}{1 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 1{,}10 \cdot 10^5\ \text{Pa} = 1{,}10\ \text{bar}$$

1,10 bar

b

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \ \left[\text{met } p \text{ in N/cm}^2 \text{ en } V \text{ in cm}^3\right]$$
$$11{,}0 \cdot 90 = p_2 \cdot 400$$
$$\Rightarrow p_2 = 2{,}47.. = 2{,}5\ \text{N/cm}^2$$

$2{,}5\ \text{N/cm}^2$

c

$$p_1 \cdot V_1 = p_3 \cdot V_3 \ \left[\text{met } p \text{ in N/cm}^2 \text{ en } V \text{ in cm}^3\right]$$
$$11{,}0 \cdot 90 = 25{,}0 \cdot V_3$$
$$\Rightarrow V_3 = 39{,}6.... = 40\ \text{cm}^3$$

$40\ \text{cm}^3$

15

$$p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1 = 2{,}40 \cdot 1{,}50 = 3{,}60\ \text{bar} \cdot \text{dm}^3$$

a

$$p \cdot 0{,}60 = 3{,}60 \Rightarrow p = 6{,}0\ \text{bar}$$

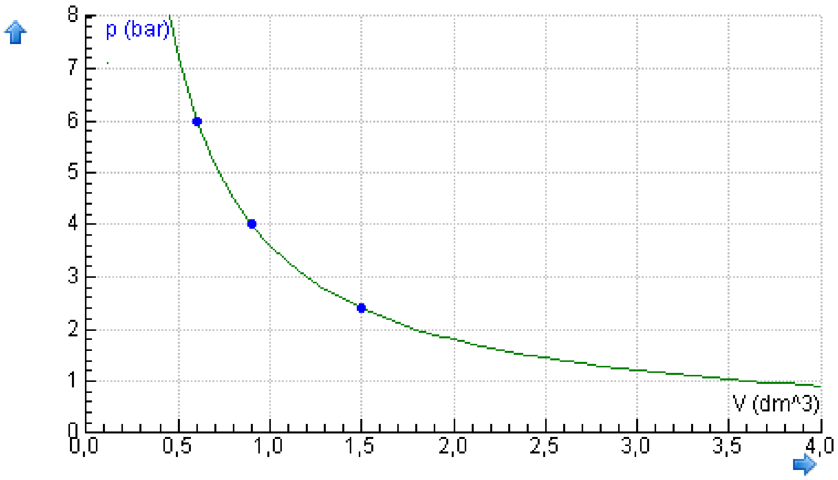
6,0 bar

b

$$4{,}00 \cdot V = 3{,}60 \Rightarrow V = 0{,}900\ \text{dm}^3$$

$0{,}900\ \text{dm}^3$

c



–

16 ***a***

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Zondor kip:

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 1{,}00\ \text{bar} \\ V_1 = 10{,}00\ \text{dm}^3 \\ V_2 = 9{,}50\ \text{dm}^3 \end{array}\right\} \Rightarrow 1{,}00 \cdot 10{,}00 = p_2 \cdot 9{,}50 \Rightarrow p_2 = 1{,}052.. = 1{,}05\ \text{bar}$$

1,05 bar

b

Met kip:

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 1{,}00\ \text{bar} \\ V_1 = (10{,}00 - V_k)\ \text{dm}^3 \\ p_2 = 1{,}06\ \text{bar} \\ V_2 = (9{,}50 - V_k)\ \text{dm}^3 \end{array}\right\} \Rightarrow 1{,}00 \cdot (10{,}00 - V_k) = 1{,}06 \cdot (9{,}50 - V_k)$$
$$\Rightarrow 10{,}00 - 1{,}00 \cdot V_k = 10{,}07 - 1{,}06 \cdot V_k \Rightarrow 0{,}06 \cdot V_k = 0{,}07 \Rightarrow V_k = 1{,}1.. = 1\ \text{dm}^3$$

$1\ \text{dm}^3$

17 ***a***

$F = p \cdot A$ met $A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-2})^2 = 1{,}25.. \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2$

De samengeperste lucht oefent een kracht naar buiten uit:

$F_{\text{uit}} = p \cdot A = 2{,}50 \cdot 10^5 \cdot 1{,}25.. \cdot 10^{-3} = 314{,}..\ \text{N}$

De buitenlucht oefent een kracht uit naar binnen:

$F_{\text{in}} = p \cdot A = 1{,}03 \cdot 10^5 \cdot 1{,}25.. \cdot 10^{-3} = 129{,}..\ \text{N}$

Om de zuiger op zijn plaats te houden, moet een extra kracht uitgeoefend worden naar binnen:

$F_{\text{extra}} = 314{,}.. - 129{,}.. = 184{,}.. = 1{,}8 \cdot 10^2\ \text{N}$

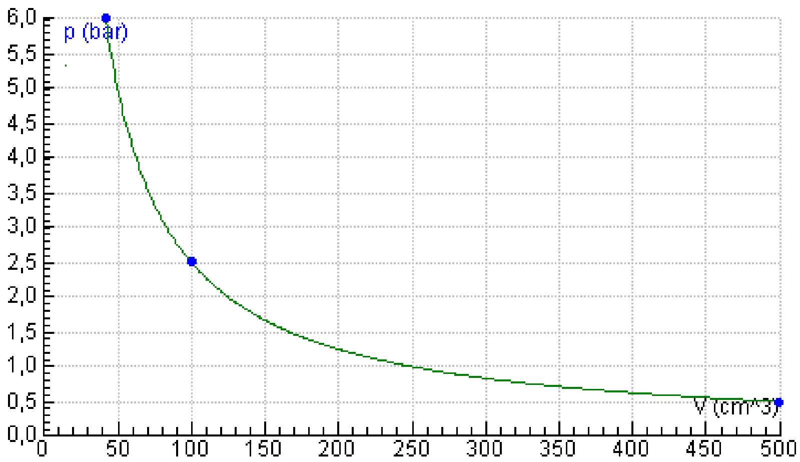
$1{,}8 \cdot 10^2$ N

b

$p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1 = 2{,}50 \cdot 100 = 250\ \text{bar} \cdot \text{cm}^3$

$0{,}50 \cdot V_2 = 250 \Rightarrow V_2 = 500\ \text{cm}^3$

$6{,}00 \cdot V_3 = 250 \Rightarrow V_3 = 41{,}6..\ \text{cm}^3$



–

18 ***a***

$V = V_s + V_m$

Je meet de druk van de lucht in de spuit en de manometer samen.

–

b

$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$p_1 \cdot (V_{s,1} + V_m) = p_2 \cdot (V_{s,2} + V_m)$

$\Rightarrow 1{,}13 \cdot (20{,}0 + V_m) = 2{,}00 \cdot (10{,}0 + V_m)$

$\Rightarrow 22{,}6 + 1{,}13 \cdot V_m = 20{,}0 + 2{,}00 \cdot V_m \Rightarrow 0{,}87 \cdot V_m = 2{,}6 \Rightarrow V_m = 2{,}98.. = 3{,}0\ \text{cm}^3$

3,0 cm^3

c

$p_1 \cdot (V_{s,1} + V_m) = p_2 \cdot (V_{s,2} + V_m)$

$\Rightarrow 1{,}13 \cdot (20{,}0 + 2{,}98..) = p \cdot (7{,}0 + 2{,}98..) \Rightarrow p = 2{,}600.. = 2{,}60\ \text{bar}$

2,60 bar

d

$p_1 \cdot (V_{s,1} + V_m) = p_2 \cdot (V_{s,2} + V_m)$

$\Rightarrow 1{,}13 \cdot (20{,}0 + 2{,}98..) = 1{,}60 \cdot (V_s + 2{,}98..) \Rightarrow V_s = 13{,}24.. = 13{,}2\ \text{cm}^3$

13,2 cm^3

19 ***a***

De druk van de lucht in de manometer was 1,00 bar en wordt gehalveerd.
Het volume was V_m en wordt verdubbeld tot V_m + 4,5. Dus ook V_m = 4,5 cm^3

–

b

$p_1 \cdot (V_{s,1} + V_m) = p_2 \cdot (V_{s,2} + V_m)$

$\Rightarrow 1{,}00 \cdot (0 + 4{,}5) = 0{,}33 \cdot (V_s + 4{,}5) \Rightarrow V_s = 9{,}13.. = 9{,}1\ \text{cm}^3$

9,1 cm^3

20 ***a***

$V = (V_s - V_k) + V_m$

Door de knikker is de overgebleven ruimte in de spuit $V_s - V_k$. En er is ruimte in de manometer.

