

---

### Opgave 1

---

Een gas oefent druk uit op een wand door voortdurend met heel veel deeltjes op de wand te botsen.

---

### Opgave 2

---

Hoe groter het aantal deeltjes des te meer botsingen op de wand dus des te hoger de druk.

---

### Opgave 3

---

- a Hoe hoger de temperatuur des te sneller bewegen de deeltjes.
  - b Hoe hoger de snelheid van de deeltjes des te vaker en krachtiger de botsingen en dus hoger de druk.
- 

### Opgave 4

---

Als je het volume kleiner maakt komen er meer deeltjes per volume-eenheid. Meer deeltjes geven meer botsingen op de wand en dus een hogere druk.

---

### Opgave 5

---

Omrekenen naar Pa (Pascal):

- a 77,1 cm Hg →  $1 \text{ cm Hg} = 1,33322 \cdot 10^3 \text{ Pa}$  →  
 $77,1 \text{ cm Hg} = 77,1 \times 1,33322 \cdot 10^3 = \mathbf{1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$
  - b 180 cm waterdruk →  $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 9,80665 \cdot 10^1 \text{ Pa}$  →  
 $180 \text{ cm H}_2\text{O} = 180 \times 9,80665 \cdot 10^1 = \mathbf{1,76 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$
  - c 2,56 bar →  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$  →  
 $2,56 \text{ bar} = 2,56 \cdot 10^5 = \mathbf{2,56 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$
  - d 650 mm Hg →  $1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$  →  
 $650 \text{ mm Hg} = 650 \times 1,33322 \cdot 10^2 = \mathbf{8,67 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$
  - e 1045 mbar →  $1 \text{ mbar} = 0,001 \text{ bar} = 10^2 \text{ Pa}$  →  
 $1045 \text{ mbar} = 1045 \times 10^2 = \mathbf{1,045 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$
- 

### Opgave 6

---

Omrekenen naar bar,  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ,  $1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$

- a 75,7 cm Hg →  $1 \text{ cm Hg} = 1,33322 \cdot 10^3 \times 10^{-5} \text{ bar}$  →  
 $75,7 \text{ cm Hg} = 75,7 \times 1,33322 \cdot 10^3 \times 10^{-5} = \mathbf{1,01 \text{ bar}}$
- b 240 cm waterdruk →  $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 9,80665 \cdot 10^1 \times 10^{-5} \text{ bar}$  →  
 $240 \text{ cm H}_2\text{O} = 240 \times 9,80665 \cdot 10^1 \times 10^{-5} = \mathbf{2,35 \cdot 10^{-1} \text{ bar}}$

c 102560 Pa       $\rightarrow 1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} \rightarrow$   
 $102560 \text{ Pa} = 102560 \times 10^{-5} = \mathbf{1,02560 \text{ bar}}$

d 820 mm Hg       $\rightarrow 1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \times 10^{-5} \text{ bar} \rightarrow$   
 $820 \text{ mm Hg} = 820 \times 1,33322 \cdot 10^2 \times 10^{-5} = \mathbf{1,09 \text{ Pa}}$

e 998 mbar       $\rightarrow 1 \text{ mbar} = 0,001 \text{ bar} \rightarrow$   
 $998 \text{ mbar} = 998 \times 0,001 = \mathbf{0,998 \text{ bar}}$

---

### Opgave 7

---

Torricelli

75,3 cm Hg is:  $p = h \cdot \rho \cdot g = 0,753 \text{ m} \times 13,545 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \rightarrow$

$$0,753 \times 13,545 \cdot 10^3 \times 9,81 = \mathbf{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

Of natuurlijk:  $1 \text{ cm Hg} = 1,33322 \cdot 10^3 \text{ Pa} \rightarrow$

$$75,3 \text{ cm Hg} = 75,3 \times 1,33322 \cdot 10^3 = \mathbf{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

### Opgave 8

---

Dat moet je dan schatten uit het diagram:

$$86 \text{ kPa} = 86 \cdot 10^3 \times 10^{-5} = 0,86 \text{ bar} \rightarrow \mathbf{1,5 \text{ km}}$$

---

### Opgave 9

---

Aflezen: **0,27 á 0,28 bar**

---

### Opgave 10

---

De waterdruk i.p.v. de kwikdruk.

In beide gevallen geldt:  $p = h \cdot \rho \cdot g$

Voor kwik:  $76 \text{ cm Hg} = 0,76 \times 13,545 \cdot 10^3 \times 9,81 \text{ Pa}$

Voor water:  $h \times 998 \times 9,81 \text{ Pa}$

$$0,76 \times 13,545 \cdot 10^3 \times 9,81 = h \times 998 \times 9,81 \rightarrow h = 10,3 \text{ m is afgerond: } \mathbf{10 \text{ m}}$$

---

### Opgave 11

---

a Bodem zwembad.

$$1007 \text{ mbar} = 1,007 \text{ bar} \rightarrow 1,007 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{totaal}} = h \cdot \rho \cdot g + 1,007 \cdot 10^5 \rightarrow 5,00 \times 998 \times 9,81 + 1,007 \cdot 10^5 = \mathbf{1,50 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

b Bodem van een 50 m diep meer.

$$p_{\text{totaal}} = h \cdot \rho \cdot g + 1,007 \cdot 10^5 \rightarrow 50 \times 998 \times 9,81 + 1,007 \cdot 10^5 = \mathbf{,5,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

### Opgave 12

---

*Gegeven:* 300 m<sup>3</sup> lucht, 79%(v/v) N<sub>2</sub>, 19%(v/v) O<sub>2</sub>, 1%(v/v) CO<sub>2</sub>, 1%(v/v) H<sub>2</sub>O

$$p = 1,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

*Gevraagd:* a Volume elk gas, b hoeveel % botst ieder gas? c Druk van elk gas?

*Oplossing:*

a Elk gas neemt hetzelfde volume in: **300 m<sup>3</sup>**.

b Ieder gas neemt een aandeel in de botsingen evenredig met het deeltjesaantal, dat is evenredig met het % van het volume:

$$\text{N}_2: 79\%, \text{O}_2: 19\%, \text{CO}_2: 1\%, \text{H}_2\text{O}: 1\%$$

c N<sub>2</sub>:  $0,79 \times 1,02 \cdot 10^5 = 8,1 \cdot 10^4 \rightarrow \mathbf{81 \text{ kPa}}$

$$\text{O}_2: 0,19 \times 1,02 \cdot 10^5 = 1,9 \cdot 10^4 \rightarrow \mathbf{19 \text{ kPa}}$$

$$\text{CO}_2: 0,01 \times 1,02 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^3 \rightarrow \mathbf{1 \text{ kPa}}$$

$$\text{H}_2\text{O}: 0,01 \times 1,02 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^3 \rightarrow \mathbf{1 \text{ kPa}}$$

---

### Opgave 13

---

*Gegeven:* 300 m<sup>3</sup> lucht,  $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , afstand tussen moleculen: 10 x 1 molecuul.

