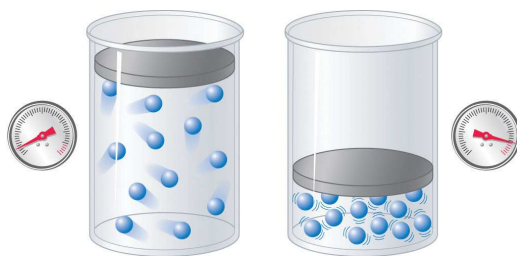


## 1. Druk van een gas

2

### 1.1 Pascal

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$$



(a) Low pressure

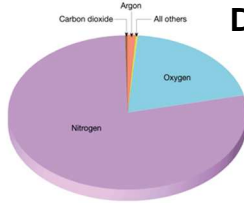
(b) High pressure

$$\text{DRUK} = \frac{\text{kracht}}{\text{oppervlak}}$$

# 1. Druk van een gas

3

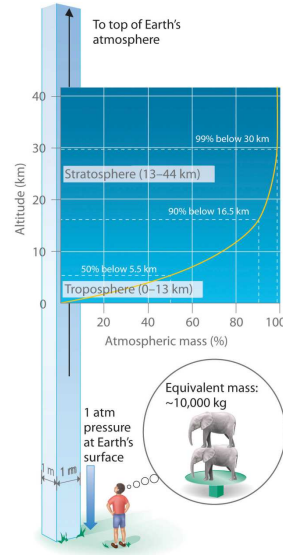
## 1.2 Atmosfeerdruk – barometer



Lucht is een gasmengsel,  
Dus het oefent een druk uit

$$1 \text{ atm} = \frac{10329 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{1,0 \text{ m}^2}$$
$$= 101325 \text{ Pa} = 101,325 \text{ kPa}$$

Dit is de luchtdruk op zeeniveau

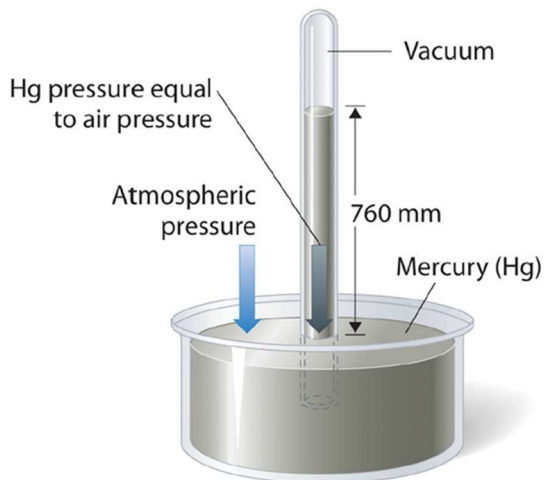


# 1. Druk van een gas

4

## 1.2 Atmosfeerdruk – barometer

Atmosfeerdruk is meetbaar met een barometer



$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$$

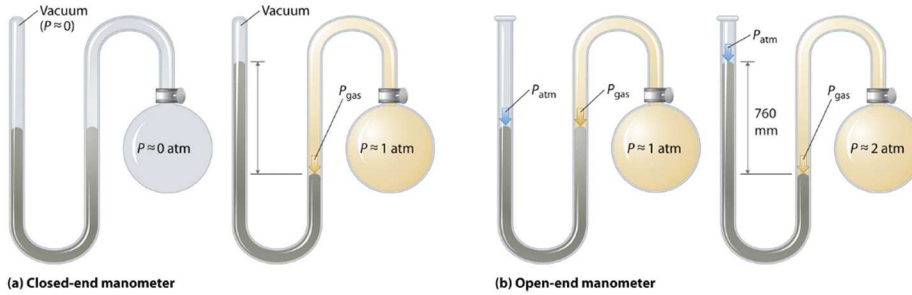
$$1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$$

# 1. Druk van een gas

5

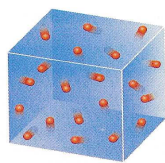
## 1.3 Manometer

Manometer meet de druk van een gas of gasmengsel



# 2. Gaswet

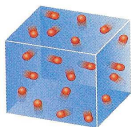
6



PARAMETERS:

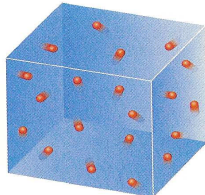
- DRUK
- VOLUME
- TEMPERATUUR
- AANTAL MOL GAS