$V_s - V_k + V_m$

b

$p_1 \cdot (V_{s,1} - V_k + V_m) = p_2 \cdot (V_{s,2} - V_k + V_m)$

$\Rightarrow 1{,}00 \cdot (30{,}0 - V_k + 4{,}0) = 1{,}94 \cdot (15{,}0 - V_k + 4{,}0) \Rightarrow V_k = 3{,}04.. = 3{,}0\ \text{cm}^3$

3,0 cm^3

	c	$V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = 3{,}04.. \Rightarrow r = \sqrt[3]{0{,}726..} = 0{,}898..\text{ cm}$ $\Rightarrow d = 2 \cdot r = 2 \cdot 0{,}898.. = 1{,}79.. = 1{,}8\text{ cm}$	1,8 cm
21	*a*	$p_{\text{extra}} = \frac{\text{gewicht}}{A} = \frac{F_z}{A} = \frac{90{,}0 \cdot 9{,}81}{0{,}70} = 1261{,}..\text{ Pa} = 0{,}012..\text{ bar}$ $\Rightarrow p_{\text{nieuw}} = 1{,}51 + 0{,}012.. = 1{,}522.. = 1{,}52\text{ bar}$	1,52 bar
	b	$V_1 = 2{,}00 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}10 = 0{,}16\text{ m}^3$ $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ $1{,}51 \cdot 0{,}16 = 1{,}52.. \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0{,}158..\text{ m}^3$ $\Rightarrow \Delta V = 0{,}16 - 0{,}158.. = 0{,}001..\text{m}^3$ Volgens de regel voor afronden bij optellen en aftrekken op p. 274 van deel 1 zou je ΔV = 0,16 − 0,158.. moeten afronden op 0,00 m^3. Als we echter ook hier één decimaal meer kiezen, dan is 0,001 m^3 nog net toegestaan. Fraaier is dit antwoord: ΔV < 0,005 m^3 = 5 dm^3.	< 5 dm^3
22		$p \cdot V = C$ Als $p_{\text{boven}} = \frac{2}{3} p_{\text{beneden}}$, dan $V_{\text{boven}} = \frac{3}{2} V_{\text{beneden}}$ $\Rightarrow (r_{\text{boven}})^3 = \frac{3}{2}(r_{\text{beneden}})^3 \Rightarrow r_{\text{boven}} = \sqrt[3]{\frac{3}{2}} \cdot r_{\text{beneden}} = 1{,}14.. \cdot r_{\text{beneden}}$ $\Rightarrow d_{\text{boven}} = 1{,}14.. \cdot d_{\text{beneden}} = 1{,}14.. \cdot 20 = 22{,}8.. = 23\text{ cm}$	23 cm

Opgaven 1.3 − De algemene gaswet

23 ***a*** De druk en de hoeveelheid gas zijn constant. Als formule mag je gebruiken:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1$$

$$\left.\begin{array}{l} T_1 = 0\ °\text{C} = 273\ \text{K} \\ \text{T}_2 = 100\ °\text{C} = 373\ \text{K} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{373}{273} = 1{,}366.. = 1{,}37$$

1,37

b x = 3

Immers, $V_{\text{bol}} = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$ Zie p.18 van je boek.

3

c

$$V_2 = 1{,}366.. \cdot V_1 \Rightarrow r_2{}^3 = 1{,}366.. \cdot r_1{}^3$$

$$d = 2 \cdot r \Rightarrow d_2{}^3 = 1{,}366.. \cdot d_1{}^3 \Rightarrow d_2 = \sqrt[3]{1{,}366..} \cdot d_1 = 1{,}109.. \cdot d_1 = 1{,}11 \cdot d_1$$

1,11

24 ***a*** Volgens de figuur is $p_{\text{lucht}} = b - \Delta p_{\text{olie}}$

De olie staat rechts ongeveer 2 cm hoger dan links.
2 cm <u>water</u>druk zou ongeveer 200 Pa zijn (zie Binas tabel 5), wat erg weinig is ten opzichte van de 10^5 Pa van de buitenluchtdruk.
2 cm oliedruk is nog minder: olie heeft een kleinere dichtheid dan water.

Dus $p_{\text{lucht}} \approx b$

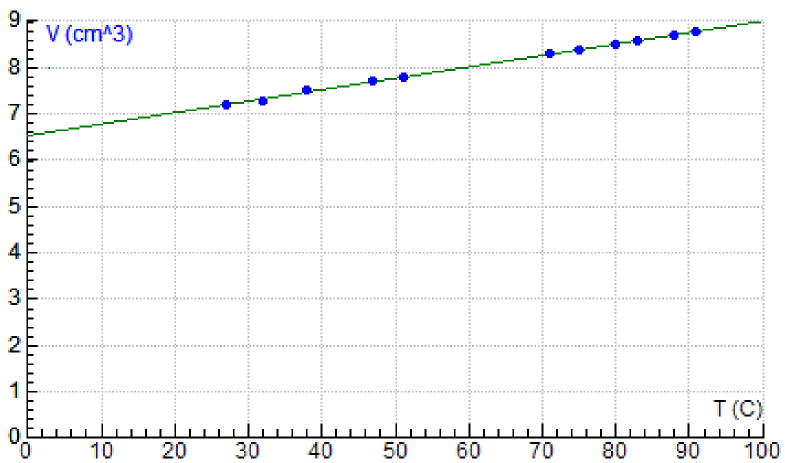
1,00 bar

b De drukveranderingen zullen niet groter zijn dan een paar cm oliedruk. Wat heel erg weinig is ten opzichte van de druk van de buitenlucht.

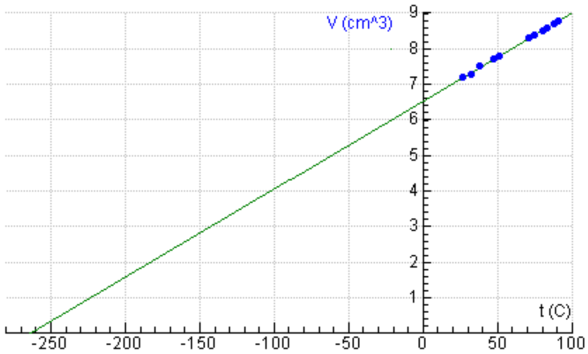
De figuur geeft de situatie bij kamertemperatuur. Als de temperatuur stijgt en het volume van de afgesloten lucht groter wordt, zal het niveauverschil in de U-buis eerst kleiner worden en daarna weer groter.

–

c



d



−263 °C

De rechte door de meetpunten snijdt de temperatuuras bij −264 °C.
(Coach geeft als vergelijking van de rechte is $V = 0{,}0247.. \cdot t + 6{,}533..$)

25 ***a***

Algemene gaswet $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R \Rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$. Gebruik S.I.eenheden.