*Gevraagd:* Volume als alle moleculen stijf tegen elkaar zouden zitten?

*Oplossing:*

De lineaire verhouding: 1 : 10

De volumeverhouding:  $1^3 \times \pi : 10^3 \times \pi = 1 : 1000$

Het volume wordt dan 1000 x zo klein: **0,300 m<sup>3</sup>**

---

### Opgave 14

---

In een campingtankje zit butaan of propaan of een mengsel van beide. De brandstoffen zijn aanwezig als vloeistof en als verzadigde damp.

Een *verzadigde damp* gedraagt zich niet als ideaal gas. De moleculen zitten te dicht op elkaar, trekken elkaar aan en kunnen dus vloeistof vormen (condenseren).

Bij gebruik van het gas verdampt er juist vloeistof.

---

### Opgave 15

---

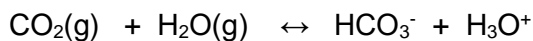
Onder 'normale omstandigheden' condenseert water gemakkelijk, met andere woorden: de damp is vaak verzadigd of bijna verzadigd. Dan gedraagt de damp zich niet als een ideaal gas.

---

### Opgave 16

---

Een mengsel van waterdamp en koolzuur zal zich niet als ideaal gas gedragen omdat de deeltjes met elkaar reageren:



Waarbij de ionen zich zullen hechten aan de watermoleculen.

---

### Opgave 17

---

*Gegeven:* Open oliemanometer,  $h = 19,6 \text{ cm}$ ,  $\rho_{\text{olie}} = 0,800 \text{ g/cm}^3$ ,  $p_{\text{lucht}} = 74,8 \text{ cm Hg}$ .

*Gevraagd:* a (absolute) druk van het gas, b 'overdruk' van het gas

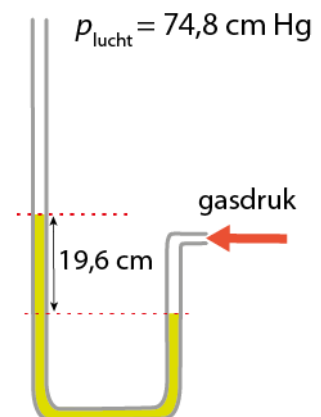
*Oplossing:*

$$p_{\text{olie}} = h \cdot \rho \cdot g \rightarrow p_{\text{olie}} = 0,196 \times 800 \times 9,81 = 1,54 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{kwik}} = h \cdot \rho \cdot g \rightarrow p_{\text{kwik}} = 0,748 \times 13,55 \times 9,81 = 9,94 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

a Totale druk van het gas:  $1,54 \cdot 10^3 \text{ Pa} + 9,94 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{101 \text{ kPa}}$

b De 'overdruk' is de druk die boven de luchtdruk uitkomt, die is:  $\mathbf{1,54 \text{ kPa}}$



---

### Opgave 18

---

*Gegeven:* Open kwikmanometer,  $h = -11,6 \text{ cm}$ ,  $\rho_{\text{olie}} = 0,800 \text{ g/cm}^3$ ,  $p_{\text{lucht}} = 1025 \text{ mbar}$ .

*Gevraagd:* a) is er over- of onderdruk? b) bereken de druk van het gas

*Oplossing:*

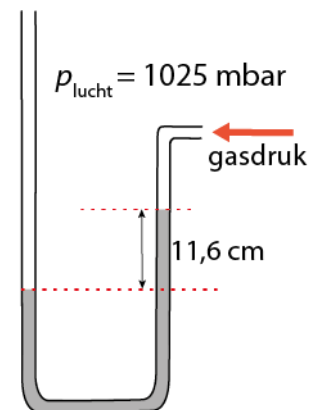
$$p_{\text{kwik}} = h \cdot \rho \cdot g \rightarrow p_{\text{kwik}} = -0,116 \times 13,55 \cdot 10^3 \times 9,81 = -1,54 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{luchtdruk}} = 1025 \text{ mbar} \rightarrow p_{\text{luchtdruk}} = 1,025 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

a Er is onderdruk, het niveau in het open been is -11,6 cm

b de druk van het gas is dus:

$$1,025 \cdot 10^5 \text{ Pa} + -1,54 \cdot 10^4 \text{ Pa} = \mathbf{87,1 \text{ kPa}}$$



### Opgave 19

Pipet

*Gegeven:* pipet van 30 cm, waterkolom 22,0 cm.

Luchtdruk: 1013 mbar

*Gevraagd:*  $p$  boven de waterkolom.

*Oplossing:*

De luchtdruk is  $1013 \cdot 10^2 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Deze druk heerst ook in het horizontale vlak van de pipetpunt.

(Groene pijltje in de tekening.)

Er is evenwicht (het water beweegt niet) dus de druk in de pipetpunt is gelijk aan de luchtdruk.

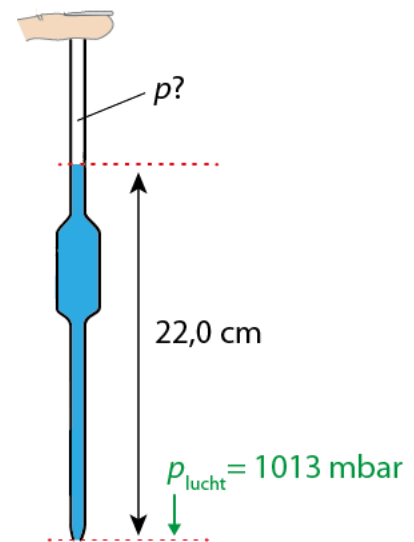
Druk onderzijde pipet:  $p_{\text{water}} + p? = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$p_{\text{water}} = h \cdot \rho \cdot g \rightarrow 0,220 \times 998 \times 9,81 = 2,15 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

druk boven in de pipet:  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 2,15 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

**onderdruk:  $2,15 \cdot 10^3 \text{ Pa}$**

*Onderdruk: verschil met de luchtdruk.*



### Opgave 20

a De druk van het gas is lager dan de luchtdruk. Dus: *onderdruk*.  
De onderdruk is gelijk aan de kwikdruk:

$$p_{\text{kwik}} = h \cdot \rho \cdot g = 0,068 \text{ m} \times 13,55 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{9,0 \text{ kPa}}$$

b Verbreding is nodig als buffer. Verschillende drukken kun je zo meten zonder dat het kwik in de gasruimte terecht komt.

---

Opgave 21

---

*Gegeven:* Open manometer,  $h = 21,1$  cm. Gasdruk: 1,32 bar

Luchtdruk: 104 kPa

*Gevraagd:* Met welke vloeistof is de manometer gevuld?