Wet van Boyle



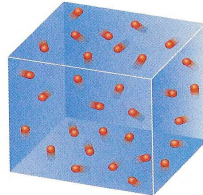
$$T, n = \text{ctc}$$
$$V \sim 1/P$$

Wet van Charles



$$P, n = \text{ctc}$$
$$V \sim T$$

Wet van Avogadro



$$T, P = \text{ctc}$$
$$V \sim n$$

Wet van Amonton

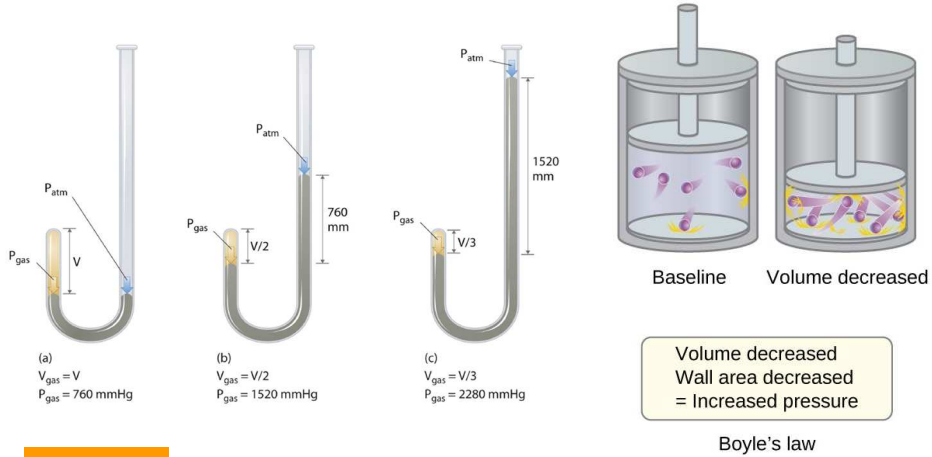
$$V, T = \text{ctc}$$
$$P \sim T$$

## 2. Gaswet

7

### 2.1 Relatie tussen P en V bij constante T en n

Eenzelfde hoeveelheid gas in steeds kleiner volume bij T ct



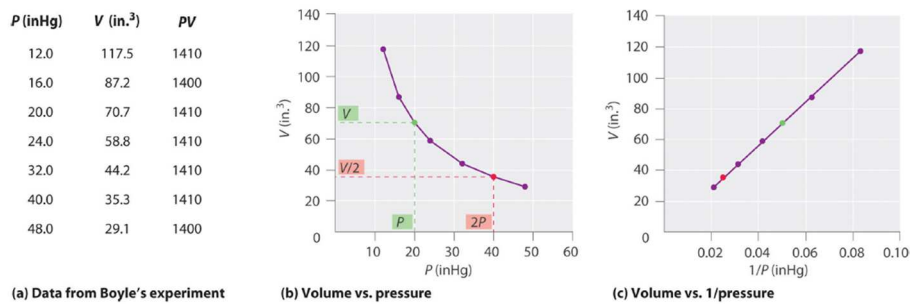
$$P \cdot V = ct^e$$

## 2. Gaswet

8

### 2.1 Relatie tussen P en V bij constante T en n

Eenzelfde hoeveelheid gas in steeds kleiner volume bij T ct



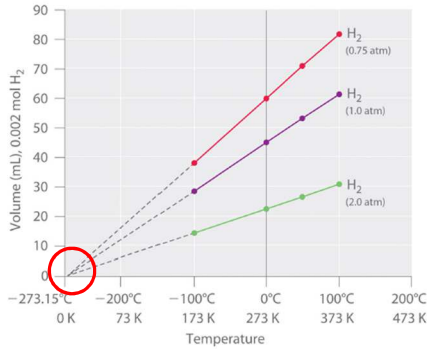
$$P \cdot V = ct^e$$

## 2. Gaswet

9

### 2.2 Relatie tussen T en V bij constante P en n

Eenzelfde hoeveelheid gas in steeds kleiner volume bij P ct



(a)

