

HOOFDSTUK 9

Gassen

INLEIDING

Materie: naargelang druk en temperatuur : gas, vloeistof of vaste stof.

Gassen kennen veel toepassingen en komen in veel reacties voor, hetzij als reagens hetzij als product.

Eigenschap	Vast	Vloeibaar	Gas
vorm	vast	recipiënt	recipiënt
volume	vast	vast	recipiënt
dichtheid	groot	groot (kg.l ⁻¹)	klein (g.l ⁻¹)
viscositeit			klein
thermische uitzetting	klein	klein	groot
samendrukbaarheid	beperkt	beperkt	groot
mengbaarheid	soms	soms	altijd homogeen mengsel

9.1. GASWETTEN

Gas: deeltjes ver van elkaar en in snelle beweging

wordt beschreven aan de hand van verschillende grootheden:

- **temperatuur** (Kelvin, K),
- **volume** (m³),
- **hoeveelheid** (mol),
- **druk** (Pa).

Deze grootheden zijn niet onafhankelijk. Wat is het verband?

Druk:

Ieder object oefent een kracht uit op een oppervlak waarmee het in contact komt. De kracht die wordt uitgeoefend per eenheid van oppervlakte noemt men de druk:

$$P = \frac{F}{A} \quad Pa = \frac{N}{m^2}$$



<http://www.youtube.com/watch?v=86U8Rowxqm8> : luchtdruk

9.1 GASWETTEN

Metten van de atmosferische druk: **barometer**



Kwikkolom van 760 mm bij 0°C op zeeniveau = 1 atm

1 mmHg = 1 Torr

1 atm = 1,01325 x 10⁵ Pa

1 bar = 10⁵ Pa (standaarddruk)



Torricelli



9.1.1 WET VAN BOYLE

verband P en V

Kwalitatief:

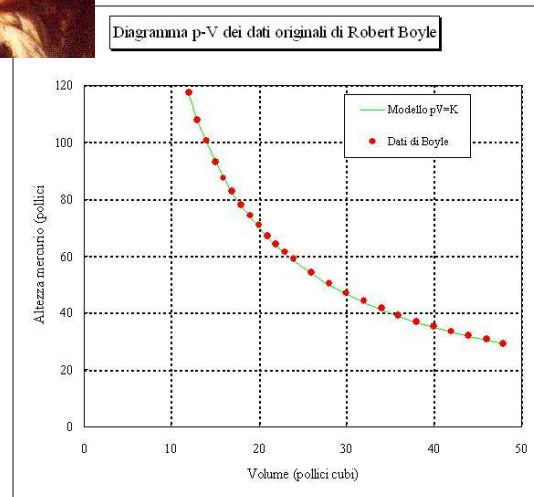
Toenemende druk →
kleinere afstand tussen deeltjes afname
volume

Kwantitatief:

$$P \cdot V = \text{cte}$$



(Robert Boyle, 1627-1691)



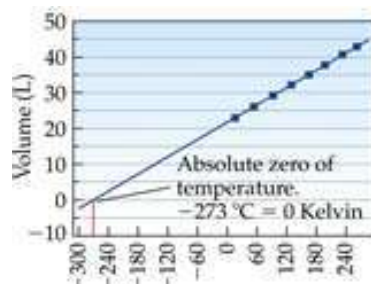
9.1.2 WET VAN CHARLES

verband V en T (cte P)

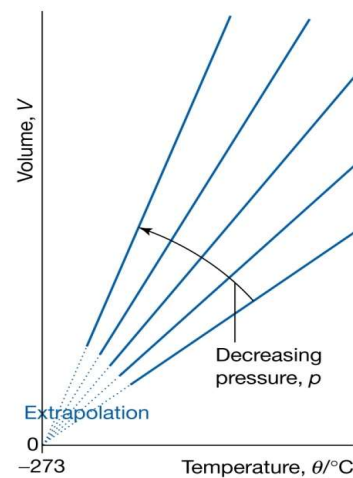
Kwalitatief:

toenemende temperatuur
Sneller bewegen
grotere afstand tussen deeltjes: toename
volume

Kwantitatief: $V = \text{cte} \cdot T$



(Jacques Alexandre César
Charles, 1746-1823)
(wet van Gay-Lussac)



9.1.3 WET VAN AVOGADRO

Kwalitatief:

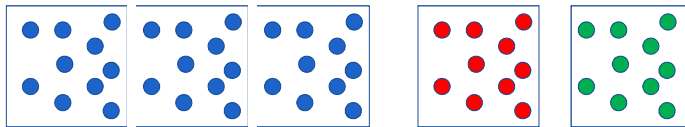
toenemende hoeveelheid gas → toename volume

Wet van Avogadro: bij constante druk en temperatuur is het volume van een gas evenredig met het aantal mol van het gas.