*Oplossing:*

Daar kunnen we achter komen door de dichtheid te berekenen.

Gasdruk:  $1,32 \cdot 10^5$  Pa

Luchtdruk:  $1,04 \cdot 10^5$  Pa

Manometerdruk:  $p = h \cdot \rho \cdot g = 0,211 \text{ m} \times \rho \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$

Deze is gelijk aan het drukverschil:  $1,32 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1,04 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,28 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$0,211 \times \rho \times 9,81 = 0,28 \cdot 10^5 \rightarrow \rho = 13,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \rightarrow$  **blijkbaar: kwik**

---

Opgave 22

---

- a Die met olie heeft de hoogste gevoeligheid, want het hoogteverschil per drukverschil is groter. Er ontstaat zo een langere schaalverdeling die nauwkeuriger afleesbaar is.
- b Die met kwik heeft het grootste meetbereik, want er kunnen grotere drukverschillen gemeten worden zonder dat de vloeistof uit de manometer loopt.

---

Opgave 23

---

*Gegeven:* Open kwikmanometer, gasdruk: 120 kPa,  $p_{\text{lucht}} = 1015$  mbar.

*Gevraagd:*  $h$  in manometer

*Oplossing:*

Drukverschil:  $1,20 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1,015 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,85 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

$p = h \cdot \rho \cdot g = h \text{ m} \times 13,55 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,85 \cdot 10^4 \text{ Pa} \rightarrow$   **$h = 0,14 \text{ m}$**

---

Opgave 24

---

Vloeistof daalt 14,6 cm in het ene been en stijgt dus 14,6 cm in het andere been.

$h = 29,2$  cm

$p = h \cdot \rho \cdot g = 0,292 \text{ m} \times 824 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,36 \cdot 10^3 \text{ Pa} \rightarrow$  **2,36 kPa**

---

Opgave 25

---

Nee. In een gesloten manometer heerst in het gesloten been boven de vloeistof (vrijwel) vacuüm. Lager kan de druk niet worden. Bij gelijke niveaus is er ook vacuüm in beide ruimtes boven de vloeistofniveaus.

---

Opgave 26

---

*Gegeven:* Gesloten kwikmanometer,  $h = 9,7$  cm

*Gevraagd:* Gasdruk

*Oplossing:*

$$p = h \cdot \rho \cdot g = 0,097 \text{ m} \times 13,55 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{13 \text{ kPa}}$$

---

Opgave 27

---

*Gegeven:* Gesloten oliemanometer,  $\rho = 0,814 \text{ g/cm}^3$ , gasdruk: 24 mbar

*Gevraagd:*  $h$

*Oplossing:*  $24 \text{ mbar} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$$p = h \cdot \rho \cdot g = h \text{ m} \times 814 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Pa} \rightarrow$$

$$h \times 814 \times 9,81 = 2,4 \cdot 10^3 \rightarrow \mathbf{h = 0,30 \text{ m}}$$

---

Opgave 28

---

Gesloten kwikmanometer kan drukken tot 20 cm Hg meten. Wat gebeurt er als je een hogere druk wilt meten bijvoorbeeld de luchtdruk van 76 cm Hg?

Dan gaat het kwik omhoog tegen het gesloten uiteinde aan. Kan stuk gaan.

Om de luchtdruk te meten moet het gesloten been langer dan 76 cm zijn (vergelijk met buis Torricelli).

---

Opgave 29

---

Nee. Een verzadigde damp die condenseert voldoet niet aan de eisen voor een ideaal gas.

---

Opgave 30

---

a  $p$  4 x zo groot, dan  $V$  4 x zo klein:  $500 \text{ L} / 4 = \mathbf{125 \text{ L}}$

b  $V$  2 x zo groot, dan  $p$  2 x zo klein:  $1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa} / 2 = \mathbf{6,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$

---

Opgave 31

---

*Gegeven:* Afgesloten gas  $V = 25,6 \text{ cm}^3$ .  $p = 829 \text{ kPa}$

*Gevraagd:*  $p$  bij a 235 kPa, b 560 kPa, c 1500 kPa

*Oplossing:*

*Boyle:*  $p \times V = \text{constant}$

a  $829 \times 25,6 = 235 \times V_2 \rightarrow \mathbf{V_2 = 90,3 \text{ cm}^3}$

b  $829 \times 25,6 = 560 \times V_2 \rightarrow \mathbf{V_2 = 37,9 \text{ cm}^3}$

c  $829 \times 25,6 = 1500 \times V_2 \rightarrow V_2 = 14,1 \text{ cm}^3$

---

### Opgave 32

---

*Gegeven:* Gas  $V = 400 \text{ L}$ ,  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V$  tweemaal zo groot bij  $T_2$ ,  $p$  constant

*Gevraagd:*  $T_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac*  $V / T = \text{constant}$

$$T_1 = 293 \text{ K} \quad T_2 = ? \text{ K}$$

$$V_1 = 400 \text{ L} \quad V_2 = 800 \text{ L}$$

$$400 / 293 = 800 / T_2 \rightarrow T_2 = 800 \times 293 / 400 = 586 \text{ K} \rightarrow \mathbf{313 \text{ }^\circ\text{C}}$$

---

### Opgave 33

---

*Gegeven:* Gas zuigerhoogte =  $8,10 \text{ cm}$ ,  $T_1 = -3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p$  constant

*Gevraagd:* Zuigerhoogte bij  $T_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac*  $V / T = \text{constant}$

$$T_1 = 270 \text{ K} \quad T_2 = 301 \text{ K}$$

$$V_1 = 8,10 \times A \text{ cm}^3 \quad V_2 = h_2 \times A \text{ cm}^3 \quad \text{Hierin is } A \text{ de zuigerdoorsnede.}$$

$$8,10 \times A / 270 = h_2 \times A / 301 \rightarrow h_2 = 8,10 \times 301 / 270 = \mathbf{9,03 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 34

---

*Gegeven:*  $V_1 = 273 \text{ dm}^3$ ,  $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p$  constant

*Gevraagd:*  $V_2$  bij  $T_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac*  $V / T = \text{constant}$

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = 21 + 273 = 294 \text{ K}$$

$$273 / 293 = V_2 / 294 \rightarrow V_2 = 273 \times 294 / 293 = \mathbf{274 \text{ dm}^3}$$

---

### Opgave 35

---

*Gegeven:*  $V_1 = 28,3 \text{ L}$ ,  $T_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V_2 = 32,6 \text{ L}$ ,  $p$  constant

*Gevraagd:*  $T_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac*  $V / T = \text{constant}$



$$T_1 = 18 + 273 = 291 \text{ K}$$

$$28,3 / 291 = 32,6 / T_2 \rightarrow T_2 = 32,6 \times 291 / 28,3 = 335 \text{ K} \rightarrow \mathbf{62 \text{ }^\circ\text{C}}$$

