

- 1 We sluiten het linker been van een open kwikbarometer ($\rho_{\text{kwik}} = 13600 \text{ kg/m}^3$) aan op een ruimte. De druk in de ruimte bedraagt 140800 Pa terwijl de buitendruk 1 bar is. De diameter van het linker been is 2 cm en de diameter van het rechterbeen bedraagt 3 cm.
- (15) Hoeveel stijgt de vloeistofspiegel in het rechterbeen?
- 2 Het symbool van het element stikstof is N.
- (1) a) Zoek de atoommassa van stikstof op in het periodiek systeem (bijlage 2).
- (2) b) Bereken de molecuulmassa M van stikstofgas N_2 .
- (3) c) Hoe groot is de specifieke gasconstante R_s van stikstofgas?
In een klaslokaal van $8 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ is de temperatuur $21 \text{ }^\circ\text{C}$
De luchtdruk is 1 bar. Lucht bestaat voor 80% uit stikstof.
- (9) d) Hoeveel kg stikstofgas bevat het lokaal?
- 3 Een verticale cilinder bevat 10 dm^3 stikstof van 300 K en wordt aan de **bovenzijde** afgesloten door een vrij beweegbare zuiger. Deze zuiger heeft een massa van 3 kg en een diameter van 12 cm. De druk van de buitenlucht bedraagt 1020 mbar.
- (7) a) Bereken de druk in de cilinder
- (4) b) Bereken de massa van de stikstof in de cilinder (voor R_s zie 2c) .
- (4) c) Bepaal de massa van de stikstof als we de temperatuur verhogen tot 400 K.
- 4 Twee bollen A en B zijn via een dunne leiding met elkaar verbonden. In deze leiding zit een gesloten kraan. Bol A heeft een volume van 5 m^3 , een temperatuur van $250 \text{ }^\circ\text{C}$ en bevat stikstof met een druk van 4 bar. Bol B heeft een volume van 3 m^3 , een temperatuur van $350 \text{ }^\circ\text{C}$ en bevat waterstof met een druk van 3 bar.
- (15) Bereken de einddruk als we de kraan openen en de temperatuur van de bollen constant blijft.
- 5 Een cilinder bevat 40 liter kooldioxide CO_2 met een druk van 200 bar. De temperatuur bedraagt $17 \text{ }^\circ\text{C}$.
- (3) a) Bereken de molecuulmassa M van kooldioxide.
- (3) b) Bereken de R_s van kooldioxide.
- (4) c) Bereken de massa van de kooldioxide in de cilinder.
- 6 We verwarmen 0,5 kg stikstof van $21 \text{ }^\circ\text{C}$ bij een constante druk van 2 bar. De verrichte uitwendige arbeid bedraagt 30 kJ. Bereken:
- (10) a) de eindtemperatuur van de stikstof (voor R_s zie 2c).
- (10) b) het eindvolume van de stikstof.

Bijlage 1

Algemene gaswet: $\frac{p \cdot V}{T} = R$ (algemene gasconstante in J/K)

Gasconstante van 1 kg gas: R_s (specifieke gasconstante in J/kgK)

Gasconstante van 1 kmol gas: R_m (molaire gasconstante = 8314 J/kmolK)

$R = m \cdot R_s$ waarbij m = massa gas in kg

$R = n \cdot R_m$ waarbij n = aantal kmol gas (1 kmol = $6 \cdot 10^{26}$ moleculen)

$R_m = M \cdot R_s$ waarbij M = molecuulmassa (bijv. O_2 : $M = 2 \times 16 = 32$ kg/kmol)

Druk van een vloeistofkolom: $p = \rho \cdot h \cdot g$ ($g = 10$ m/s²)

Massa- en dichtheidsberekeningen:

$$\frac{p \cdot V}{T} = m \cdot R_s \Rightarrow m = \frac{p \cdot V}{T \cdot R_s} \Rightarrow \rho = \frac{p}{T \cdot R_s}$$

Eerste hoofdwet van de thermodynamica: $\Delta Q = \Delta U + W$ waarbij ΔQ = toevoerde warmte, ΔU = toename inwendige energie en W = verrichte uitwendige energie.