(Amadeo Avogadro, 1776-1856)



$$V = \text{cte} \cdot n$$



Gelijke volumes van verschillende gassen bevatten bij zelfde P en T een zelfde hoeveelheid gas.



n
V

2n
2V

3n
3V

9.1.4 WET VAN AMONTON

Verband tussen druk en temperatuur (ct volume)

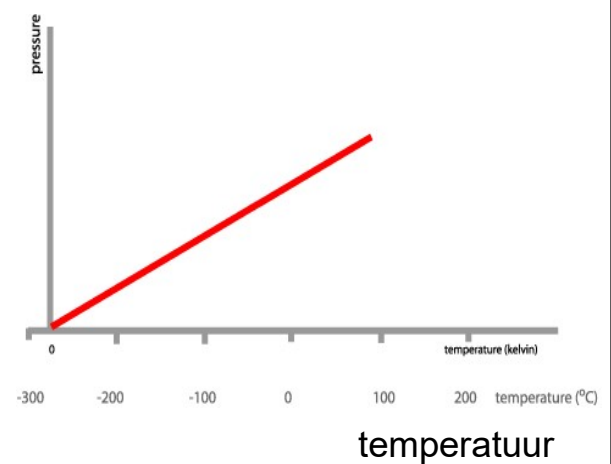
Kwalitatief:

toenemende temperatuur → grotere snelheid deeltjes → toename druk

Kwantitatief:

$$P = \text{cte} \cdot T \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

druk



9.2 DE IDEALE GASWET

Ideaal gas: voldoet aan de vier voorgaande wetten

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (n, T = \text{cte})$$

$$V \propto n \quad (n, P = \text{cte})$$

$$V \propto T \quad (T, P = \text{cte})$$



$$V \propto \frac{nT}{P}$$

$$V = \text{cte} \frac{nT}{P}$$

$R = \text{gasconstante}$

Ideale gaswet

$$PV = nRT$$

Waarde van R hangt af van de eenheden van de overige grootheden.

$$n = 1 \text{ mol}, P \text{ (Pa)}, V \text{ (m}^3\text{)}, T \text{ (K)} : \quad R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$(n = 1 \text{ mol}, P \text{ (atm)}, V \text{ (l)}, T \text{ (K)} : \quad R = 0,082 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1})$$

TOEPASSING:

Een hoeveelheid vast CO_2 (droog ijs) met een massa van 35,1 g wordt in een luchtdig vat gebracht met een volume van 4,0 L bij een temperatuur van 100K. Hierna wordt het vat verzegeld en opgewarmd tot kamertemperatuur (298K). Hierbij wordt alle CO_2 omgezet in gas. Wat is bij kamertemperatuur de druk in het vat? (4,96 bar)



<http://www.youtube.com/watch?v=VPQrMZ5P8SY>

9.3. DE DICHTHEID VAN EEN GAS.

$$PV = \left(\frac{m}{M}\right)RT \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

De dichtheid van een gas is (bij gegeven P en T) evenredig met zijn molaire massa.

Toepassingen:

CO₂ als brandblusser

Cl₂ als oorlogsgas

He, H₂ in zeppelins (Hindenberg)



TOEPASSING

Wat is de dichtheid van CO₂ gas onder STP omstandigheden (STP= normomstandigheden). Vergelijk dit met de dichtheid van lucht onder dezelfde omstandigheden (1,29 g.L⁻¹).

CO₂ : 44,00 g.mol⁻¹. De dichtheid bedraagt dus:

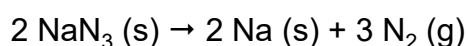
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} = \frac{1\text{atm} \times 44,00\text{g.mol}^{-1}}{0,082\text{L.atm.mol}^{-1}\text{K}^{-1}} = 1,96\text{g.L}^{-1}$$

9.4. GASWETTEN EN CHEMISCHE REACTIES.

Bij chemische reacties zijn dikwijls gassen betrokken. Dit leidt tot volumeveranderingen (gewenst of ongewenst) die kunnen worden berekend.

Toepassing:

Er wordt gevraagd om een airbag te ontwikkelen voor een auto. Je weet dat de bag moet worden gevuld met een gas waarvan de druk groter is dan de atmosferische druk (bijvoorbeeld: 1,0908 bar) bij een temperatuur van 22,0 °C. De airbag heeft een volume van 45,5 L. Hoeveel natriumazide (NaN_3) heeft men nodig om bij ontbinding de benodigde hoeveelheid gas te ontwikkelen? De reactie is:

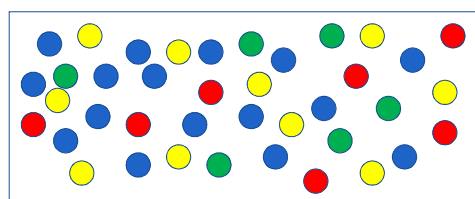


<http://www.youtube.com/watch?v=TQxcV4lu-a4>

9.5 GASMENGSELS EN PARTIEELDRIJEN

Geen (zwakke) interacties tussen de moleculen:

In een mengsel van verschillende gassen, zal een gas zich gedragen alsof het alleen in de ruimte aanwezig is.