In het begin:

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 2{,}00 \text{ bar} = 2{,}00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_1 = 10 \text{ L} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ T_1 = 0{,}0 \text{ °C} = 273 \text{ K} \\ R = 8{,}3145 \text{ J/(mol·K)} \end{array}\right\} \Rightarrow n_1 = \frac{2{,}00 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{8{,}3145 \cdot 273} = 0{,}881.. \text{ mol}$$

0,47 mol

Aan het eind:

$$\left.\begin{array}{l} p_2 = 1{,}00 \text{ bar} = 1{,}00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 = 10 \text{ L} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ T_2 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K} \\ R = 8{,}3145 \text{ J/(mol·K)} \end{array}\right\} \Rightarrow n_2 = \frac{1{,}00 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{8{,}3145 \cdot 293} = 0{,}410.. \text{ mol}$$

Er is weggestroomd 0,881.. − 0,410.. = 0,470.. = 0,47 mol

b $M = 28 \text{ g} \Rightarrow m = 0{,}470.. \cdot 28 = 13{,}1.. = 13 \text{ g}$ 13 gram

26 ***a1***

Is $p \cdot V$ voor B en D gelijk? Ja, want
$p_B \cdot V_B = 2{,}4 \cdot 0{,}10 = 0{,}24 \text{ bar} \cdot \text{m}^3$
$p_D \cdot V_D = 1{,}2 \cdot 0{,}20 = 0{,}24 \text{ bar} \cdot \text{m}^3$

–

a2

Van A naar B verdubbelt de druk bij constant volume, dus de temperatuur wordt tweemaal zo hoog.

Van A naar D verdubbelt het volume bij constante druk, dus de temperatuur wordt tweemaal zo hoog.

Op beide manieren vind je dat $T_{B,D} = 2 \cdot 200 = 400 \text{ K}$

400 K

a3

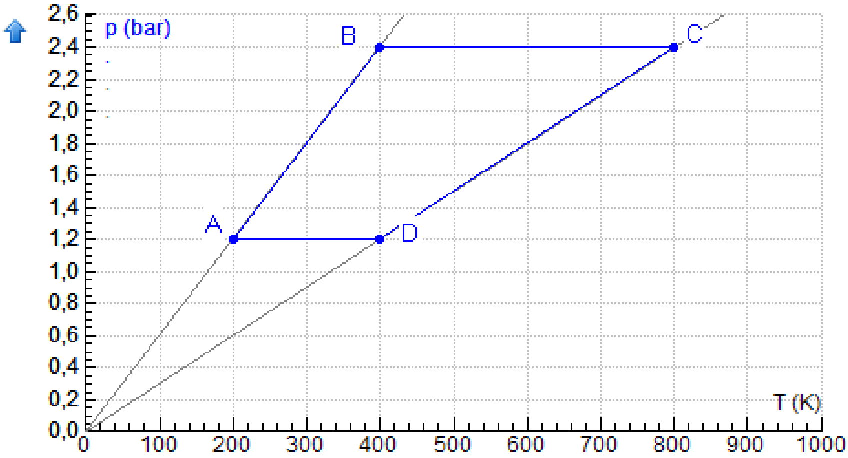
Van D naar C verdubbelt de druk bij constant volume, dus de temperatuur wordt tweemaal zo hoog.

Van B naar C verdubbelt het volume bij constante druk, dus de temperatuur wordt tweemaal zo hoog.

Op beide manieren vind je dat $T_C = 2 \cdot 400 = 800 \text{ K}$

800 K

b



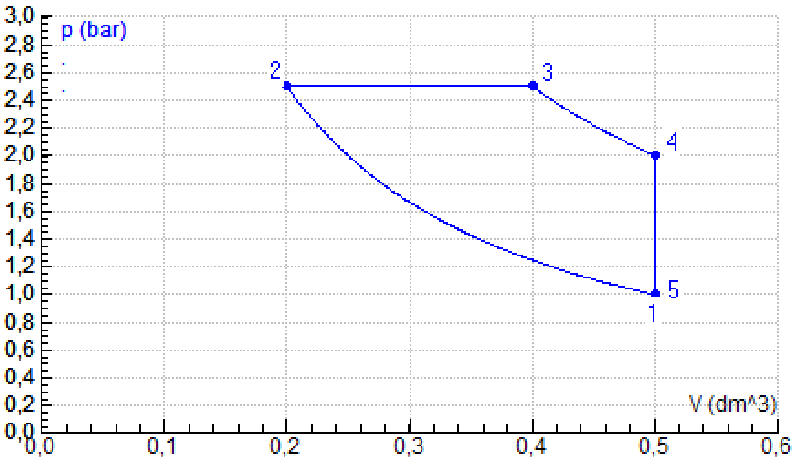
27 ***a***

	p (bar)	V (dm^3)	T (K)
1	1,00	0,50	293
2	2,50	0,20	293
3	2,50	0,40	586
4	2,00	0,50	586
5	1,00	0,50	293

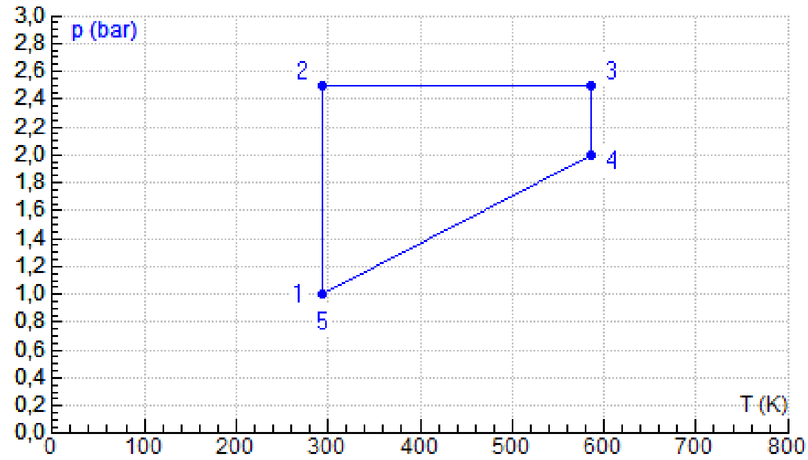
$p_4 \cdot V_4 = p_3 \cdot V_3 \Rightarrow p_4 \cdot 0{,}50 = 2{,}50 \cdot 0{,}40$

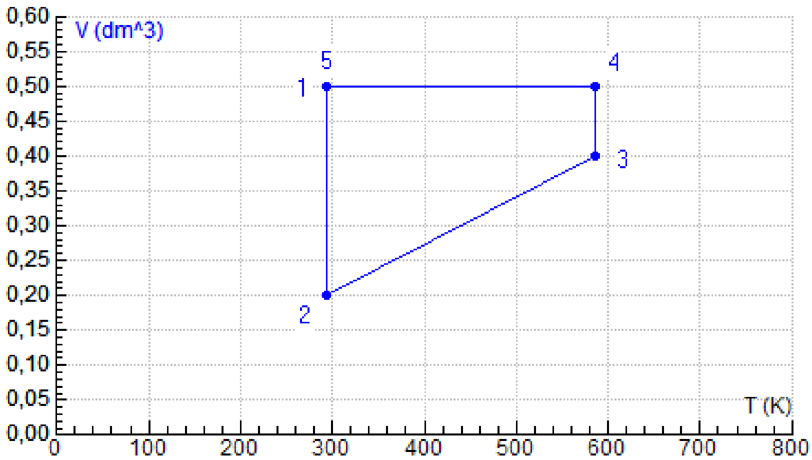
$\Rightarrow p_4 = 2{,}00$ bar

Verder is $p_5 = p_1$ en $V_5 = V_1$



b


p (bar)
T (K)
3,0
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
1
2
3
4
5


V (dm^3)
T (K)
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0
100
200
300
400
500
600
700
800
1
2
3
4
5