Onafhankelijk van de druk

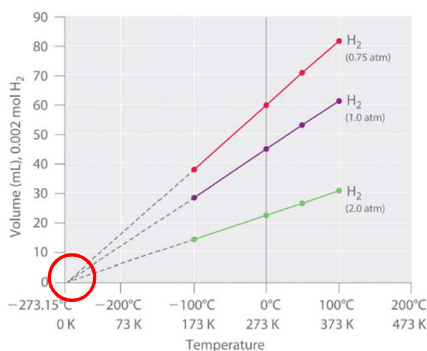
$$V = ct^e \cdot T$$

## 2. Gaswet

10

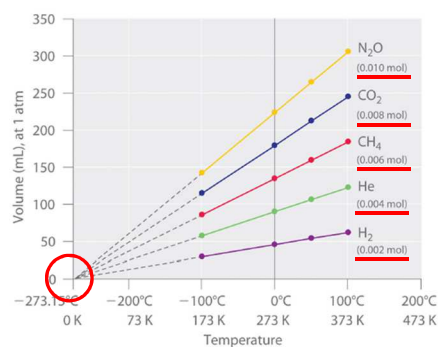
### 2.2 Relatie tussen T en V bij constante P en n

Eenzelfde hoeveelheid gas in steeds kleiner volume bij P ct



(a)

Onafhankelijk van de druk  
Onafhankelijk van type gas

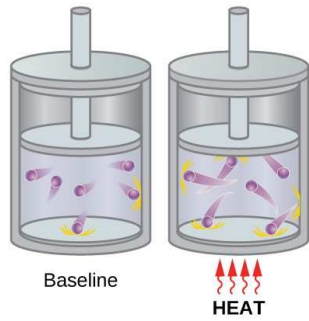


(b)

$$V = ct^e \cdot T$$

2. Gaswet 11

2.3 Relatie tussen P en T bij constant V en n



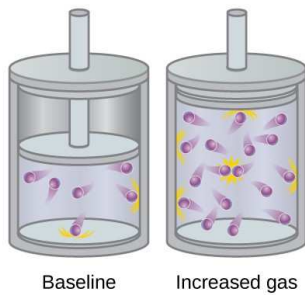
$$P = ct^e \cdot T$$

Temperature increased  
Volume constant  
= Increased pressure

Amonton's law

2. Gaswet 12

2.4 Relatie tussen n en V bij constante P en T



Container pressure constant  
More gas molecules added  
= Increased volume

Avogadro's law

$$n = ct^e \cdot V$$

**He**  
V = 22.4 L  
P = 1 atm  
T = 0°C  
Mass: 4.003 g/mol  
n = 1 mol

**N<sub>2</sub>**  
V = 22.4 L  
P = 1 atm  
T = 0°C  
Mass: 28.013 g/mol  
n = 1 mol

**NH<sub>3</sub>**  
V = 22.4 L  
P = 1 atm  
T = 0°C  
Mass: 17.031 g/mol  
n = 1 mol

**CH<sub>4</sub>**  
V = 22.4 L  
P = 1 atm  
T = 0°C  
Mass: 16.043 g/mol  
n = 1 mol

**V<sub>m</sub> = 22,4 L**

## 2.5 Ideale gaswet

$$PV = nRT$$

Geldig voor IDEALE gassen

$$R = \frac{P \cdot V}{n \cdot T} = \frac{(1 \text{ atm})(22,4 \text{ L})}{(1 \text{ mol})(273,15 \text{ K})} = 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

P in atm  
V in L

$$R = \frac{P \cdot V}{n \cdot T} = \frac{(101325 \text{ Pa})(22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{(1 \text{ mol})(273,15 \text{ K})} = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

P in PASCAL  
V in m<sup>3</sup>

## 2.5 Ideale gaswet

$$PV = nRT$$

Geldig voor IDEALE gassen



- Geen onderlinge attractie (tgv dipool interacties)
- Geen eigenvolume van de moleculen
- de voortbewegingssnelheid constant is
- elastische botsingen
- $\bar{E}_{kin} = 3/2 \cdot R \cdot T$  constant is

(uitz. Hoge P en lage T)

Reële gassen ~ ideaal in normale omstandigheden

## 2.5 Ideale gaswet

**Toepassing:** Freon  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  werd vroeger vaak als koelmiddel gebruikt in airconditioners. Bepaal de druk in atmosfeer indien 3,00g freon gas in een container van 500,0 ml bij  $10^\circ\text{C}$  wordt ingevoerd.

