



# Bab 5

# Gas



Beberapa zat yang berwujud **gas** pada suhu 25°C dan tekanan 1 Atm

1A															8A		
H															He		
Li	Be																
Na	Mg																
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									

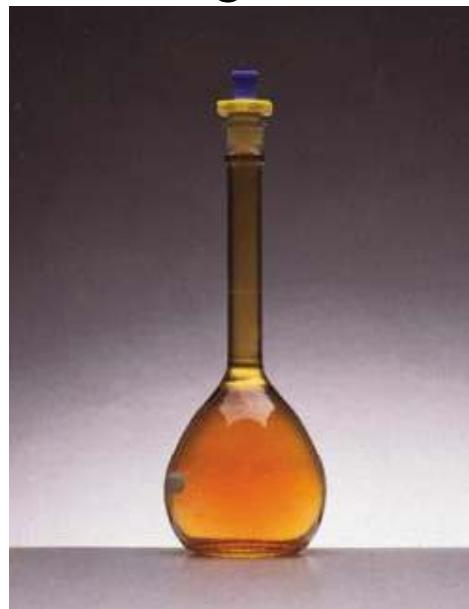
**TABLE 5.1****Some Substances Found as Gases at 1 atm and 25°C**

<b>Elements</b>	<b>Compounds</b>
H <sub>2</sub> (molecular hydrogen)	HF (hydrogen fluoride)
N <sub>2</sub> (molecular nitrogen)	HCl (hydrogen chloride)
O <sub>2</sub> (molecular oxygen)	HBr (hydrogen bromide)
O <sub>3</sub> (ozone)	HI (hydrogen iodide)
F <sub>2</sub> (molecular fluorine)	CO (carbon monoxide)
Cl <sub>2</sub> (molecular chlorine)	CO <sub>2</sub> (carbon dioxide)
He (helium)	NH <sub>3</sub> (ammonia)
Ne (neon)	NO (nitric oxide)
Ar (argon)	NO <sub>2</sub> (nitrogen dioxide)
Kr (krypton)	N <sub>2</sub> O (nitrous oxide)
Xe (xenon)	SO <sub>2</sub> (sulfur dioxide)
Rn (radon)	H <sub>2</sub> S (hydrogen sulfide)
	HCN (hydrogen cyanide)*

\* The boiling point of HCN is 26°C, but it is close enough to qualify as a gas at ordinary atmospheric conditions.

# Sifat-sifat fisis yang khas dari gas

- Gas mempunyai volume dan bentuk menyerupai wadahnya.
- Gas merupakan wujud materi yang paling mudah dimampatkan.
- Gas-gas akan segera bercampur secara merata dan sempurna jika ditempatkan dalam wadah yang sama.
- Gas memiliki kerapatan yang jauh lebih rendah dibandingkan cairan dan padatan.