Opgaven hoofdstuk 1

28		$F_{max} = \Delta p_{max} \cdot A$ $\Delta p = p_{boven} - p_{onder} = b - p_{onder} < b$ $\left.\begin{array}{l}\Rightarrow \Delta p_{max} = b \approx 10^5 \text{ Pa} \\ A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (55 \cdot 10^{-3})^2 = 2{,}37.. \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\end{array}\right\} \Rightarrow$ $\Rightarrow F_{max} = 10^5 \cdot 2{,}37.. \cdot 10^{-3} = 2{,}37.. \cdot 10^2 = 2{,}4 \cdot 10^2 \text{ N}$	$2{,}4 \cdot 10^2$ N
29	***a***	$W = F \cdot s = (\Delta p \cdot A) \cdot s$ $\left.\begin{array}{l}\Delta p = 5{,}0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (1{,}0 \cdot 10^{-2})^2 = 7{,}85.. \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \\ s = 2{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ m}\end{array}\right\} \Rightarrow$ $\Rightarrow W = (5{,}0 \cdot 10^5 \cdot 7{,}85.. \cdot 10^{-5}) \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2} = 0{,}785.. = 0{,}79 \text{ J}$	0,79 J
	b	$W = \Delta E_k = E_{k,2} - E_{k,1} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - 0$ $\Rightarrow 0{,}785.. = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot v^2 \Rightarrow v = 12{,}5.. = 13 \text{ m/s}$	13 m/s
	c	$W = \Delta E_k = E_{k,2} - E_{k,1} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - 0$ $\Rightarrow (\Delta p \cdot A) \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ $\Rightarrow \Delta p \cdot 7{,}85.. \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 16^2 \Rightarrow \Delta p = 8{,}14.. \cdot 10^5 \text{ Pa} = 8{,}1 \text{ bar}$	8,1 bar
30	***a1***	$m = \rho \cdot V = \rho \cdot (\ell \cdot A)$	–
	a2	$F = \Delta p \cdot A = (\rho \cdot g \cdot h) \cdot A$ Dezelfde formule krijg je met $F = F_z = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot h \cdot A \cdot g$	–
	a3	$F = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot A}{\rho \cdot \ell \cdot A} = \frac{g \cdot h}{\ell}$	–
	b	$a = \frac{g \cdot h}{\ell} \Rightarrow 2{,}0 = \frac{9{,}81 \cdot h}{0{,}15} \Rightarrow h = 0{,}0305.. = 0{,}031 \text{ m}$	3,1 cm
	c	$a = \frac{g \cdot h}{\ell} \Rightarrow a = \frac{9{,}81 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2}}{0{,}15} = 3{,}27.. = 3{,}3 \text{ m/s}^2$	3,3 m/s^2
	d	Het water staat rechts hoger dan links. Op het horizontale waterdeel wordt een kracht naar achter (naar links) uitgeoefend.	–
31	***a1***	$p_A + p_{water} = b$ $\Rightarrow p_A = b - p_{water} = 1000 - 6{,}0 = 994 \text{ cm waterdruk}$	9,94 m waterdruk
	a2	$p_B = b + p_{water}$ $\Rightarrow p_B = 1000 + 11{,}0 = 1011 \text{ cm waterdruk}$	10,11 m waterdruk
	b	Boven de waterkolom heerst p_A, eronder p_B. $p_A + p_{water} = p_B$ $\Rightarrow p_{water} = p_B - p_A = 1011 - 994 = 17 \text{ cm waterdruk}$	–
32	***a1***	$F_b = p_{water} \cdot A = p_{water} \cdot (\frac{1}{4}\pi \cdot d^2) \sim d^2$ $\Rightarrow \frac{F_{b,2}}{F_{b,1}} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{2{,}0^2}{1{,}5^2} = 1{,}77.. = 1{,}8$	1,8

a2 omtrek $= 2\pi \cdot r = \pi \cdot d \sim d$

$\Rightarrow \dfrac{F_{w,2}}{F_{w,1}} = \dfrac{d_2}{d_1} = \dfrac{2,0}{1,5} = 1,33.. = 1,3$

1,3

b Als F_b ook met een factor 1,3 zou toenemen (en niet met factor 1,77..), zou de kurk op zijn plaats blijven. Dat is het geval als boven de grotere kurk de waterhoogte kleiner is.

$h_{nieuw} = \frac{1,33..}{1,77..} \cdot 2,00 = 1,50 \text{ m}$

1,50 m

33 ***a*** $F = m \cdot a = 16,0 \cdot 10^{-3} \cdot 6,0 = 96 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

96 mN

b Het achtereind van de buis versnelt naar rechts, maar de kwikdraad blijft door zijn traagheid achter bij die beweging. De ruimte met afgesloten lucht wordt kleiner. Die lucht wordt samengeperst.

–

c $F = \Delta p \cdot A$

$\left.\begin{array}{l} F = 0,096 \text{ N} \\ A = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 \end{array}\right\} \Rightarrow 0,096 = \Delta p \cdot 8,0 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \Delta p = 12 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

12 kPa

d $p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1 \Rightarrow p_2 \cdot \ell_2 \cdot A = p_1 \cdot \ell_1 \cdot A \quad (A = 8,0 \text{ mm}^2)$

$\Rightarrow p_2 \cdot \ell_2 = p_1 \cdot \ell_1$

$\left.\begin{array}{l} \ell_1 = 12,0 \text{ cm} \\ p_1 = b = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_2 = b + \Delta p = 1,03 \cdot 10^5 + 12 \cdot 10^3 = 1,15 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{array}\right\} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1,15 \cdot 10^5 \cdot \ell_2 = 1,03 \cdot 10^5 \cdot 12,0 \Rightarrow \ell_2 = 10,74.. = 10,7 \text{ cm}$

10,7 cm

34 ***a*** De kracht van de luchtdruk binnen en de veerkracht zijn in evenwicht met de kracht van de luchtdruk buiten.

$p \cdot A + F_{veer} = b \cdot A$

$\Rightarrow p = b - \dfrac{F_{veer}}{A}$

$\left.\begin{array}{l} A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot 0,14^2 = 0,0153.. \text{ m}^2 \\ F_{veer} = 130 \text{ N} \\ b = p_0 = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{array}\right\} \Rightarrow$

$\Rightarrow p = 1,01325 \cdot 10^5 - \dfrac{130}{0,0153..} = 92880,.. = 93 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

93 kPa

b $p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1$

$p_2 \cdot 400 = 92,8.. \cdot 10^3 \cdot 150$

$\Rightarrow p_2 = 34830,.. = 35 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

35 kPa

c Voor het vergroten van het luchtvolume van 150 cm^3 tot 400 cm^3 is nodig

$F = \Delta p \cdot A = (92880,.. - 34830,..) \cdot 0,0153.. = 893,.. \text{ N}$

$F_{z,max} = m_{max} \cdot g$

$\Rightarrow m_{max} = \dfrac{893,..}{9,81} = 91,0.. = 91 \text{ kg}$

91 kg

35

Gebruik als eenheid van druk de cm waterdruk. Dat is hier handiger.
Zie Binas tabel 5.

In het begin was de druk inde cilinder $p_1 = b = 1000$ cm waterdruk.
De lengte van de luchtkolom was $\ell_1 = 40$ cm.