---

### Opgave 36

---

*Gegeven:* Stikstof-gascilinder,  $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1,27 \text{ bar}$ ,  $T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

*Gevraagd:*  $p_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac:*  $p / T = \text{constant}$

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K} \quad T_2 = 40 + 273 = 313 \text{ K}$$

$$1,27 / 293 = p_2 / 313 \rightarrow p_2 = 313 \times 1,27 / 293 = \mathbf{1,36 \text{ bar}}$$

---

### Opgave 37

---

*Gegeven:*  $V$  constant,  $T_1 = 18,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 620 \text{ mbar}$ ,  $p_2 = 925 \text{ mbar}$

*Gevraagd:*  $T_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac:*  $p / T = \text{constant}$

$$T_1 = 18,2 + 273 = 291,2 \text{ K}$$

$$620 / 291,2 = 925 / T_2 \rightarrow T_2 = 925 \times 291,2 / 620 = 434,5 \text{ K} \rightarrow \mathbf{161,5 \text{ }^\circ\text{C}}$$

---

### Opgave 38

---

*Gegeven:*  $V$  constant,  $T_1 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1006 \text{ mbar}$ ,  $T_2 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$

*Gevraagd:*  $p_2$

*Oplossing:*

*Gay-Lussac:*  $p / T = \text{constant}$

$$T_1 = 16 + 273 = 289 \text{ K}$$

$$T_2 = 24 + 273 = 297 \text{ K}$$

$$1006 / 289 = p_2 / 297 \rightarrow p_2 = 1006 \times 297 / 289 = 1034 \text{ mbar} \rightarrow \mathbf{1,03 \text{ bar}}$$

---

### Opgave 39

---

*Gegeven:* Zuurstof,  $V_1 = 5,28 \text{ m}^3$ ,  $T_1 = 23,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 890 \text{ mbar}$ ,  $T_2 = 58,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V_2 = 2,15 \text{ m}^3$

*Gevraagd:*  $p_2$

*Oplossing:*  $T_1 = 273 + 23,8 = 296,8 \text{ K}$ ,  $T_2 = 273 + 58,6 = 331,6 \text{ K}$ .

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

$$890 \times 5,28 / 296,8 = p_2 \times 2,15 / 331,6 \rightarrow$$

$$p_2 = 890 \times 5,28 \times 331,6 / (296,8 \times 2,15) = 2,44 \cdot 10^3 \text{ mbar} \rightarrow \mathbf{2,44 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

#### Opgave 40

---

*Gegeven:* Cilinder met gas,  $V_1 = 34 \text{ L}$ ,  $T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1,8 \text{ bar}$ ,  $V_2 = 19 \text{ L}$ ,  $p_2 = 4,0 \text{ bar}$ .

*Gevraagd:*  $T_2$

*Oplossing:*  $T_1 = 273 + 0 = 273 \text{ K}$

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

$$1,8 \times 34 / 273 = 4,0 \times 19 / T_2 \rightarrow$$

$$T_2 = 4,0 \times 19 \times 273 / (1,8 \times 34) = 2339,0 \text{ K} \rightarrow \mathbf{66 \text{ }^\circ\text{C}}$$

---

#### Opgave 41

---

Fabriekshal

*Gegeven:* Samenstelling lucht: 78,1%  $\text{N}_2$ , 21,0%  $\text{O}_2$ , 0,9% overig.  $p_{\text{Totaal}} = 101,3 \text{ kPa}$

*Gevraagd:* Partieelspanning (deeldruk) van elk gas.

*Oplossing:* Elk gas draagt aan de druk bij evenredig het aantal deeltjes, dus evenredig aan het volume-%.

Dus:  $\text{N}_2$ :  $0,781 \times 101,3 \text{ kPa} = \mathbf{79,1 \text{ kPa}}$

$\text{O}_2$ :  $0,210 \times 101,3 \text{ kPa} = \mathbf{21,3 \text{ kPa}}$

overig:  $0,9 \times 101,3 \text{ kPa} = \mathbf{0,9 \text{ kPa}}$

---

#### Opgave 42

---

De nieuwe druk is gelijk aan de oude + druk bijgepompte lucht.

Met 40 slagen wordt  $40 \times 400 = 16000 \text{ cm}^3$  bij geperst. Dat is 16 L met 1,02 bar.

Eindvolume is 8,0 L:  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 1,02 \times 16 = p_2 \times 8,0 \rightarrow p_2 = 2,04 \text{ bar}$

Optellen van de gasdrukken:  $1,02 \text{ bar} + 2,04 \text{ bar} = \mathbf{3,06 \text{ bar}}$

---

#### Opgave 43

---

*Gegeven:* Afgesloten gas(bol) bevat methaan  $p_{\text{methaan}} = 12,5 \text{ bar}$  en ethaan  $p_{\text{ethaan}} = 3,7 \text{ bar}$ .

*Gevraagd:* a *Volumes?* b  $p_{\text{totaal}}$ ?

*Oplossing:*

a Beide gassen hebben hetzelfde volume. Dat kan niet anders, ze zijn volledig gemengd in dezelfde ruimte.

b De totale druk is de som van de partieeldrukken: 12,5 bar + 3,7 bar = **16,2 bar**.

---

### Opgave 44

---

Twee ruimten afbeelding 8-22.

*Gegeven:* N<sub>2</sub>: V<sub>1</sub> = 15 L, p<sub>1</sub> = 150 kPa O<sub>2</sub>: V<sub>1</sub> = 30 L, p<sub>1</sub> = 300 kPa,  
Kraantje gaat open, gassen mengen

*Gevraagd:* a N<sub>2</sub> p<sub>2</sub>? b O<sub>2</sub> p<sub>2</sub>? c p<sub>totaal</sub>?

*Oplossing:*

a N<sub>2</sub>: p<sub>1</sub> · V<sub>1</sub> = p<sub>2</sub> · V<sub>2</sub> → 150 × 15 = p<sub>2</sub> × 45 → p<sub>2N2</sub> = **50 kPa**

b O<sub>2</sub>: p<sub>1</sub> · V<sub>1</sub> = p<sub>2</sub> · V<sub>2</sub> → 300 × 30 = p<sub>2</sub> × 45 → p<sub>2O2</sub> = **200 kPa**

c p<sub>totaal</sub> = p<sub>2N2</sub> + p<sub>2O2</sub> → **250 kPa**

---

### Opgave 45

---

*Gegeven:* Gastank aardgas. 20,0 g met p = 3,50 bar. We laten 15,0 g gas wegstromen.

*Gevraagd:* p<sub>2</sub>

*Oplossing:* In de tank blijft over: 20,0 – 15,0 = 5,0 g gas.

20,0 g gas had een druk van 3,50 bar.