$$\text{Tekanan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}}$$

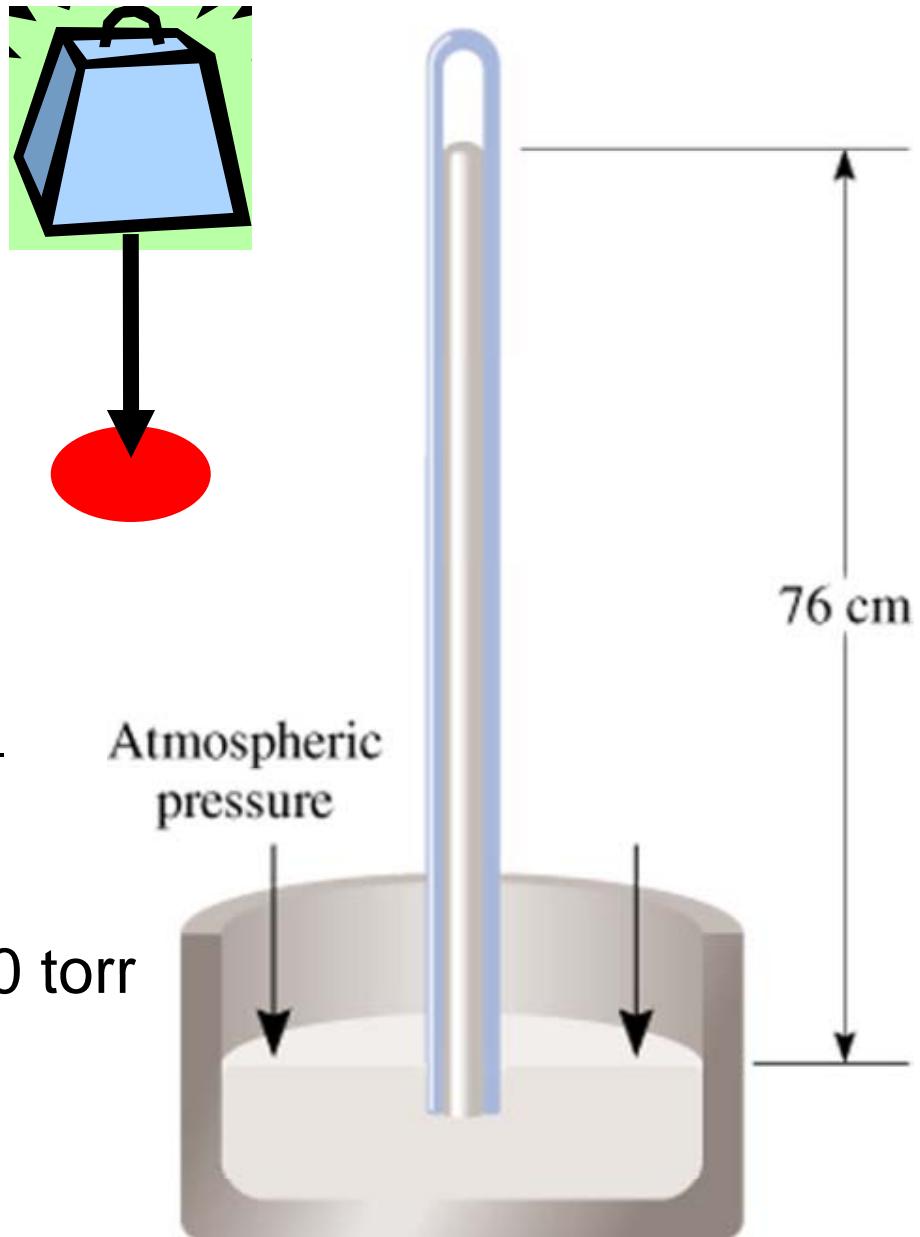
(gaya = massa x percepatan)