Nu is x cm water binnengedrongen in de cilinder.
De luchtdruk in de cilinder is $p_2 = 1000 + 15 - x = 1015 - x$
De lengte van de luchtkolom is $\ell_2 = 40 - x$ — 0,57 cm

Pas de wet van Boyle toe. Je mag ℓ gebruiken in plaats van V, want de cilinder heeft overal dezelfde doorsnede,

$$p_2 \cdot \ell_2 = p_1 \cdot \ell_1$$

$$(1015 - x)(40 - x) = 1000 \cdot 40$$

$$\Rightarrow x^2 - 1055 \cdot x + 600 = 0 \Rightarrow x = 0{,}569.. = 0{,}57 \text{ cm}$$

36 ***a***

$$p_1 = b + p_{\text{zuiger}} = b + \frac{F_{\text{zuiger op gas}}}{A_{\text{zuiger}}}$$

$$\left.\begin{aligned} &b = 103 \cdot 10^3 \text{ Pa} \\ &A_{\text{zuiger}} = \tfrac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \tfrac{1}{4}\pi \cdot (2{,}50 \cdot 10^{-2})^2 = 4{,}908.. \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ &F_{\text{zuiger op gas}} = m \cdot g = 0{,}400 \cdot 9{,}81 = 3{,}924 \text{ N} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

111 kPa

$$\Rightarrow p_1 = 103 \cdot 10^3 + \frac{3{,}924}{4{,}908.. \cdot 10^{-4}} = 110{,}9.. \cdot 10^3 = 111 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

b

$$p_{\text{extra}} = \frac{F_{\text{zuiger op gas}}}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{8{,}00 \cdot 9{,}81}{4{,}908.. \cdot 10^{-4}} = 159878{,}.. = 159{,}8.. \text{ kPa}$$

$$\left.\begin{aligned} &p_1 = 110{,}9.. \text{ kPa} \\ &V_1 = 50{,}0 \text{ cm}^3 \\ &p_2 = p_1 + p_{\text{extra}} = 110{,}9.. + 159{,}8.. = 270{,}8.. \text{ kPa} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

20,5 cm^3

$$p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1$$

$$\Rightarrow 270{,}8.. \cdot V_2 = 110{,}9.. \cdot 50{,}0 \Rightarrow V_2 = 20{,}48.. = 20{,}5 \text{ cm}^3$$

c

$$p_3 \cdot V_3 = p_1 \cdot V_1$$

$$\Rightarrow p_3 \cdot 35{,}0 = 110{,}9.. \cdot 50{,}0 \Rightarrow p_3 = 158{,}5.. \text{ kPa}$$

$$p_3 = p_1 + p_{\text{extra}} \Rightarrow 158{,}5.. = 110{,}9.. + p_{\text{extra}} \Rightarrow p_{\text{extra}} = 47{,}5.. \text{ kPa}$$

en $p_{\text{extra}} = \dfrac{F_z}{A}$ — 2,4 kg

$$\Rightarrow 47{,}5.. \cdot 10^3 = \frac{m_{\text{extra}} \cdot 9{,}81}{4{,}908.. \cdot 10^{-4}} \Rightarrow m_{\text{extra}} = 2{,}38.. = 2{,}4 \text{ kg}$$

d

Boyle

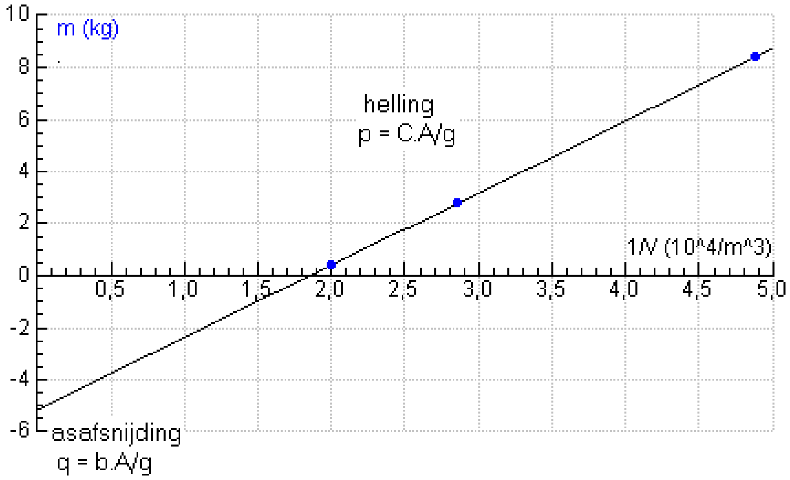
$$\left.\begin{aligned} &p \cdot V = C \\ &p = b + \frac{m \cdot g}{A} \end{aligned}\right\} \Rightarrow (b + \frac{m \cdot g}{A}) \cdot V = C$$

$$\Rightarrow b + \frac{m \cdot g}{A} = C \cdot \frac{1}{V} \Rightarrow m \cdot \frac{g}{A} = C \cdot \frac{1}{V} - b \Rightarrow m = \tfrac{C \cdot A}{g} \cdot \frac{1}{V} - \tfrac{b \cdot A}{g}$$

–

Dit is van de vorm
$y = p \cdot x - q$: een rechte lijn die de negatieve Y−as snijdt

e



q aflezen in de figuur: $q = \frac{b \cdot A}{g} \Rightarrow b = \frac{g}{A} \cdot q$

37 ***a*** Het gaat erom of de opwaartse kracht, dus het gewicht van het verplaatste water, groter of kleiner is dan de zwaartekracht op de met ijzerdraad omwonden reageerbuis.

Hoe dieper de reageerbuis onder water is, des te groter de druk op de afgesloten lucht en des te kleiner het volume van de afgesloten lucht. Dan wordt er minder water verplaatst en is de opwaartse kracht kleiner.

Voorbij een bepaalde diepte *d* is het luchtvolume, dus het gewicht van het verplaatste water, zo klein dat de opwaartse kleiner is dan de zwaartekracht op de reageerbuis: de reageerbuis zinkt.

b *d* wordt groter

Op een hogere verdieping is de buitenluchtdruk kleiner. Er is dan meer waterdruk nodig, dus een hogere waterkolom, voordat de afgesloten lucht het kritische volume heeft.

38 Er zal water uit het flesje spuiten.

Het natte vloeipapier sluit de hete lucht en waterdamp in de grote fles af.
Bij afkoeling neemt de druk in de fles af, vooral omdat waterdamp condenseert en er voor de lucht in de fles meer ruimte beschikbaar komt.

De druk in de grote fles is dan lager dan die boven het water in het spuitflesje: er spuit water uit het flesje.

39 Als de cilinder horizontaal ligt, speelt het gewicht van de zuiger geen rol. Je hebt alleen te maken met de kracht van de luchtdruk binnen en buiten en met de weerstandskracht.

a1 Als de zuiger naar buiten wil gaan, werkt de weerstandskracht naar binnen. Net als de kracht van de buitenluchtdruk.

$$p \cdot A = F_w + b \cdot A \Rightarrow p = \frac{F_w}{A} + b$$

$$\Rightarrow p = \frac{2{,}40}{2{,}0 \cdot 10^{-4}} + 100 \cdot 10^3 = 112 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

112 kPa

a2 Het volume is nog niet veranderd. Je mag de drukwet van Gay−Lussac gebruiken.

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{112}{T_2} = \frac{100}{290} \Rightarrow T_2 = 324{,}8 = 325 \text{ K} = 52\ ^{o}\text{C}$$

52 °C

b Nu werkt de weerstandskracht naar buiten, net als de kracht van de luchtdruk in de cilinder.

$$p \cdot A + F_w = b \cdot A \Rightarrow p = b - \frac{F_w}{A}$$

$$\Rightarrow p = 100 \cdot 10^3 - \frac{2,40}{2,0 \cdot 10^{-4}} = 88 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Nog steeds is het volume niet veranderd.

$$\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{88}{T_3} = \frac{100}{290} \Rightarrow T_3 = 255,2 = 255 \text{ K} = -18 \text{ }^{o}\text{C}$$

−18 °C

40 a

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

Bij vaste stoffen en vloeistoffen is de volumeverandering per kelvin erg klein.
En zij zijn vrijwel niet samendrukbaar.