5,0 g gas heeft dan een druk van (5 / 20) × 3,50 bar = **0,88 bar**

---

### Opgave 46

---

*Gegeven:* Gastank met lucht. V 300 L. p<sub>1</sub> = 40,0 bar. p<sub>2</sub> = 25,0 bar. T constant.

*Gevraagd:* a Wat was partiële druk uitgestroomd gas?

b Hoeveel liter met p = 1,00 bar is weggestroomd?

*Oplossing:*

a Het weggestroomde gas had een druk van 40,0 bar – 25,0 bar = **15,0 bar**.

b Volume bij 1,00 bar: p<sub>1</sub> · V<sub>1</sub> = p<sub>2</sub> · V<sub>2</sub> → 15,0 × 300 = 1,00 × V → **V = 4,5 · 10<sup>3</sup> L**

---

### Opgave 47

---

*Gegeven:* Hoeveelheid stikstof V = 18 m<sup>3</sup>. p = 79 kPa. T = 20 °C.

*Gevraagd:* n (Hoeveelheid stikstof in mol)

*Oplossing:* p · V = n · R · T

T = 273 + 20 = 293 K

R = 8,31 J/molK

7,9 · 10<sup>4</sup> × 18 = n × 8,31 × 293 → **n = 5,8 · 10<sup>2</sup> mol**

Opgave 48

---

*Gegeven:* 1,0 mol waterstof.  $V = 2,7 \text{ dm}^3$ .  $T = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:*  $p$

*Oplossing:*  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$T = 273 + 18 = 291 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ J/molK}$$

$$V = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$p \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 1,0 \times 8,31 \times 291 \rightarrow \mathbf{p = 9,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

Opgave 49

---

*Gegeven:* 15,3 mol zuurstof.  $V = 207 \text{ L}$ ,  $p = 1,87 \text{ bar}$

*Gevraagd:*  $T$

*Oplossing:*  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$p = 1,87 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$R = 8,31 \text{ J/molK}$$

$$V = 0,207 \text{ m}^3$$

$$1,87 \cdot 10^5 \times 0,207 = 15,3 \times 8,31 \times T \rightarrow T = 304 \text{ K} \rightarrow \mathbf{31 \text{ }^\circ\text{C}}$$

---

Opgave 50

---

*Gegeven:* Pipet, boven afgesloten, 12,4 cm waterkolom.

*Gevraagd:* Onderdruk

*Oplossing:*  $p_{\text{onder}} = h \cdot \rho \cdot g$

$$h = 0,124 \text{ m}$$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$p_{\text{onder}} = 0,124 \times 998 \times 9,81 = 1,21 \cdot 10^3 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{1,21 \text{ kPa}}$$

---

Opgave 51

---

*Gegeven:* Pipet, boven afgesloten,  $p_{\text{lucht in pipet}} = 988 \text{ mbar}$ ,  $h \text{ cm}$  glycerolkolom,  $\rho = 1,26 \text{ g/cm}^3$ ,  $p_{\text{lucht buiten}} = 1013 \text{ mbar}$

*Gevraagd:* Onderdruk

*Oplossing:*  $p_{\text{onder}} = h \cdot \rho \cdot g$

$$p_{\text{onder}} = 1013 - 988 = 25 \text{ mbar} \rightarrow 0,025 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1,26 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

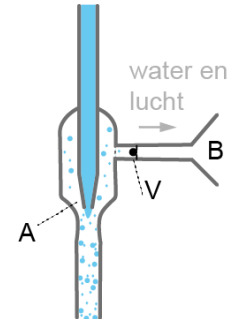
$$0,025 \cdot 10^5 = h \times 1,26 \cdot 10^3 \times 9,81 = 0,202 \text{ m} \rightarrow \mathbf{20,2 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 52

---

- a Ventiel in waterstraalpompe. Als je de waterkraan dichtdraait dan wordt de druk in het 'pompje' plotseling hoger dan in ruimte B. Het balletje verschuift naar rechts en sluit ruimte B af. Hiermee wordt voorkomen dat het water in ruimte B terecht komt. De laborant noemt dit 'terugslag'.



- b De terugslagkolf. De terugslagkolf is in feite ruimte B. Deze terugslagkolf heeft dezelfde functie als het ventiel: voorkomen dat het water bij je werk komt. 'Je werk' is dan het filtraat of het destillaat (vacuümdestillaat).

De terugslagkolf heeft een kraantje, als je dit opent dan stroomt lucht naar binnen en wordt het vacuüm opgeheven.

---

### Opgave 53

---

Om te beginnen draai je de hoofdkraan (afsluiter op de gascilinder) dicht. Dan draai je de drukregelschroef terug en daarna de afsluiter A dicht.

---

### Opgave 54

---

#### Reduceerventiel

- Regelschroef R gebruik je om de secundaire druk in te stellen. Dat is de gebruiksdruk in ruimte L.
- Klep A gaat dicht zodra de (met R) ingestelde druk is bereikt.
- Membraan M reageert op het drukverschil gasfles – gebruiksdruk, dat is ingesteld met R. Als de gebruiksdruk de juiste waarde heeft duwt het membraan klep K dicht. Als de gebruiksdruk te laag is dan duwt het membraan klep K weer open.

Opgave 55

*Gegeven:* Lucht in een cilinder. Cilinder met vrij beweegbare zuiger van 500 g en doorsnede: 10 cm<sup>2</sup>. Barometerstand: 1008 mbar.

*Gevraagd:* a Druk in de cilinder. b Druk in de cilinder als deze op zijn kop staat.

*Oplossing:*

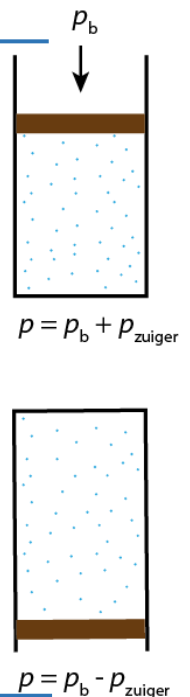
- a De druk in de cilinder is gelijk aan de luchtdruk + de druk die de zuiger veroorzaakt. De druk van de zuiger is zijn gewicht (N) gedeeld door het oppervlak (m<sup>2</sup>).

$$p_{\text{barometer}}: 1008 \text{ mbar} = 1,008 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{zuiger}}: G / A = 0,500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 / 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \mathbf{4,91 \cdot 10^3 \text{ Pa}}$$

$$p_{\text{totaal}}: 1,008 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 4,91 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \mathbf{1,057 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

- b  $p_{\text{totaal}}: 1,008 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 4,91 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \mathbf{9,59 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$



Opgave 56

*Gegeven:* Lucht in een cilinder. Cilinder met vrij beweegbare zuiger van 2,50 kg en diameter: 5,0 cm,  $h = 20,0$  cm. Barometerstand: 1020 mbar.

*Gevraagd:* Hoever gaat de zuiger omlaag?