### Satuan SI untuk tekanan

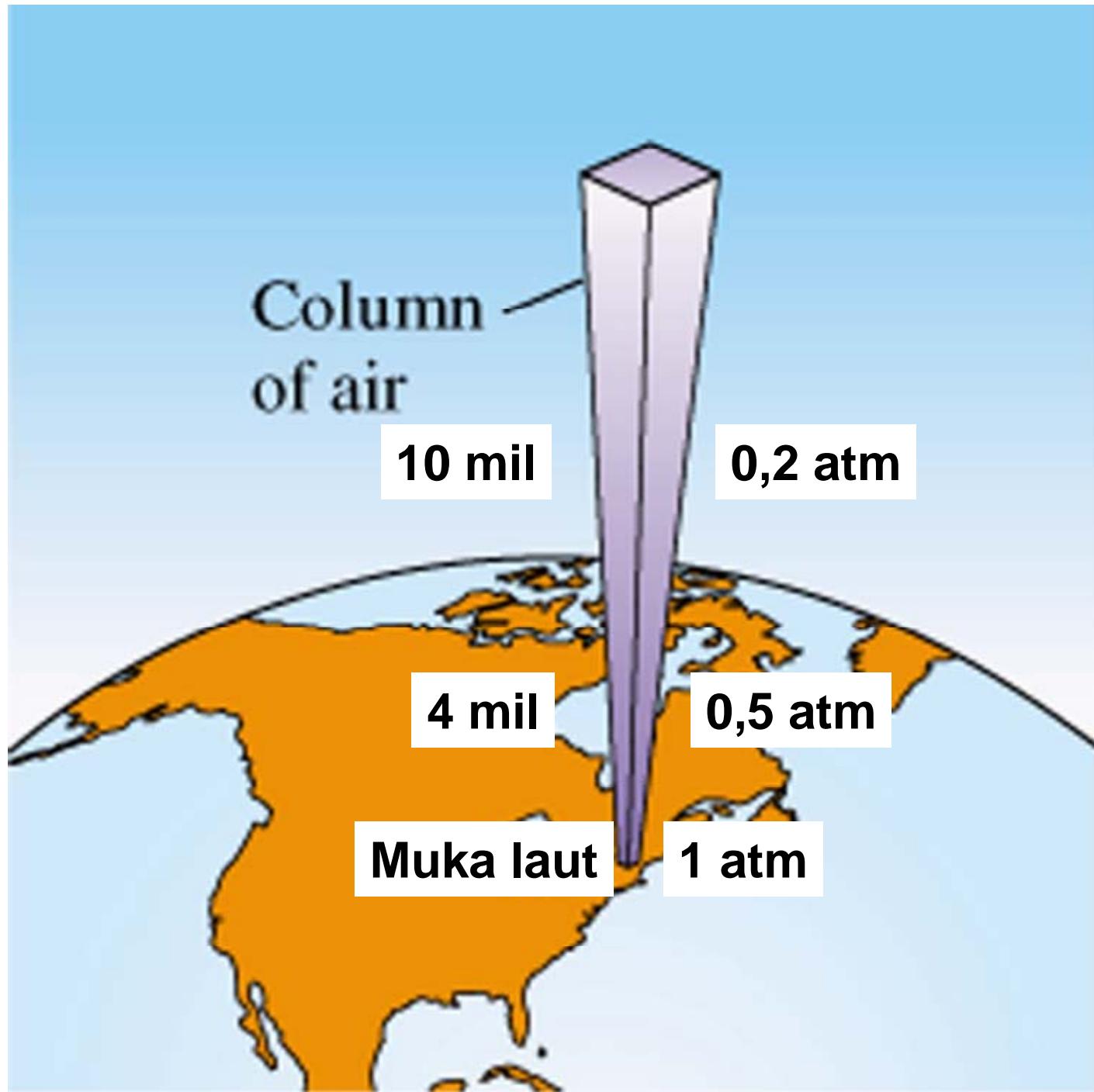
1 pascal (Pa) = 1 N/m<sup>2</sup>

1 atm = 760 mmHg = 760 torr

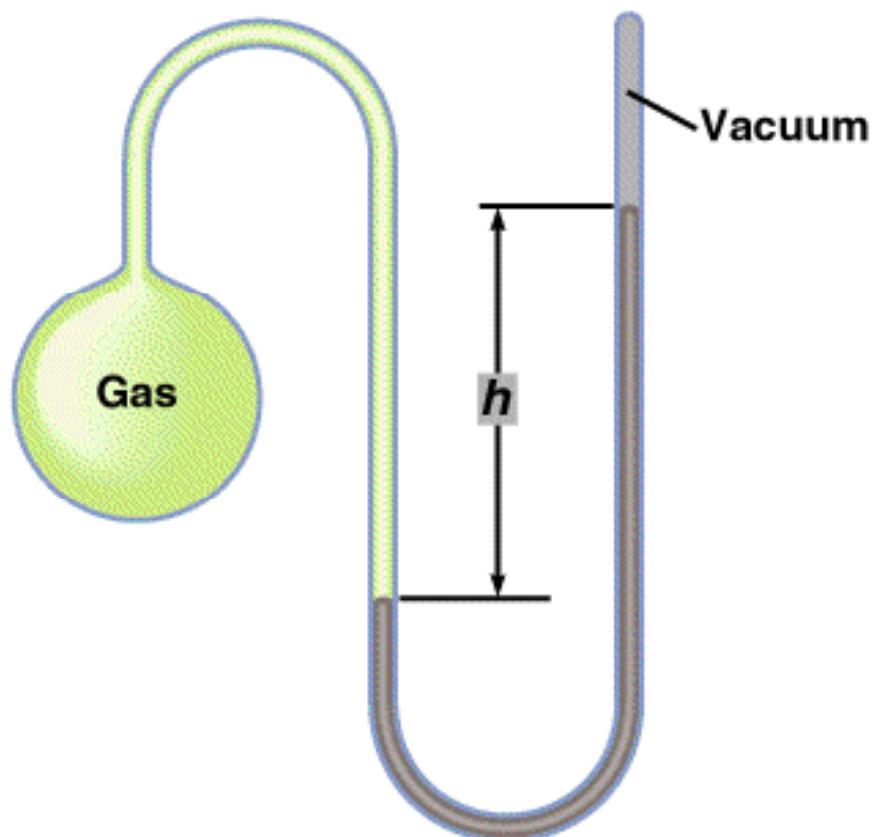
1 atm = 101.325 Pa



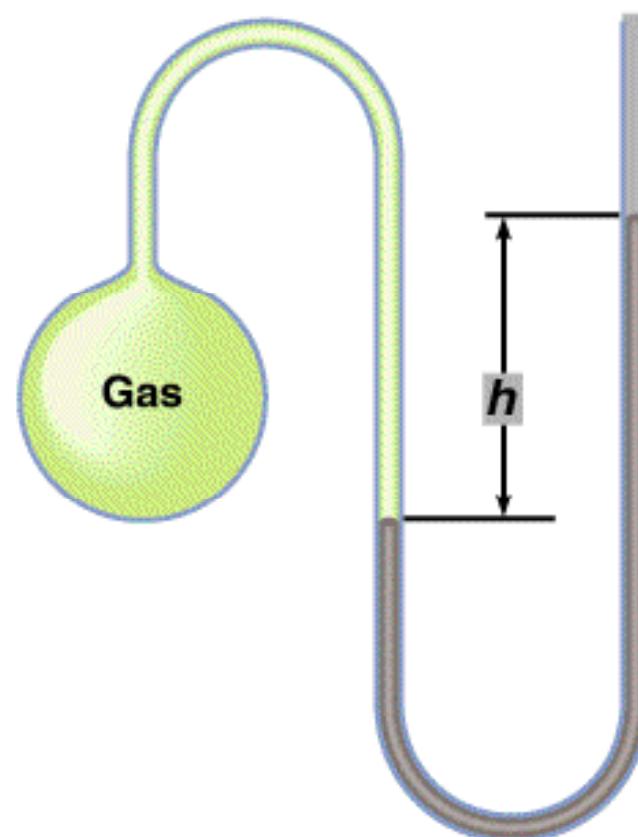