$$PV = nRT \quad P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = 1,15 \text{ atm}$$

$$n = 3,00 \text{ g CF}_2\text{Cl}_2 \times 1/\text{MM}_g = 0,0248 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{MM}_g &= \text{MM}_g(\text{C}) + 2 \cdot \text{MM}_g(\text{F}) + 2 \cdot \text{MM}_g(\text{Cl}) \\ &= 12,01 \text{ g/mol} + 2 \cdot 18,99 \text{ g/mol} + 2 \cdot 35,45 \text{ g/mol} \\ &= 120,91 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$T (\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15 \quad \longrightarrow \quad 10^{\circ}\text{C} = 283,15\text{K}$$

$$500,0 \text{ ml} = 0,5 \text{ L}$$

$$R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

## 2.6 Afwijkingen ideale gaswet – niet-ideale gassen

**NIET-IDEAAL**

$$(P + a \cdot n^2/V^2) (V - nb) = n \cdot R \cdot T$$

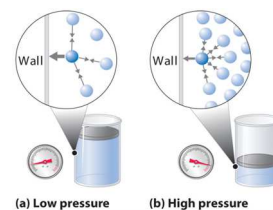
**IDEAAL**

$$PV = nRT$$

Correctie voor onderlinge **ATTRACTIEKRACHTEN**

$a$  = maat voor de sterkte van de interacties

$n/V$  = concentratie



## 2.6 Afwijkingen ideale gaswet – niet-ideale gassen

NIET-IDEAAL

$$(P + a \cdot n^2/V^2) (V - nb) = n \cdot R \cdot T$$

IDEAAL

$$PV = nRT$$

Correctie voor onderlinge **ATTRACTIEKRACHTEN**

$a$  = maat voor de sterkte van de interacties

$n/V$  = concentratie

Correctie voor het **EIGENVOLUME**

$b$  = maat voor de grootte van de deeltjes

$n$  = aantal mol gas

## 2.6 Afwijkingen ideale gaswet – niet-ideale gassen

NIET-IDEAAL

$$(P + a \cdot n^2/V^2) (V - nb) = n \cdot R \cdot T$$

IDEAAL

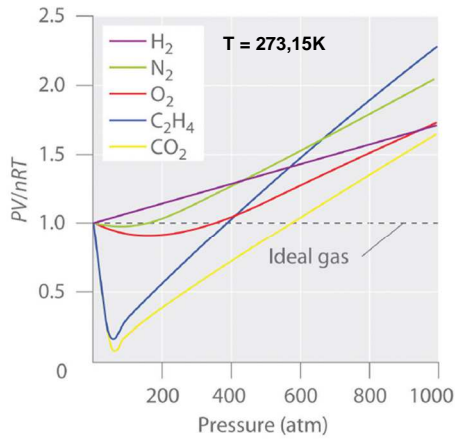
$$PV = nRT$$

Gas	$a$ (L <sup>2</sup> .kPa.mol <sup>-2</sup> )	$b$ (L.mol <sup>-1</sup> )	moleculaire diameter (pm)
He	3,4	0,0237	218
O <sub>2</sub>	138	0,0318	294
NH <sub>3</sub>	423	0,0371	308
H <sub>2</sub> O	553	0,0305	288
CH <sub>4</sub>	228	0,0428	324
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	556	0,0638	
CH <sub>3</sub> OH	965	0,0670	376
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1218	0,0841	