–

b1

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1025 \cdot V_2}{293} = \frac{1013 \cdot 1,00}{273} \Rightarrow V_2 = 1,060.. = 1,06 \text{ m}^3$$

1,06 m^3

b2 ρ(aardgas) = 0,833 kg/m^3 bij T = 273 K en p = p_0. Zie Binas tabel 12
Bij T = 293 K en p = 1025 mbar is deze 0,833 kg verspreid over 1,060.. m^3

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,833}{1,060..} = 0,7853.. = 0,785 \text{ kg/m}^3$$

0,785 kg/m^3

c Te weinig.
Een gasmeter meet het gebruik in m^3.
In 1 m^3 zit in de zomer minder gasmassa dan in de winter.

–

41 a Erratum: Het volume op de grond is niet 6,5·10^3 m^3 maar 6,5·10^3 dm^3, dus 6,5 m^3.
Bereken eerst met de algemene gaswet het aantal mol helium.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R \Rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

$$\Rightarrow n = \frac{1,00 \cdot 10^5 \cdot 6,5}{8,31 \cdot 288} = 2,71.. \cdot 10^2 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot M$$

$$\Rightarrow m = 2,71.. \cdot 10^2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 1,0.. = 1 \text{ kg}$$

1 kg

b Zie Binas tabel 30B

$$T = 230 \text{ K en } p = 1 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

–

c

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$\Rightarrow V = \frac{2,715.. \cdot 10^2 \cdot 8,31 \cdot 230}{1 \cdot 10^3} = 5,1.. \cdot 10^2 \text{ m}^3$$

$$V_{bol} = \tfrac{4}{3}\pi \cdot r^3 = 5,1.. \cdot 10^2 \Rightarrow r = \sqrt[3]{1,23.. \cdot 10^2} = 4,9.. \Rightarrow d = 2 \cdot r = 9,9.. = 10 \text{ m}$$

10 m

42 a Het volume van de basketbal verandert niet of nauwelijks.

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{p_2}{323} = \frac{1,54}{293} \Rightarrow p_2 = 1,697.. = 1,70 \text{ bar}$$

1,70 bar

b

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R \Rightarrow p \sim n$$

Het aantal mol, dus ook de massa van de lucht, is bij constante temperatuur en constant volume evenredig met de druk.

$\Delta p = 1{,}54 - 1{,}00 = 0{,}54 \text{ bar} \rightarrow \Delta m = 590 - 586 = 4 \text{ g}$

–

$\Rightarrow p = 1{,}54 \text{ bar} \rightarrow \Delta m = \dfrac{1{,}54}{0{,}54} \cdot 4 = 11{,}4.. \text{ g lucht in de opgepompte bal}$

$$\frac{m_{\text{lucht in de bal}}}{m_{\text{opgepompte bal}}} = \frac{11{,}4..}{590} = 0{,}019.. = 2\%$$

c1

Nadat de fles was omgedraaid en geopend, verdween ¾ van het oorspronkelijke volume lucht. Zoveel wordt nu namelijk ingenomen door water.

$\Delta V_{\text{lucht}} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \text{ fiasco} \rightarrow \Delta m = 2465 - 2461 = 4 \text{ drachme}$

5 d/f

$$\Rightarrow \rho_{\text{lucht}} = \frac{m}{V} = \frac{4 \text{ drachme}}{\frac{3}{4} \text{ fiasco}} = 5{,}3.. = 5 \text{ drachme/fiasco}$$

c2

$$\rho_{\text{water}} = \frac{1600 \text{ drachme}}{\frac{3}{4} \text{ fiasco}} = 2133{,}.. \text{ d/f}$$

$4 \cdot 10^2 : 1$

$$\Rightarrow \frac{\rho_{\text{water}}}{\rho_{\text{lucht}}} = \frac{2133{,}..}{5{,}33..} = \frac{400}{1}$$

c3

Zie Binas tabellen 11 en 12.
De dichtheid van lucht is opgegeven bij 0 °C en standaarddruk. Bij kamertemperatuur zal de dichtheid kleiner zijn, de lucht is uitgezet.

$$\frac{\rho_{\text{lucht,20°C}}}{\rho_{\text{lucht,0°C}}} = \frac{273}{293} \Rightarrow \rho_{\text{lucht,20°C}} = \frac{273}{293} \cdot 1{,}293 = 1{,}204.. = 1{,}20 \text{ kg/m}^3$$

$8{,}3 \cdot 10^2 : 1$

Bij 20 °C

$$\frac{\rho_{\text{water}}}{\rho_{\text{lucht}}} = \frac{998}{1{,}20..} = \frac{831{,}..}{1} = \frac{8{,}3 \cdot 10^2}{1}$$

De waarde van Aristoteles was bijna 100 x te klein. Galilei vond een waarde die maar ongeveer 2 x kleiner was dan wij nu kennen.

43 a

$$\text{Gay-Lussac} \rightarrow \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \left(\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}\right)^k = \left(\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}\right)^k \Rightarrow \frac{p_1^{\,k} \cdot V_1^{\,k}}{T_1^{\,k}} = \frac{p_2^{\,k} \cdot V_2^{\,k}}{T_2^{\,k}}$$

$$\Rightarrow \frac{\left(p_1^{\,k-1} \cdot p_1\right) \cdot V_1^{\,k}}{T_1^{\,k}} = \frac{\left(p_2^{\,k-1} \cdot p_2\right) \cdot V_2^{\,k}}{T_2^{\,k}}$$

–

$$\left.\begin{array}{l} \Rightarrow \dfrac{p_1^{\,k-1} \cdot \left(p_1 \cdot V_1^{\,k}\right)}{T_1^{\,k}} = \dfrac{p_2^{\,k-1} \cdot \left(p_2 \cdot V_2^{\,k}\right)}{T_2^{\,k}} \\ \text{Poisson} \rightarrow p_1 \cdot V_1^{\,k} = p_2 \cdot V_2^{\,k} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{p_1^{\,k-1}}{T_1^{\,k}} = \frac{p_2^{\,k-1}}{T_2^{\,k}}$$

b

$$\frac{p_1^{\,k-1}}{T_1^{\,k}} = \frac{p_2^{\,k-1}}{T_2^{\,k}} \Rightarrow \frac{(1{,}00)^{0{,}4}}{T_2^{\,1{,}4}} = \frac{(2{,}0)^{0{,}4}}{(290)^{1{,}4}}$$

−35 °C

$$\Rightarrow T_2^{\,1{,}4} = \left(\frac{1{,}0}{2{,}0}\right)^{0{,}4} \cdot (290)^{1{,}4} \Rightarrow T_2 = \sqrt[1{,}4]{2122{,}..} = 237{,}8.. = 238 \text{ K} = -35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

44 a

Bij deze snelle (adiabatische) compressie geldt

$$p_2 \cdot V_2^{\,k} = p_1 \cdot V_1^{\,k} \Rightarrow p_2 \cdot V_2^{\,1{,}4} = p_1 \cdot V_1^{\,1{,}4}$$

$$p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1{,}4} \cdot p_1 = \left(\frac{71}{1}\right)^{1{,}4} \cdot 1{,}00 = 390{,}.. = 3{,}9 \cdot 10^2 \text{ bar}$$

$3{,}9 \cdot 10^2$ bar

Je mag ℓ gebruiken in plaats van V omdat de doorsnede van de luchtkolom overal tijdens het indrukken gelijk is.

b

$F = \Delta p \cdot A = (p_2 - b) \cdot A$

$\Rightarrow F = (390,.. - 1,0..) \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 974,.. = 9,7 \cdot 10^2\ \text{N}$

$9{,}7 \cdot 10^2$ N

c1

$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2 = 10 = 1 \cdot 10^1\ \text{J}$

1 daJ

c2

$$\left.\begin{array}{l} \eta = \dfrac{E_k}{W} \\ W = F \cdot s = 974,.. \cdot 0,55 = 535,..\ \text{J} \end{array}\right\} \Rightarrow \eta = \frac{10}{535,..} = 0,018.. = 2\%$$

2 %

45 a

Als je uitademt, wordt de omvang van je borstkas kleiner en verplaats je minder water. De opwaartse kracht (Archimedes, zie ook opgave 37) wordt kleiner dan de zwaartekracht en je zakt naar de bodem.