Barometer



## Manometers Used to Measure Gas Pressures



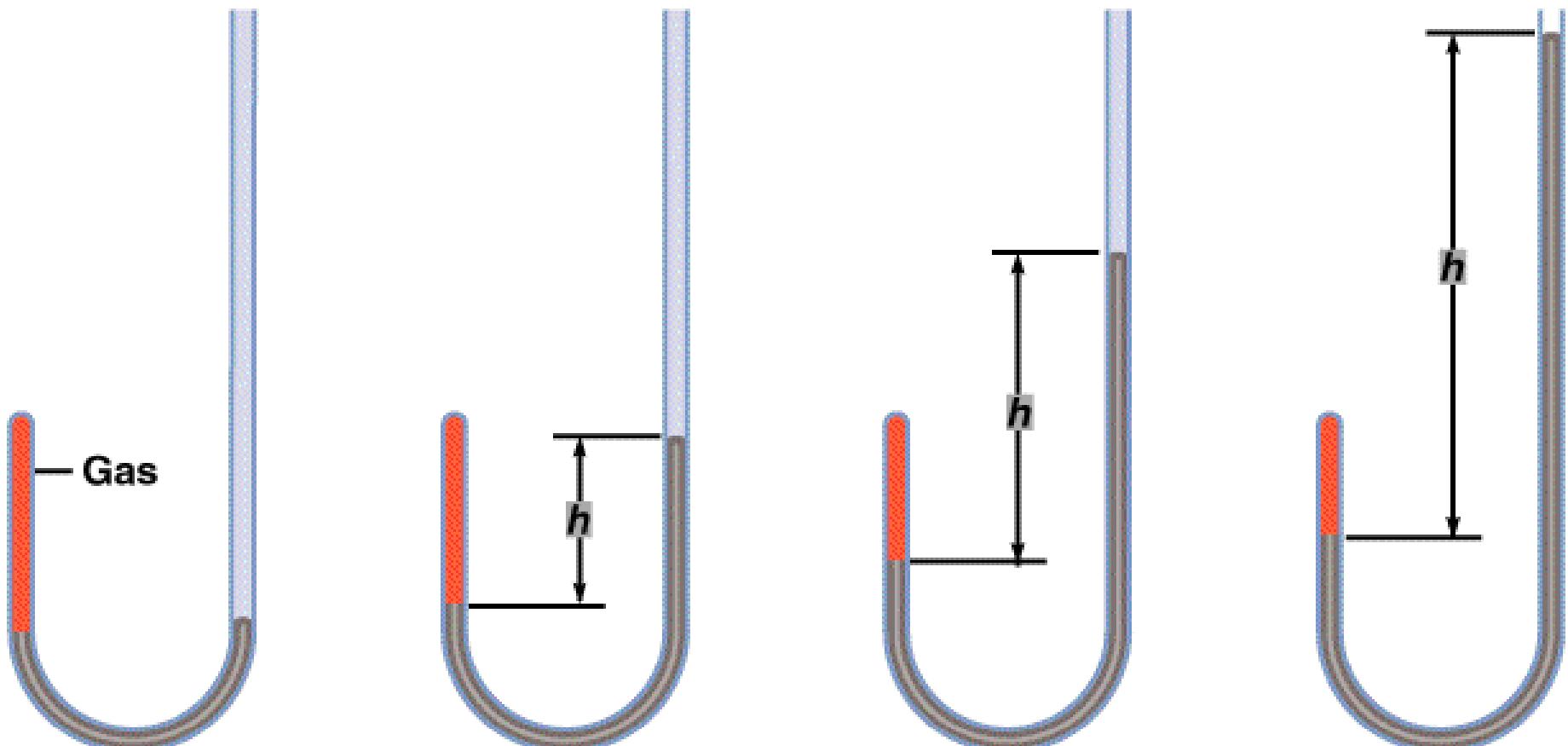
$$P_{\text{gas}} = P_h$$



$$P_{\text{gas}} = P_h + P_{\text{atm}}$$

Gambar 5.4

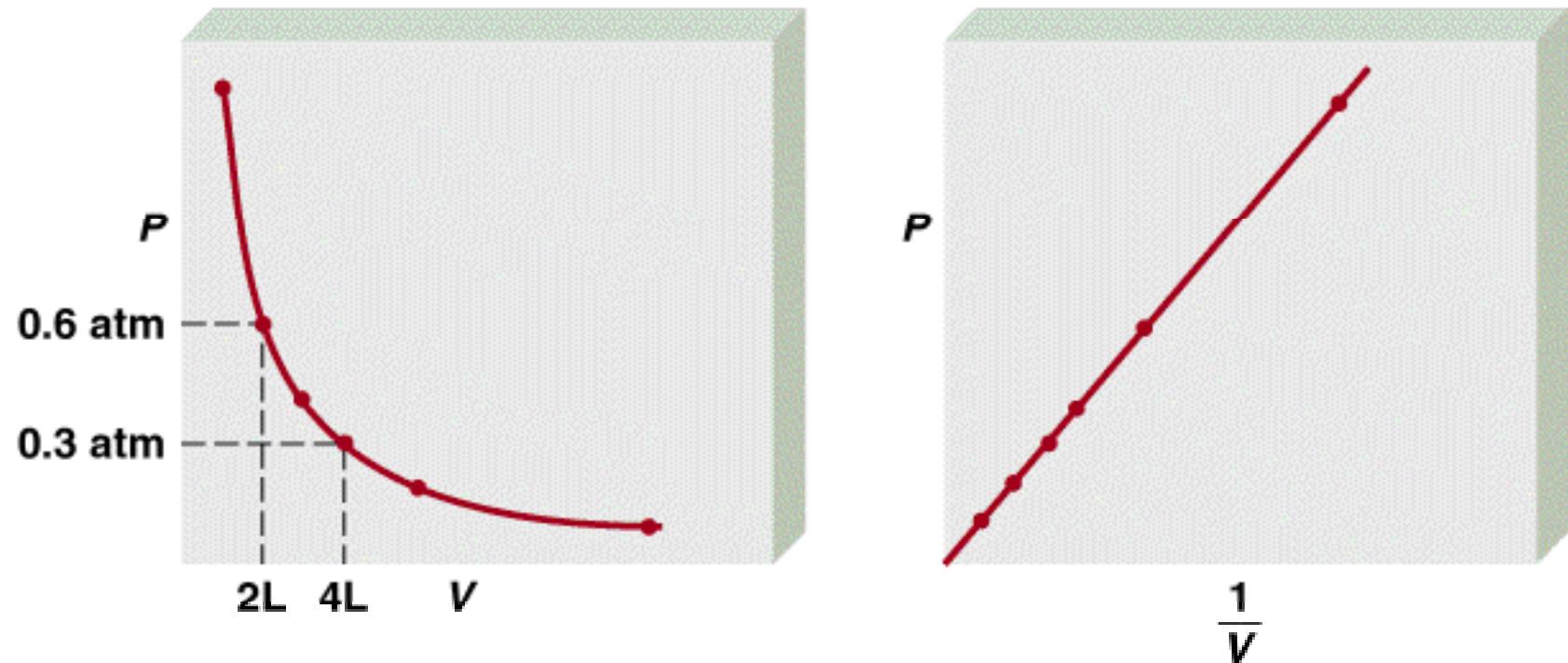
# Apparatus for Studying the Relationship between Pressure and Volume of a Gas



Ketika  $P$  ( $h$ ) meningkat

$V$  menurun

# Hukum Boyle



$$P \propto 1/V$$

$$P \times V = \text{konstan}$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$



Suhu konstan  
Jumlah gas konstan



Suatu sampel gas klorin memiliki volume 946 mL pada tekanan 726 mmHg. Berapa tekanan gas (dlm mmHg) Jika volume berkurang pada suhu konstan menjadi 154 mL?