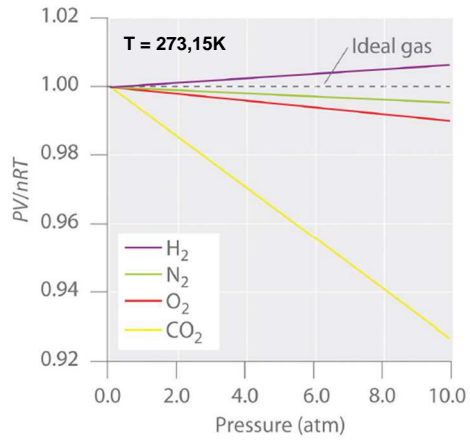
Stijgt met stijgende interactie

Stijgt met stijgende afmeting

2.6 Afwijkingen ideale gaswet – niet-ideale gassen



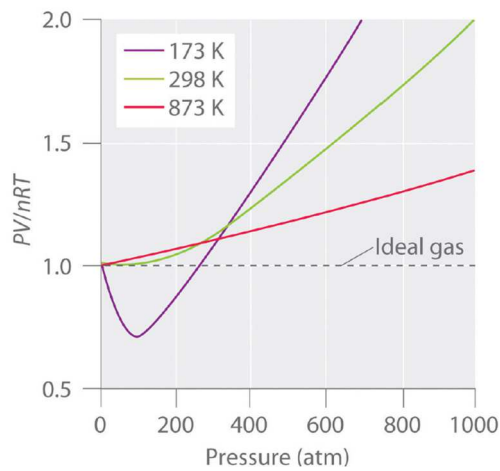
(a)  $PV/nRT$  at high pressures



(b)  $PV/nRT$  at low pressures

**Afwijking bij hoge drukken**

2.6 Afwijkingen ideale gaswet – niet-ideale gassen



**Afwijking bij lage temperaturen**

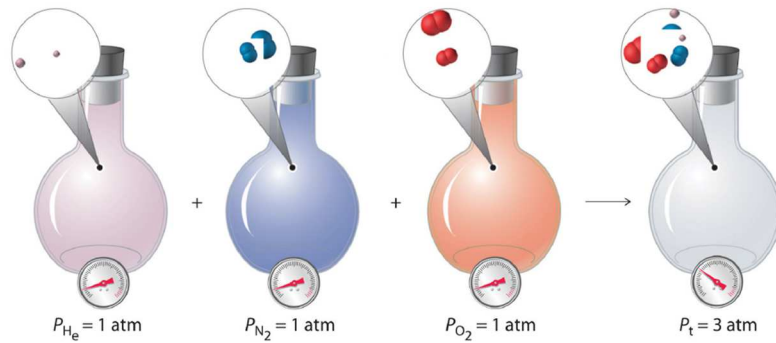
### 3. Gasmengsels

21

#### 3.1 Wet van Dalton

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

V en T zijn ct



### 3. Gasmengsels

22

#### 3.2 Alternatieve op de Wet van Dalton

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

V en T zijn ct

$$\downarrow P_i = \frac{n_i \cdot R \cdot T}{V} \quad \text{Ideale gaswet}$$

$$P_{tot} = \frac{(n_A + n_B + n_C + \dots + n_i) \cdot R \cdot T}{V}$$
$$= \frac{n_{totaal} \cdot R \cdot T}{V}$$

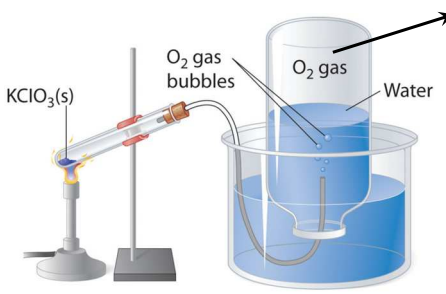
$$P_i = x_i \cdot P_{tot}$$

### 3. Gasmengsels

23

#### 3.3 Toepassingen

**Toepassing:** Bij de verbranding van  $\text{KClO}_3$  wordt het volume  $\text{O}_2$ -gas boven water opgevangen. Het opgevangen volume bedraagt 370 mL. De opstelling staat op een temperatuur van  $23^\circ\text{C}$  en de druk in de kolf bedraagt 0,992 atm. Als bij deze temperatuur de dampdruk van het water zelf 0,0277 atm bedraagt, welk volume zou het "droge"  $\text{O}_2$  gas innemen bij standaard T en P?



**H<sub>2</sub>O gas en O<sub>2</sub> gas**

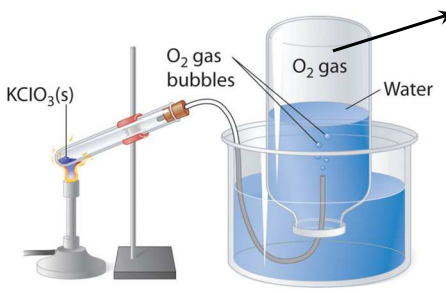
$$P_{tot} = P_{O_2} + P_{H_2O} = 0,992 \text{ atm}$$
$$P_{O_2} = P_{tot} - P_{H_2O}$$
$$= 0,992 - 0,0277$$
$$= 0,964 \text{ atm}$$
$$n_{O_2} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{(0,964 \text{ atm})(0,370 \text{ L})}{(0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(296,15 \text{ K})} = 0,0147 \text{ mol}$$

### 3. Gasmengsels

24

#### 3.3 Toepassingen

**Toepassing:** Bij de verbranding van  $\text{KClO}_3$  wordt het volume  $\text{O}_2$ -gas boven water opgevangen. Het opgevangen volume bedraagt 370 mL. De opstelling staat op een temperatuur van  $23^\circ\text{C}$  en de druk in de kolf bedraagt 0,992 atm. Als bij deze temperatuur de dampdruk van het water zelf 0,0277 atm bedraagt, welk volume zou het "droge"  $\text{O}_2$  gas innemen bij standaard T en P?