*Oplossing:*

We berekenen eerst de doorsnede van de zuiger:

$$A = (0,05/2)^2 \times \pi = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Dan de druk die de zuiger uitoefent:

$$p_{\text{zuiger}} = G / A \rightarrow p_{\text{zuiger}} = 2,50 \times 9,81 / 1,96 \cdot 10^{-3} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$\Delta h$  kun je berekenen uit het volume:  $V_2$

Dit volume volgt uit Boyle:  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

Maar je hebt dan nodig:  $p_1$ ,  $V_1$  en  $p_2$

$$p_1 = \mathbf{1,020 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

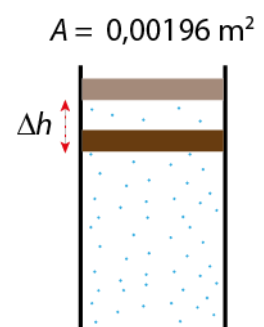
$$p_2 = p_1 + p_{\text{zuiger}} = 1,020 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 1,25 \cdot 10^4 \text{ Pa} = \mathbf{1,14 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$V_1 = 0,20 \times 1,96 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow \mathbf{1,020 \cdot 10^5 \times 3,92 \cdot 10^{-4} = 1,14 \cdot 10^5 \times V_2} \rightarrow V_2 = 3,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$h_2 = 3,51 \cdot 10^{-4} / 1,96 \cdot 10^{-3} = 0,179 \text{ m}$$

$$\Delta h = 20,0 \text{ cm} - 17,9 \text{ cm} = \mathbf{2,1 \text{ cm}}$$



De kortere weg werkt met alleen de hoogte en laat de volumeberekening weg:

Boyle:

$$20 \text{ cm} \times 1,020 \cdot 10^5 \text{ Pa} = h_2 \times 1,14 \cdot 10^5 \text{ Pa} \rightarrow h_2 = 17,9 \text{ cm}$$

$$\Delta h = 20,0 \text{ cm} - 17,9 \text{ cm} = \mathbf{2,1 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 57

---

*Gegeven:* Lucht in een cilinder. Cilinder met vrij beweegbare zuiger.

$$T_1 = 19 \text{ }^\circ\text{C}, V_1 = 270 \text{ cm}^3, p_1 = 1,36 \text{ bar}$$

$$T_2 = 16 \text{ }^\circ\text{C}, p_1 = 0,97 \text{ bar}$$

*Gevraagd:*  $V_2$

*Oplossing:*

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

Links en rechts dezelfde eenheden. Alleen de temperatuur moet wel in Kelvin:

$$T_1 = 19 + 273 = 292 \text{ K}, \quad T_2 = 16 + 273 = 289 \text{ K}$$

$$1,36 \text{ bar} \times 270 \text{ cm}^3 / 292 \text{ K} = 0,97 \text{ bar} \times V_2 / 289 \text{ K}$$

$$1,36 \times 270 / 292 = 0,97 \times V_2 / 289 \rightarrow V_2 = 289 \times 1,36 \times 270 / (292 \times 0,97) = \mathbf{375 \text{ cm}^3}$$

---

### Opgave 58

---

*Gegeven:* Afgesloten ruimte.  $V = 120 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = \mathbf{1018 \text{ mbar}}$

*Gas*cilinder: 12,0 L stikstof,  $p = 80 \text{ bar}$ , cilinder loopt leeg.

*Gevraagd:*  $p_2$

*Oplossing:*

We berekenen de druk die het cilindergas levert na leeglopen. Tellen de drukken daarna op.

$$V_1 = 12 / 1000 = 0,012 \text{ m}^3$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 80 \text{ bar} \times 0,012 \text{ m}^3 = p_2 \times 120 \text{ m}^3 \rightarrow p_2 = 0,0080 \text{ bar} = \mathbf{8,0 \text{ mbar}}$$

$$p_{\text{totaal}} = \mathbf{1018 \text{ mbar}} + \mathbf{8,0 \text{ mbar}} = \mathbf{1026 \text{ mbar}}$$

---

### Opgave 59

---

*Gegeven:* Zuurstofcilinder  $V = 10 \text{ L}$ ,  $p_1 = 150 \text{ bar}$

Verbruik: 6 L zuurstof met  $p = 1 \text{ bar}$ , per minuut

*Gevraagd:* Na hoeveel tijd cilinder vervangen?

*Oplossing:*

De hoeveelheid zuurstof van 1 bar berekenen we met Boyle:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 150 \text{ bar} \times 10 \text{ L} = 1 \text{ bar} \times V_2 \rightarrow V_2 = 1500 \text{ L}$$

*In de cilinder blijft nog 10 L achter dus bruikbare voorraad = 1490 L*

Verbruik 6 L / min  $\rightarrow 1490 \text{ L} / 6 \text{ L/min} = \mathbf{248 \text{ min}}$

---

### Opgave 60

---

*Gegeven:* Ruimte  $V = 15,5 \text{ L}$ ,  $p_1 = 1,0 \text{ bar}$

met pomp lucht bij persen: 0,20 L 1,0 bar per slag. Pompen tot  $p_1 = 3,0 \text{ bar}$ .

*Gevraagd:* Hoeveel slagen pompen?

*Oplossing:*

De bij te pompen lucht is:  $3,0 - 1,0 = 2,0 \text{ bar}$  in 15,5 L.

De vraag is dan: hoeveel L van 1,0 bar is dat?

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 2,0 \text{ bar} \times 15,5 \text{ L} = 1 \text{ bar} \times V_2 \rightarrow V_2 = 31 \text{ L}$$

31 L pompen met 0,20 L per pompslag is  $31 \text{ L} / 0,20 \text{ L} = \mathbf{155 \text{ slagen}}$ .

---

### Opgave 61

---

*Gegeven:* Cilinder met zuurstof.  $V = 10 \text{ L}$ ,  $p = 150 \text{ bar}$ .

Men laat uitstromen:  $V = 20 \text{ L}$ ,  $p = 10 \text{ bar}$ .

*Gevraagd:*  $p_2$  in de cilinder?

*Oplossing:*

Oorspronkelijke druk uitgestroomde gas berekenen met Boyle:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow p_1 \times 10 \text{ L} = 10 \text{ bar} \times 20 \text{ L} \rightarrow p_1 = 20 \text{ bar}$$

Restdruk in de cilinder:  $150 - 20 = \mathbf{130 \text{ bar}}$

---

### Opgave 62

---

*Gegeven:* 20 g zuurstof onder standaardomstandigheden.