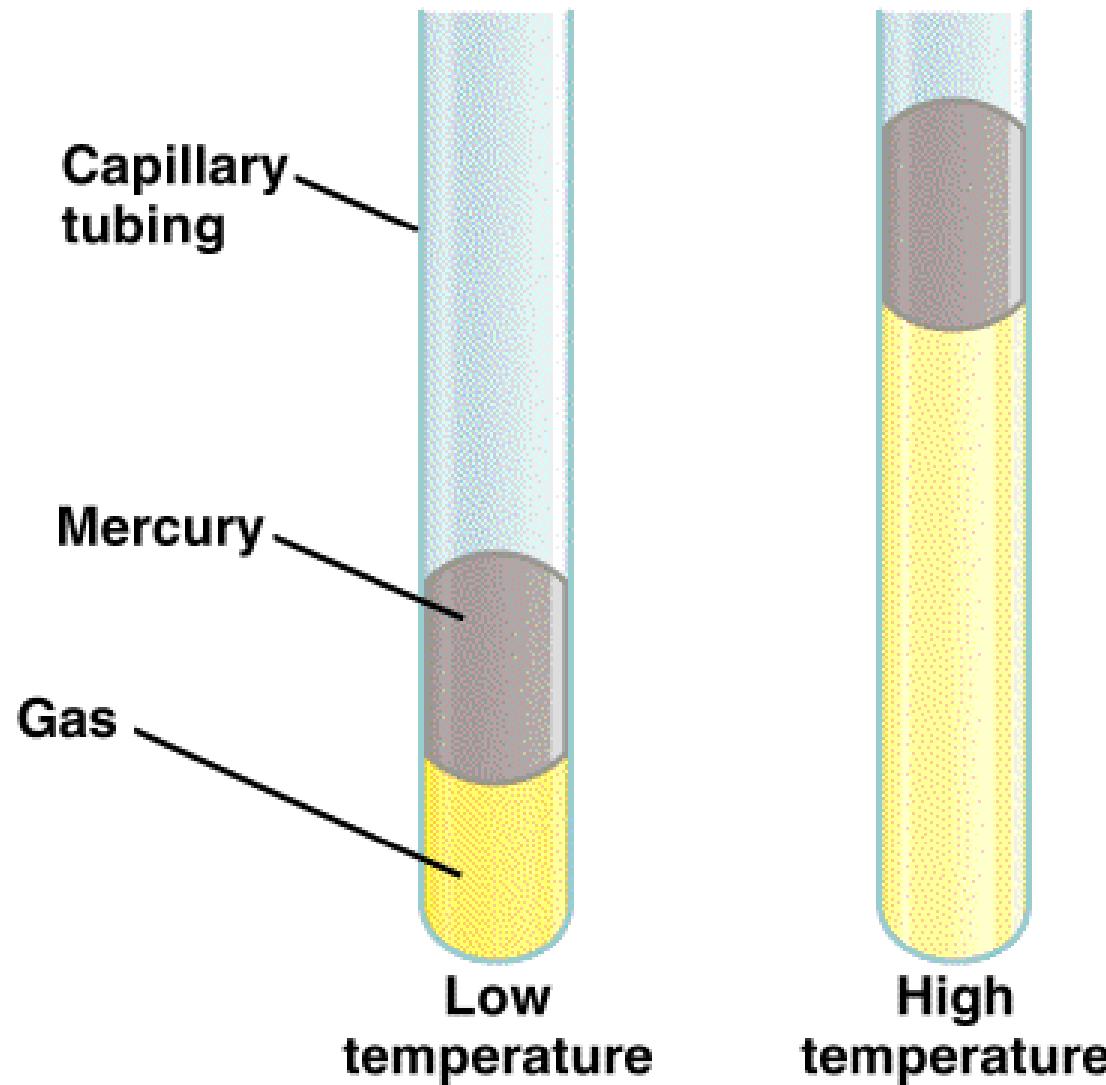
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_1 = 726 \text{ mmHg} \quad P_2 = ?$$