**H<sub>2</sub>O gas en O<sub>2</sub> gas**

$$P_{tot} = P_{O_2} + P_{H_2O} = 0,992 \text{ atm}$$
$$P_{O_2} = P_{tot} - P_{H_2O}$$
$$= 0,992 - 0,0277$$
$$= 0,964 \text{ atm}$$
$$V_{droog} = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{(0,0147 \text{ mol})(0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(273,15 \text{ K})}{1 \text{ atm}} = 0,329 \text{ L}$$

## 4. Eigenschappen van gassen

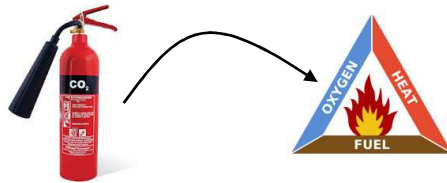
25

### 4.1 Dichtheid

$$d = \frac{m}{V} \xrightarrow{P \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T} d = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

$d(\text{CO}_2) > d(\text{lucht})$       MM (lucht) ~ 29 g/mol  
MM (CO<sub>2</sub>) = 44 g/mol

Bij verschillende gassen: Hoe hoger de dichtheid, hoe lager bij de grond



[http://www.youtube.com/watch?v=W\\_jgJzb8lxM](http://www.youtube.com/watch?v=W_jgJzb8lxM)

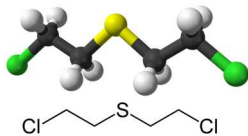
## 4. Eigenschappen van gassen

26

### 4.1 Dichtheid

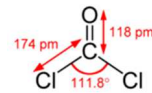
$$d = \frac{m}{V} \xrightarrow{P \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T} d = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

Bij verschillende gassen: Hoe hoger de dichtheid, hoe lager bij de grond



MM (mosterdgas) = 159 g/mol

[https://www.youtube.com/watch?v=DTY7v1Q\\_vnc](https://www.youtube.com/watch?v=DTY7v1Q_vnc)



MM (fosgeen) = 99 g/mol

## 4. Eigenschappen van gassen

27

### 4.1 Dichtheid

$$d = \frac{m}{V} \quad \xrightarrow{P \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T} \quad d = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

#### Toepassing

Cyclopropan is een gas dat als anestheticum gebruikt wordt. Het gas heeft een dichtheid van 1,50 g/L bij 50°C en 0,948 atm. Wat is de molaire massa van dat gas? Wat is de eigenlijke formule van dat gas als de minimale formule CH<sub>2</sub> is?

Gegeven:

$$d = \frac{m}{V} = 1,50 \text{ g/L} \quad T = 50 + 273,15 = 323,15 \text{ K} \quad P = 0,948 \text{ atm}$$

Oplissing:

$$M = \frac{d \cdot R \cdot T}{P} = \frac{(1,50 \text{ g/L}) \cdot (0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \cdot (323,15 \text{ K})}{0,948 \text{ atm}} = 42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Eigenlijke formule = x.(minimale formule)

Eigenlijke molaire massa = x.(minimale molaire massa)

$$42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = x \cdot (14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

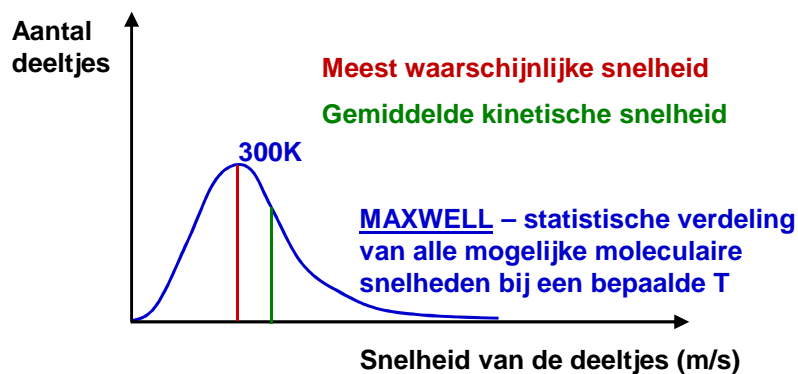
dus x = 3 de eigenlijke formule = (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> of C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>