*Gevraagd:*  $V$



*Oplossing:*

Standaardomstandigheden:  $T = 273,15 \text{ K}$ ,  $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$20 \text{ g O}_2 \rightarrow n = 20 \text{ g} / 32 \text{ g/mol} = 0,625 \text{ mol}$

Algemene gaswet:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$1,013 \cdot 10^5 \times V = 0,625 \times 8,31 \times 273,15 \rightarrow$$

$$V = 0,625 \times 8,31 \times 273,15 / 1,013 \cdot 10^5 = \mathbf{0,014 \text{ m}^3}$$

---

### Opgave 63

---

a Hoe groot is het standaardvolume van *elk* gas onder standaardomstandigheden?

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow V_n = n \cdot R \cdot T_n / p_n \rightarrow 1 \times 8,31 \times 273,15 / 1,013 \cdot 10^5 = 0,0224 \text{ m}^3$$

b Hoe groot is de dichtheid van waterstof onder standaardomstandigheden?

1,00 mol heeft een massa van 2,00 g en een volume van 0,0224 m<sup>3</sup>.

$$\rho_n = 0,00200 \text{ kg} / 0,0224 \text{ m}^3 = \mathbf{0,0893 \text{ kg/m}^3}$$

Gas 'X' heeft een dichtheid van:  $\rho_n = 1,25 \text{ kg/m}^3$ .

c Wat is de verhouding tussen de standaarddichtheid van dit gas en die van waterstof?

$$d_{H_2} = \frac{\rho_X}{\rho_{H_2}}$$

$$d_{H_2} = 1,25 \text{ kg/m}^3 / 0,0893 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{14,0}$$

d Welk gas zou het kunnen zijn?

Het gas is 14 maal zo zwaar als waterstof.  $14 \times 2,00 \text{ g/mol} = 28,0 \text{ g/mol}$ .

Blijkbaar **stikstof**.

---

### Opgave 64

---

*Gegeven:* Afgesloten ruimte met stikstof.  $V = 10 \text{ L}$ ,  $\rho = 1,60 \text{ kg/m}^3$  bij  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:* Dichtheid bij  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

*Oplossing:*

Beetje flauw misschien maar het *volume blijft gelijk*. De hoeveelheid stof neemt niet toe de *massa van het gas* dus ook niet. De dichtheid blijft gelijk: **1,60 kg/m<sup>3</sup>**

---

### Opgave 65

---

*Gegeven:* Cilinder met vrij beweegbare zuiger, met zuurstof.  $V = 12 \text{ L}$ ,  $p = 2,3 \text{ bar}$  bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:* Dichtheid?

*Oplossing:*

$\rho = m / V$   $V$  is bekend,  $m$  kunnen we berekenen:

$$m = n \cdot M$$

$n$  berekenen we met de algemene gaswet:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = p \cdot V / R \cdot T$

$$n = 2,3 \cdot 10^5 \times 0,012 / 8,31 \times 293 = 1,13 \text{ mol}$$

$$m = 1,13 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 36,3 \text{ g} \rightarrow 0,0363 \text{ kg}$$

$$\rho = m / V \quad \rho = 0,0363 \text{ kg} / 0,012 \text{ m}^3 = \mathbf{3,02 \text{ kg/m}^3}$$

---

### Opgave 66

---

Molaire massa's van:

- a stikstof ( $\text{N}_2$ )  $\rightarrow 2 \times 14,0 = \mathbf{28,0 \text{ g/mol}}$
- b koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ )  $\rightarrow 12,0 + 2 \times 16,0 = \mathbf{44,0 \text{ g/mol}}$
- c ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )  $\rightarrow 2 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 1 \times 16,0 = \mathbf{46,0 \text{ g/mol}}$
- d butaan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )  $\rightarrow 4 \times 12,0 + 10 \times 1,0 = \mathbf{58,0 \text{ g/mol}}$
- e suiker ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )  $\rightarrow 12 \times 12,0 + 22 \times 1,0 + 11 \times 16,0 = \mathbf{342 \text{ g/mol}}$

---

### Opgave 67

---

Hoeveelheid in mol:

- a 15 g zuurstof  $\rightarrow 15 \text{ g} / 32,0 \text{ g/mol} = \mathbf{0,47 \text{ mol}}$
- b 2,4 kg waterstof  $\rightarrow 2,4 \text{ kg} / 0,0020 \text{ kg/mol} = \mathbf{1,2 \cdot 10^3 \text{ mol}}$
- c 18 kg koolstofdioxide  $\rightarrow 18 \text{ kg} / 0,044 \text{ kg/mol} = \mathbf{4,1 \cdot 10^2 \text{ mol}}$

---

### Opgave 68

---

*Gegeven:* Koolstofdioxide,  $V = 200 \text{ L}$ ,  $p = 240 \text{ mbar}$  bij  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:*  $m$

*Oplossing:*

We weten de molaire massa van  $\text{CO}_2$ . We hebben alle gegevens:  $p$ ,  $V$  en  $T$ . We kunnen  $n$  berekenen en dus ook  $m$ .

$$p = 2,40 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$V = 0,200 \text{ m}^3$$

$$T = 303 \text{ K}$$

$$\text{Algemene gaswet: } p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow 2,40 \cdot 10^4 \times 0,200 = n \times 8,31 \times 303 \rightarrow n = 1,91 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot M \rightarrow m = 1,91 \text{ mol} \times 44,0 \text{ g/mol} = \mathbf{84 \text{ g}}$$

---

### Opgave 69

---

*Gegeven:* 3,5 kg lucht,  $p = 980 \text{ mbar}$  bij  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:*  $m$

*Oplossing:*

$$m = V \cdot \frac{p}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot \rho_n$$

$$3,5 = V \times \frac{0,980 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} \times \frac{273}{294} \times 1,293$$

$$\mathbf{V = 3,0 \text{ m}^3}$$

---

### Opgave 70

---

*Gegeven:* 6,0 kg zuurstof, bij  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V = 10 \text{ m}^3$

*Gevraagd:*  $p$ .

*Oplossing:*

$$n = 6,0 \text{ kg} / 0,0320 \text{ kg/mol} = 188 \text{ mol}$$

$$T = 273 + 80 = 353 \text{ K}$$

$$\text{Algemene gaswet: } p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow p \times 10 = 188 \times 8,31 \times 353 \rightarrow \mathbf{p = 5,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$$

---

### Opgave 71

---

*Gegeven:* Gas.  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V = 25,0 \text{ L}$ ,  $p = 980 \text{ mbar}$  en  $\rho_n = 1,25 \text{ kg/m}^3$ .

*Gevraagd:*  $m$

*Oplossing:*

$$m = V_n \cdot \rho_n$$

$V_n$  kunnen we berekenen met:  $p \cdot V / T = \text{constant}$

$$980 \times 25,0 / 298 = 1013 \times V_n / 273 \rightarrow V_n = 22,2 \text{ L}$$

$$m = V_n \cdot \rho_n \rightarrow m = 0,0222 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{27,7 \text{ kg}}$$

---

### Opgave 72

---

Gegeven: Gasmengsel.  $m = 9,5 \text{ kg}$ ,  $V = 10 \text{ m}^3$ ,  $T = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 1,2 \text{ bar}$  en  $\rho_n = 1,25 \text{ kg/m}^3$ .