–

b

$\Delta p_{water} = \rho \cdot g \cdot \Delta h = 998 \cdot 9,81 \cdot 10 = 97,9.. \cdot 10^3\ \text{Pa} \approx 1\ \text{bar}$

–

c

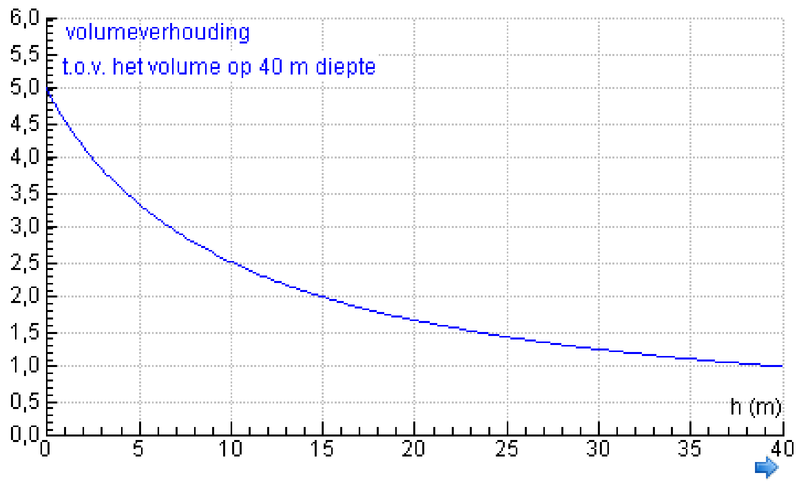
Het is hier handig om als eenheid van druk te gebruiken de m(eter) waterdruk.
Dan kun je voor de druk op diepte *h* schrijven

$p = b + \rho \cdot g \cdot h \sim 10 + h$

want de buitenluchtdruk komt ongeveer overeen met 10 m waterdruk.
Voor de volumevergroting tijdens het stijgen geldt

$p_{boven} \cdot V_{boven} = p_{onder} \cdot V_{onder}$

$$\Rightarrow \frac{V_{boven}}{V_{onder}} = \frac{p_{onder}}{p_{boven}} = \frac{10 + 40}{10 + h} = \frac{50}{10 + h}$$



–

Hoe dichter bij het oppervlak, des te groter de volumetoename per meter stijging en hoe groter de kans dat een gasbelletje een bloedvat afsluit.

d

De druk in de longen was aangepast aan de waterdiepte.
Als hij niet uitademt vóór het opstijgen naar een kleinere waterdruk, kan zijn borstkas op onaangename en gevaarlijke wijze opzwellen: hij "barst uit elkaar".

–

e1

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot d)^3 \sim d^3 \Rightarrow \frac{p \cdot V}{T} \sim \frac{p \cdot d^3}{T}$$

Boyle/Gay-Lussac zegt:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1 \cdot d_1^3}{T_1} = \frac{p_2 \cdot d_2^3}{T_2}$$

–

e2

Op 20 m diepte is p_1 = b + p_{water} = 1 + 2 = 3 bar.
Aan de oppervlakte is p_2 = 1 bar

$$\frac{p_2 \cdot d_2^3}{T_2} = \frac{p_1 \cdot d_1^3}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1 \cdot d_2^3}{300} = \frac{3 \cdot 0,5^3}{280} \Rightarrow d_2^3 = 0,40.. \Rightarrow d_2 = 0,73.. = 0,7\ \text{cm}$$

0,7 cm

46

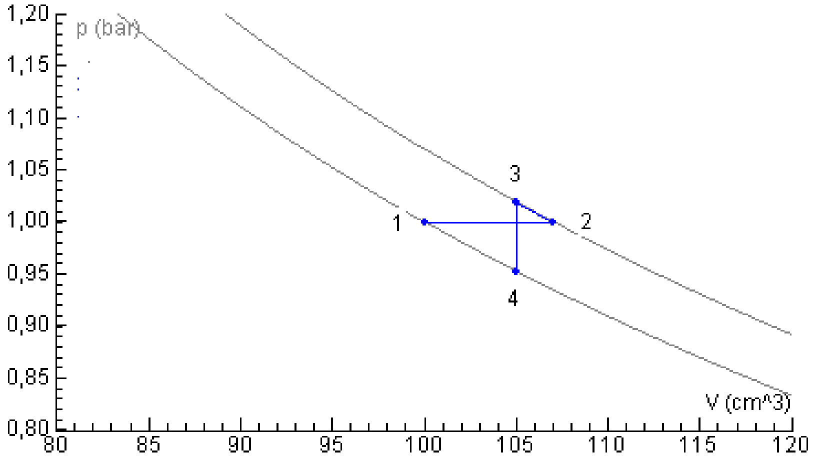
$1 \to 2$: p constant $\to \dfrac{V_2}{T_2} = \dfrac{V_1}{T_1}$ en $T_2 > T_1 \Rightarrow V_2 > V_1$

$2 \to 3$: T constant $\to p_3 \cdot V_3 = p_2 \cdot V_2$ en $p_3 > p_2 \Rightarrow V_3 < V_2$

$3 \to 4$: V constant $\to \dfrac{p_4}{T_4} = \dfrac{p_3}{T_3}$ en $T_4 = T_1 < T_3 \Rightarrow p_4 < p_3$

1 en 4 (buitentemperatuur) liggen op een lage isotherm
2 en 3 (binnentemperatuur) liggen op een hoge isotherm

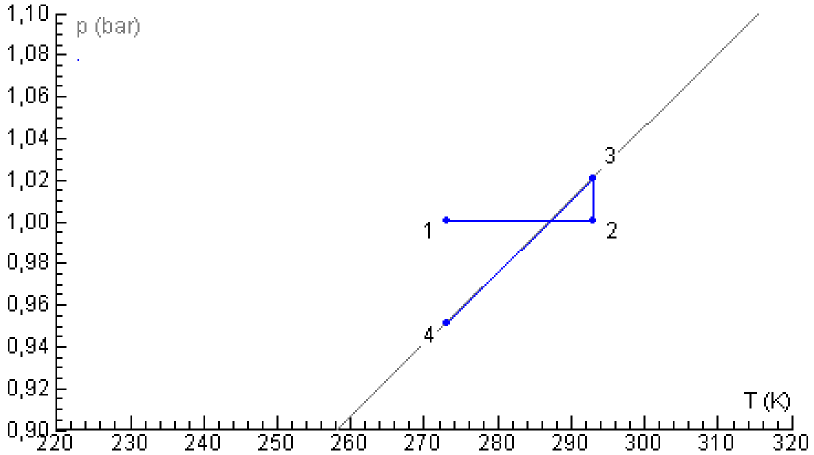
a



De waarden voor p liggen veel te veer uit elkaar, want zo'n druppel geeft een zeer klein drukverschil. Maar anders is de grafiek niet te tekenen.

De kromme lijnen zijn isothermen van Boyle.
De rechte lijnen horen bij Gay-Lussac.

b



De schuine rechte lijn hoort bij Gay-Lussac. Hij gaat door het punt (0,0).

Toets

1 **Onderdruk**

a $F = \Delta p \cdot A$

$$\left.\begin{aligned} \Delta p &= p_{\text{buiten}} - p_{\text{binnen}} = 1{,}00 - 0{,}60 = 0{,}40 \text{ bar} \\ A &= \tfrac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \tfrac{1}{4}\pi \cdot (2{,}5 \cdot 10^{-2})^2 = 4{,}90.. \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

20 N

$\Rightarrow F = 0{,}40 \cdot 10^5 \cdot 4{,}90.. \cdot 10^{-4} = 19{,}6.. = 20 \text{ N}$

b1 Tijdens het binnenlopen van het water blijft de temperatuur en de hoeveelheid lucht constant. Het nieuwe luchtvolume kun je berekenen met de wet van Boyle.