We onderscheiden isobarische ($p = \text{constant}$), isothermische ($T = \text{constant}$), isochorische ($V = \text{constant}$) en adiabatise (geen warmteuitwisseling dus $Q = 0$) processen:

| | ΔQ | ΔU | W | formules |
|----------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------|
| isobaar | $m \cdot C_p \cdot \Delta T$ | $m \cdot C_v \cdot \Delta T$ | $p \cdot \Delta V = R \cdot \Delta T$ | $V/T = C$ |
| isotherm | $R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1)$ | 0 | $R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1)$ | $pV = C$ |
| isochoor | $m \cdot C_v \cdot \Delta T$ | $m \cdot C_v \cdot \Delta T$ | 0 | $p/T = C$ |
| adiabaat | 0 | $m \cdot C_v \cdot \Delta T$ | $-m \cdot C_v \cdot \Delta T$ | $pV^k = C$ |

$$1 \quad \rho \cdot h \cdot g = \Delta p \Rightarrow 13600 \times h \times 10 = 34000 \Rightarrow h = \frac{40800}{13600 \times 10} = 0,3 \text{ m} \Rightarrow$$

$$h_1 + h_2 = 30 \text{ cm} \Rightarrow h_1 = 30 - h_2 \quad (1)$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \cancel{\frac{1}{4}} \times \pi \times 2^2 \times h_1 = \cancel{\frac{1}{4}} \times \pi \times 3^2 \times h_2 \Rightarrow$$

$$4 \times h_1 = 9 \times h_2 \quad (2)$$

$$\text{vgl1) in vgl2): } 4 \times (30 - h_2) = 9 \times h_2 \Rightarrow 120 - 4 \times h_2 = 9 \times h_2 \Rightarrow$$

$$120 = 13 \times h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{120}{13} = \boxed{9,2308 \text{ cm}}$$

$$2a \quad \boxed{14 \text{ kg/kmol}}$$

$$2b \quad 2 \times 14 = \boxed{28 \text{ kg/kmol}}$$

$$2c \quad R_s = \frac{R_m}{M} \Rightarrow R_s = \frac{8314}{28} = \boxed{296,93 \text{ J/kgK}}$$

$$2d \quad m = \frac{p \cdot V}{T \cdot R_s} \Rightarrow m = \frac{0,8 \cdot 10^5 \times (8 \times 8 \times 3)}{294 \times 296,93} = \boxed{175,95 \text{ kg}}$$

$$3a \quad p = p_{\text{buiten}} + p_{\text{zuiger}} \Rightarrow p = 102000 \text{ Pa} + \frac{30 \text{ N}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,12 \text{ m})^2} = \boxed{104653 \text{ Pa}}$$

$$3b \quad m = \frac{p \cdot V}{T \cdot R_s} \Rightarrow m = \frac{104653 \times 10 \cdot 10^{-3}}{300 \times 296,93} = \boxed{0,011748 \text{ kg}}$$

3c idem 3b want massa verandert natuurlijk niet.

$$4 \quad \text{Stikstof: } \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{4 \times 5}{523} = \frac{p_2 \times 5}{523} + \frac{p_2 \times 3}{623} \Rightarrow p_2 = 2,6601 \text{ bar}$$

$$\text{Zuurstof: } \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3 \times 3}{623} = \frac{p_2 \times 5}{523} + \frac{p_2 \times 3}{623} \Rightarrow p_2 = 1,0049 \text{ bar}$$

$$\text{Einddruk: } 2,6601 + 1,0049 = \boxed{3,6650 \text{ bar}}$$

$$5a \quad M = 12 + 2 \times 16 = \boxed{44 \text{ kg/kmol}}$$

$$5b \quad R_s = \frac{R_m}{M} \Rightarrow R_s = \frac{8314}{44} = \boxed{188,96 \text{ J/kgK}}$$

$$5c \quad \frac{p \cdot V}{T} = m \cdot R_s \Rightarrow \frac{200 \cdot 10^5 \times 40 \cdot 10^{-3}}{290} = m \times 188,96 \Rightarrow m = \boxed{14,599 \text{ kg}}$$

$$6a \quad W = m \cdot R_s \cdot \Delta T \Rightarrow 30000 = 0,5 \times 296,93 \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = 202,07 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{eind}} = T_{\text{begin}} + \Delta T \Rightarrow T_{\text{eind}} = 21 + 202,07 = \boxed{223,07 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$6b \quad W = p \cdot \Delta V \Rightarrow 30000 = 2 \cdot 10^5 \times \Delta V \Rightarrow \Delta V = 0,15 \text{ m}^3$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = m \cdot R_s \Rightarrow \frac{2 \cdot 10^5 \times V_{\text{begin}}}{294} = 0,5 \times 296,93 \Rightarrow V_{\text{begin}} = 0,21824 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{eind}} = V_{\text{begin}} + \Delta V \Rightarrow V_{\text{eind}} = 0,21824 + 0,15 = \boxed{0,36824 \text{ m}^3}$$