## 4. Eigenschappen van gassen

28

### 4.2 Snelheid – kinetische gastheorie

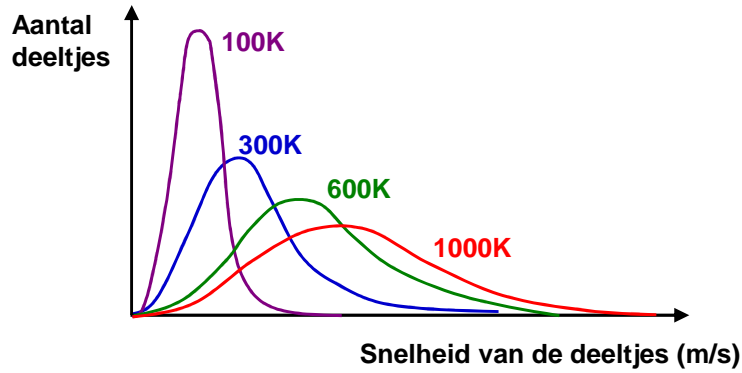
Onderlinge botsingen → Verandering van richting  
Verandering in Energie  
Kinetische (snelheid)



4. Eigenschappen van gassen 29

4.2 Snelheid – kinetische gastheorie

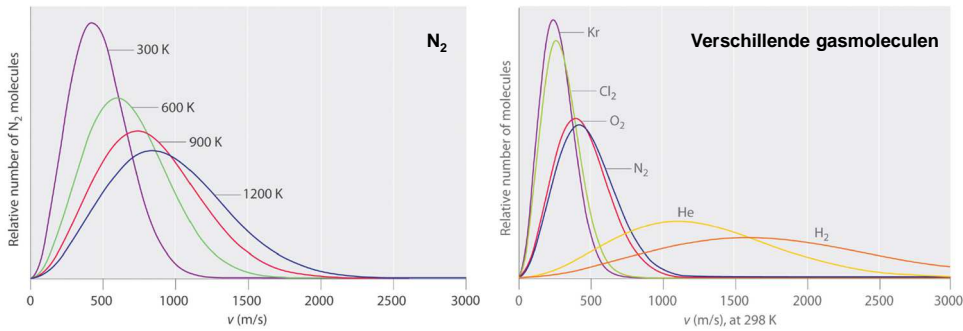
Onderlinge botsingen → Verandering van richting  
Verandering in Energie  
Kinetische (snelheid)



4. Eigenschappen van gassen 30

4.2 Snelheid – kinetische gastheorie

Onderlinge botsingen → Verandering van richting  
Verandering in Energie  
Kinetische (snelheid)



## 4. Eigenschappen van gassen

31

### 4.2 Snelheid – kinetische gastheorie

Gemiddelde kinetische snelheid van een gas

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

8,314 J/mol.K  
= kg.m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>

m/s

kg/mol

Door elastische botsingen  
Is de snelheid van een gas  
Niet continu ivf de tijd

## 4. Eigenschappen van gassen

32

### 4.2 Snelheid – kinetische gastheorie

**Toepassing:** Bereken de gemiddelde kinetische snelheid van H<sub>2</sub> gasmoleculen bij een temperatuur van 0°C

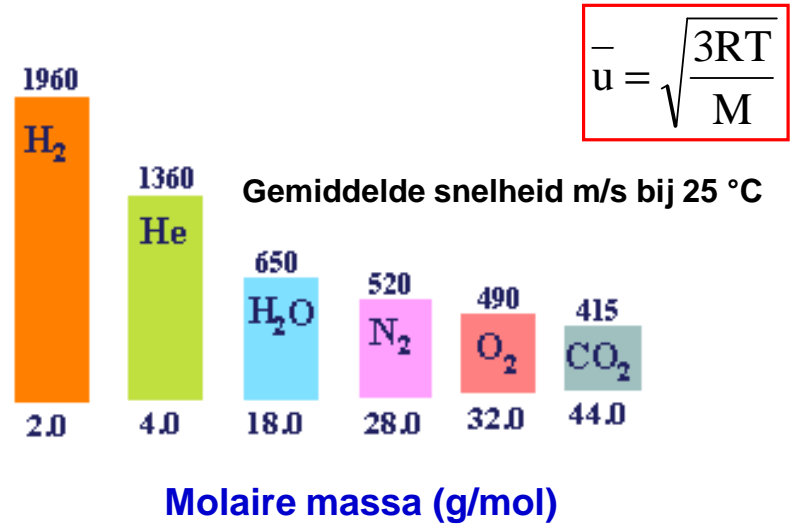
$$\bar{u} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{3 \cdot (8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot 273,15 \text{ K}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{3 \cdot (8,314 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot 273,15 \text{ K}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 1845 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