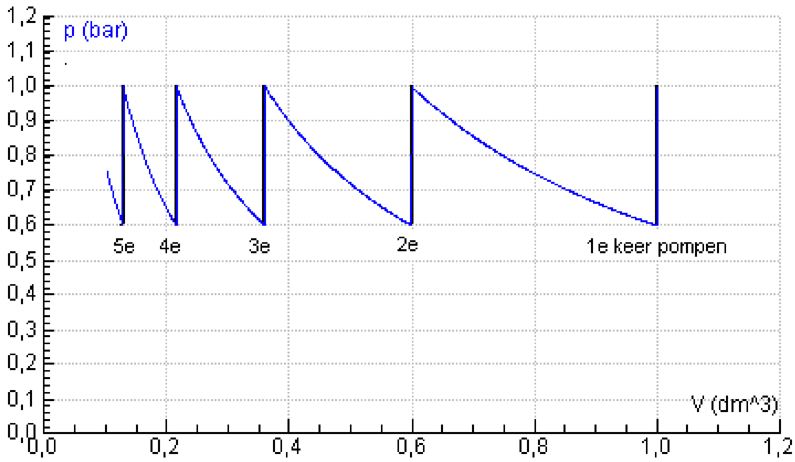
$p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1$

0,40 dm^3

$\Rightarrow 1{,}00 \cdot V_2 = 0{,}60 \cdot 1{,}00 \Rightarrow V_2 = 0{,}60 \text{ dm}^3$

Er is 0,40 dm^3 water naar binnen gelopen.

b2



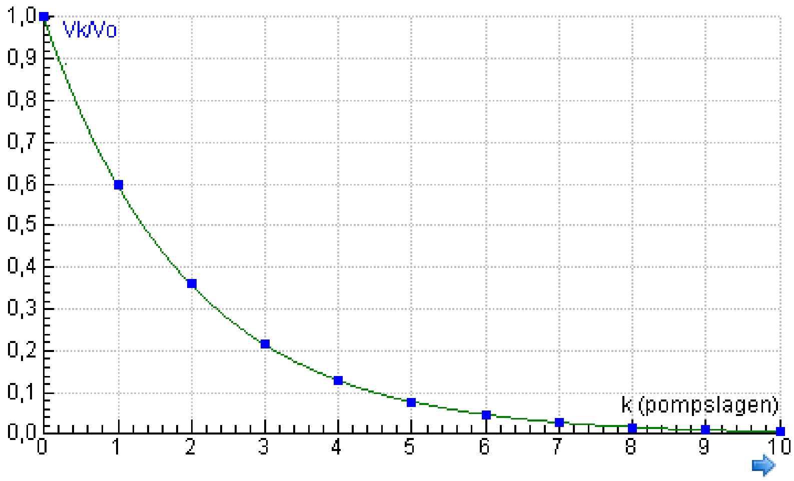
–

c1 0,24 dm^3

Na het pompen vanaf 1 bar tot 0,60 bar blijft 60% van de lucht over.
Bij 1,00 bar past die overgebleven lucht in 60% van het oorspronkelijke volume, dus in 0,6·0,60 = 0,36 dm^3. Dan is er 0,60 –0,36 = 0,24 dm^3 water binnengelopen.

0,24 dm^3

c2 Na k keer pompen is het volume van de overgebleven lucht bij 1 bar $V_k = 0{,}6^k \cdot V_0$
Dit volume wordt nooit helemaal nul, maar na vaak pompen wel bijna. Zo is na 10 keer pompen minder van 1% van de lucht overgebleven.



–

2 **Een expansievat**

a1 De hoeveelheid gas is constant: gebruik de wet van Boyle/Gay−Lussac.

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 1{,}5 \text{ bar; } p_2 = ? \\ V_1 = 25 \text{ dm}^3\text{; } V_2 = 25 - 4{,}3 = 20{,}7 \text{ dm}^3 \\ T_1 = 293 \text{ K; } T_2 = 323 \text{ K} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_2 \cdot 20{,}7}{323} = \frac{1{,}5 \cdot 25}{293} \Rightarrow p_2 = \frac{25 \cdot 323}{20{,}7 \cdot 293} \cdot 1{,}5 = 1{,}99.. = 2{,}0 \text{ bar}$$

–

a2 2 bar
10 m waterdruk is ongeveer 1 bar.
10 m lager is de druk ongeveer 1 + 2 = 3 bar.
Dat is 2 bar meer dan de druk van de buitenlucht:, dus dat is de overdruk

2 bar

b

$$\frac{p_3 \cdot V_3}{T_3} = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

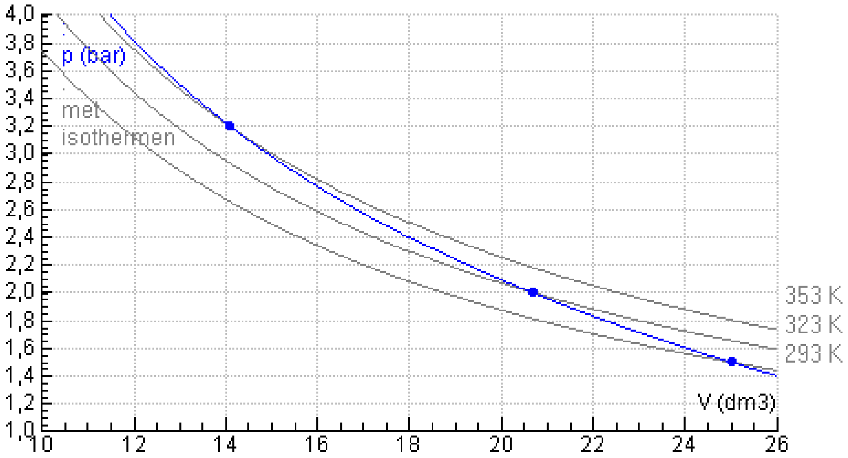
$$\left.\begin{array}{l} p_1 = 1{,}5 \text{ bar; } p_3 = 3{,}2 \text{ bar} \\ V_1 = 25 \text{ dm}^3\text{; } V_3 = \ ? \\ T_1 = 293 \text{ K; } T_2 = 353 \text{ K} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3{,}2 \cdot V_3}{353} = \frac{1{,}5 \cdot 25}{293} \Rightarrow V_2 = \frac{1{,}5 \cdot 353}{3{,}2 \cdot 293} \cdot 25 = 14{,}1.. = 14 \text{ dm}^3$$

14 dm^3

c

	p (bar)	V (dm^3)	T (K)
1	1,5	25	293
2	2,0	20,7	323
3	3,2	14,1	353



In het diagram zie je hoe de grafiek door de meetpunten de drie isothermen snijdt.

–

3 Een föhn

a Vlak voordat je e buis in het water dompelt, is de druk van de hete lucht gelijk aan *b*. Bij 20 °C is er wat water in de buis gelopen en is de druk van de afgekoelde lucht dus iets lager. Δp is een paar cm waterdruk. Volgens tabel 6 is 1 cm waterdruk gelijk aan $9{,}8 \cdot 10^1$ Pa dat is te verwaarlozen t.o.v. $b = 1 \cdot 10^5$ Pa.

–

b Pas toe: $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$ V_1 = 100% ; T_1 = ?? ; V_2 = 100 − 21 = 79% ; T_2 = 293 K

Invullen geeft T_1 = 371 K = 98 °C

371 K
98 °C

c Pas dezelfde formule toe. T_1 = 575 K $\Rightarrow$ V_2 = 51% $\Rightarrow$
De buis is voor 49% gevuld met water.

49%