Bij gegeven druk en temperatuur zal een gas i een druk P_i uitoefenen die enkel bepaald wordt door de hoeveelheid van het gas.

partieeldruk $\left[P_i = n_i \frac{RT}{V} \right]$

9.5 GASMENGSELS EN PARTIEELDRIJEN

Totale druk in een gasmengsel?

$$\text{partieeldruk } P_i = n_i \frac{RT}{V}$$

Wet van Dalton: de totaaldruk, uitgeoefend door een mengsel van gassen is de som van de partieldrukken van de componenten

$$P_{\text{tot}} = P_A + P_B + P_C + \dots = \sum_i P_i$$

Voor elk gas geldt de ideale gaswet: $P_{\text{tot}} = \frac{n_A RT}{V} + \frac{n_B RT}{V} + \frac{n_C RT}{V} + \dots = \sum_i \frac{n_i RT}{V}$

$$X_i = \frac{n_i}{n_{\text{tot}}} \quad \sum_i X_i = \sum_i \frac{n_i}{n_{\text{tot}}} = \frac{\sum_i n_i}{n_{\text{tot}}} = \frac{n_{\text{tot}}}{n_{\text{tot}}} = 1$$



$$\frac{P_A = n_A \frac{RT}{V}}{P_{\text{tot}} = n_{\text{tot}} \frac{RT}{V}} \longrightarrow \frac{P_A}{P_{\text{tot}}} = \frac{n_A}{n_{\text{tot}}} = X_A \longrightarrow P_A = X_A P_{\text{tot}}$$

TOEPASSING

Droge lucht van 1 atm bevat voor 21% O₂, 78% N₂ en 1% Ar (volume %).
Bereken de partieldruk van elk gas.

Bij constante druk en temperatuur is het aantal mol gas recht evenredig met het ingenomen volume (Avogadro)

Dus volume % = mol % :

78 % van de moleculen is N₂, 21 % is O₂, 1% is Ar

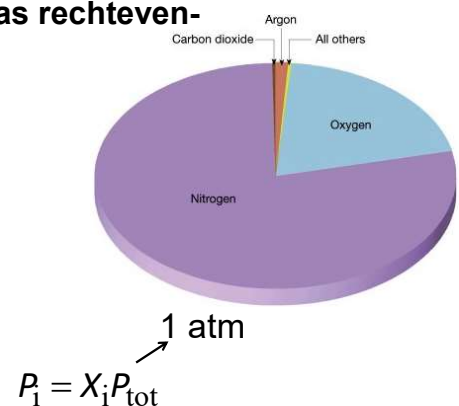
Molfracties: N₂ : 0,78; O₂ : 0,21; Ar: 0,01

Aangezien

$$P_{\text{N}_2} = 0,78 P_{\text{tot}} = 0,78 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = 0,21 P_{\text{tot}} = 0,21 \text{ atm}$$

$$P_{\text{Ar}} = 0,01 P_{\text{tot}} = 0,01 \text{ atm}$$



9.6 KINETISCH MOLECULAIRE GASTHEORIE

Bedoeld om **experimenteel gedrag** van gassen te **verklaren**.

Midden 19^e eeuw, Ludwig Boltzmann (1844-1906), Rudolf Clausius (1822-1888), James Clerk Maxwell (1831-189)

Gas = groot aantal deeltjes, moleculen (mono-of polyatomisch) in voortdurende beweging

Afstand tussen deeltjes veel groter dan afmetingen: volume deeltjes te verwaarlozen

Geen interacties (aantrekkend of afstotend)

Moleculen botsen onderling en tegen wand. Botsingen elastisch: gemiddelde kinetische energie van de deeltjes is constant

Gemiddelde kinetische energie van de deeltjes is alleen afhankelijk van de temperatuur; bij een gegeven T is de gemiddelde kinetische energie van alle deeltjes gelijk.



9.6 KINETISCH MOLECULAIRE GASTHEORIE

Postulaten leiden tot verschillende wiskundige betrekkingen

- ideale gaswet : verband P, T, V, n
- snelheid deeltjes in functie van o.a. m en T
- botsingsfrequentie (aantal botsingen per tijdseenheid)
- Uitdrukkingen blijken te kloppen met veel experimentele waarnemingen.
- Natuurkunde: voor een verzameling moleculen in de gasfase die een bepaalde hoeveelheid kinetische energie bevat, is deze energie over de verschillende moleculen verdeeld volgens de Maxwell-Boltzmann verdeling.

Afwijkingen bij hoge drukken zijn te wijten aan tekortkomingen van het model: interacties tss de deeltjes