Gevraagd: Dichtheid.

Oplossing:

$$\rho = m / V \rightarrow \rho = 9,5 \text{ kg} / 10 \text{ m}^3 = \mathbf{0,95 \text{ kg/m}^3}$$

---

### Opgave 73

---

Gegeven: Lokaal  $l = 10,0 \text{ m}$ ,  $b = 8,0 \text{ m}$ ,  $h = 2,5 \text{ m}$ , lucht  $m = 260 \text{ kg}$ ,  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Gevraagd:  $p$

Oplossing:

$$V = 10,0 \times 8,0 \times 2,5 = 200 \text{ m}^3$$

$$T = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

$$\rho_n = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$m = V \cdot \frac{p}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot \rho_n \rightarrow 260 = 200 \times \frac{p}{1,013 \cdot 10^5} \times \frac{273}{293} \times 1,293$$

$$p = 260 \times 1,013 \cdot 10^5 \times 293 / (273 \times 1,293) \rightarrow \mathbf{p = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

### Opgave 74

---

Gegeven: Diëthylether maximaal:  $p = 0,587 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  bij  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V = 300 \text{ mL}$ , vloeistof: 10 mL.

Gevraagd: a) Hoeveel ether verdampt? b) Welk volume nodig om 10 g te verdampen?

Oplossing:

- a De diëthylether is een vloeistof die goed verdampt, maar afhankelijk van de temperatuur tot een maximum dampspanning. In dit geval tot  $p = 0,587 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . In een ruimte van 300 mL ( $3,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ ).

De hoeveelheid ether die verdampt kunnen we berekenen met de algemene gaswet:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n \text{ is de onbekende: } 0,587 \cdot 10^5 \times 3,00 \cdot 10^{-4} = n \times 8,31 \times 293 \rightarrow n = 0,00723 \text{ mol}$$

$$M(\text{diëthylether}) = 10 \times 1,0 + 4 \times 12,0 + 1 \times 16,0 = 74,0 \text{ g/mol}$$

$$m = 0,00723 \text{ mol} \times 74,0 \text{ g/mol} = \mathbf{0,54 \text{ g}}$$

- b Als 10 g ether verdampt dan is  $n$ :  $10,0 \text{ g} / 74,0 \text{ g/mol} = \mathbf{0,135 \text{ mol}}$ .

$$V \text{ is nu de onbekende: } 0,587 \cdot 10^5 \times V = 0,135 \times 8,31 \times 293 \rightarrow V = 0,0056 \text{ m}^3 \rightarrow \mathbf{5,6 \text{ L}}$$

---

### Opgave 75

---

*Gegeven:* Zuurstof in het toestel van Hoffman, zie afbeelding.

$$p_{\text{barometer}} = 1015 \text{ mbar, hydrostatische druk: } h = 26,3 \text{ cm, } \rho_{\text{opl}} = 1,076 \text{ g/mL, } V_{\text{O}_2} = 21,6 \text{ cm}^3$$

$$p_{\text{H}_2\text{O-damp}} = 2,46 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

*Gevraagd:* a)  $p_{\text{O}_2}$  b)  $n_{\text{O}_2}$ ?

*Oplossing:*

a  $p_{\text{O}_2} = p_{\text{barometer}} + p_{\text{hydrostat}} - p_{\text{H}_2\text{O-damp}}$

$$p_{\text{barometer}} = 1,015 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{hydrostat}} = 0,263 \text{ m} \times 1076 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,78 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O-damp}} = 2,46 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{O}_2} = 1,015 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 2,78 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 2,46 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \mathbf{1,018 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

b  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = p \cdot V / R \cdot T \rightarrow$

$$n = 1,018 \cdot 10^5 \times 21,6 \cdot 10^{-6} / 8,31 \times 294 = \mathbf{9,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}} \text{ (0,90 mmol)}$$

### Opgave 76

*Gegeven:* Ruimte A: zuurstof,  $V = 50 \text{ dm}^3$ ,  $T = 21,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 89 \text{ kPa}$

Ruimte B: stikstof,  $V = 50 \text{ dm}^3$ ,  $T = -3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 1200 \text{ mbar}$

A en B worden met elkaar verbonden er ontstaat één ruimte van  $100 \text{ dm}^3$ , eindtemperatuur wordt  $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Gevraagd:* Einddruk

*Oplossing:*

We kunnen apart uitrekenen hoeveel mol gas aanwezig is, deze hoeveelheden optellen en dan de druk berekenen:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow$$

$$n = p \cdot V / R \cdot T \rightarrow n_{\text{O}_2} = 8,9 \cdot 10^4 \times 0,050 / 8,31 \times 294,5 = 1,82 \text{ mol O}_2$$

$$n = p \cdot V / R \cdot T \rightarrow n_{\text{N}_2} = 1,20 \cdot 10^5 \times 0,050 / 8,31 \times 269,4 = 2,68 \text{ mol O}_2$$

$$n_{\text{totaal}}: 4,50 \text{ mol}$$

$$p = n \cdot R \cdot T / V \rightarrow p = 4,5 \times 8,31 \times 293 / 0,100 = \mathbf{1,10 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

Of formule 8.8 invullen:

$$\left(\frac{p \cdot V}{T}\right) = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} + \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$p \times 0,100 / 293 = 8,9 \cdot 10^4 \times 0,050 / 294,5 + 1,20 \cdot 10^5 \times 0,050 / 269,4$$

$$p \text{ hieruit berekenen levert ook op: } 1,095 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \mathbf{1,10 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

---

Opgave 77

---

*Gegeven:* Ruimte lucht,  $V = 20 \text{ L}$ ,  $T = 20,0 \text{ °C}$ ,  $p = 1,15 \text{ bar}$

*Bijpompen:* stikstof,  $V = 16,3 \text{ L}$ ,  $T = 8 \text{ °C}$ ,  $p = 2,35 \text{ bar}$

Eindtemperatuur wordt  $20,0 \text{ °C}$ .

*Gevraagd:* Einddruk

*Oplossing:*

$$\left(\frac{p \cdot V}{T}\right) = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} + \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

We veranderen de eenheden niet allemaal. Wel natuurlijk in alle gevallen dezelfde eenheid en voor de temperatuur Kelvin:

$$p \times 20 \text{ L} / 293 \text{ K} = 1,15 \text{ bar} \times 20 \text{ L} / 293 \text{ K} + 2,35 \text{ bar} \times 16,3 \text{ L} / 281 \text{ K}$$

$$p \times 20 / 293 = 0,0785 + 0,136 \rightarrow p = 293 \times 0,215 / 20 = \mathbf{3,15 \text{ bar}}$$