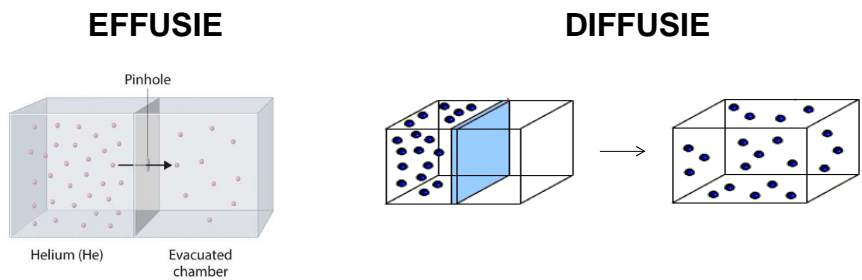
4. Eigenschappen van gassen 33

4.2 Snelheid – kinetische gastheorie



4. Eigenschappen van gassen 34

4.3 Effusie en Diffusie



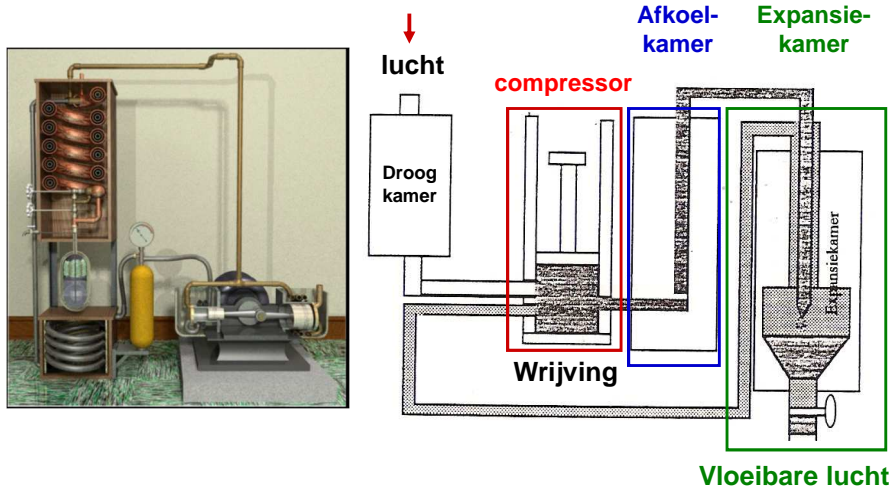
$$\frac{\mu_{effA}}{\mu_{effB}} = \frac{\mu_{difA}}{\mu_{difB}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}}$$

hoe groter de molaire massa van het gas is, hoe kleiner de snelheid

4. Eigenschappen van gassen 35

4.4 Vloeibaar maken van gassen

Adiabatisch = geen energie uit omgeving



4. Eigenschappen van gassen 36

4.4 Vloeibaar maken van gassen



**LPG**  
Liquified Petroleum Gas

4. Eigenschappen van gassen 37

4.4 Vloeibaar maken van gassen

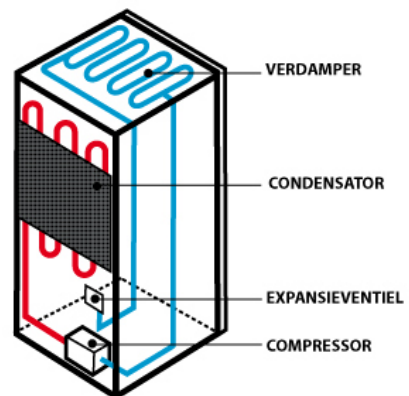
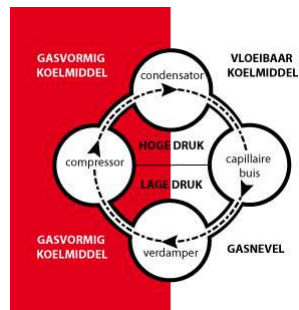


**LN<sub>2</sub>**  
**Liquid Nitrogen**



4. Eigenschappen van gassen 38

4.4 Vloeibaar maken van gassen



# 5. Key Concept