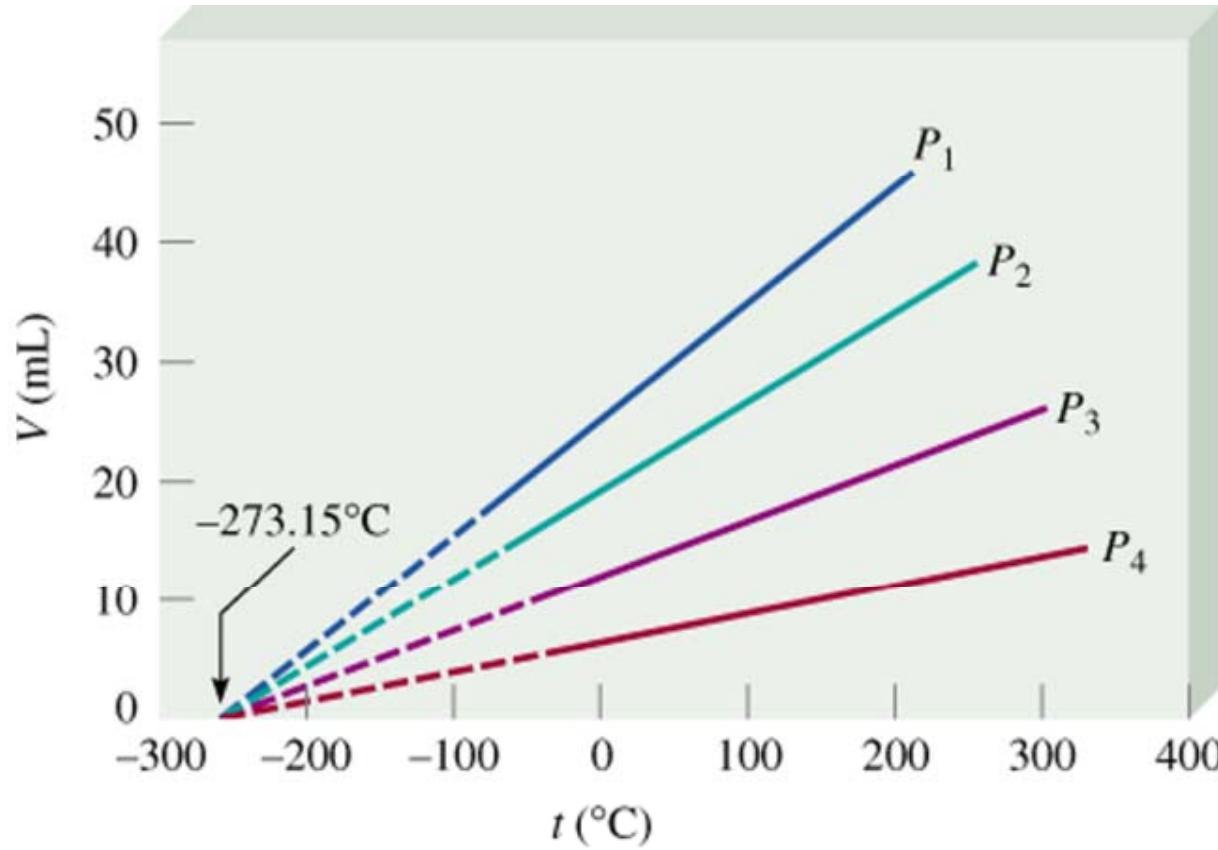
$$V_1 = 946 \text{ mL} \quad V_2 = 154 \text{ mL}$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \frac{726 \text{ mmHg} \times 946 \text{ mL}}{154 \text{ mL}} = 4460 \text{ mmHg}$$

# Gas Expanding and Contracting



Variasi volume sample gas terhadap perubahan suhu,  
pada tekanan konstan.



Hukum  
Charles &  
Gay-Lussac

$$V \propto T$$

$$V = \text{konstan} \times T$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$



Suhu harus dalam  
skala Kelvin

$$T(K) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$



Suatu sampel gas karbon monoksida 3,20 L pada 125 °C. Pada suhu berapakah volume gas tsb. akan menjadi 1,54 L jika tekanan konstan?

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

$$V_1 = 3,20 \text{ L}$$

$$V_2 = 1,54 \text{ L}$$

$$T_1 = 398,15 \text{ K}$$

$$T_2 = ?$$

$$T_1 = 125 (\text{ }^{\circ}\text{C}) + 273,15 (\text{K}) = 398,15 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{V_2 \times T_1}{V_1} = \frac{1,54 \cancel{\text{L}} \times 398,15 \text{ K}}{3,20 \cancel{\text{L}}} = 192 \text{ K}$$

# Hukum Avogadro

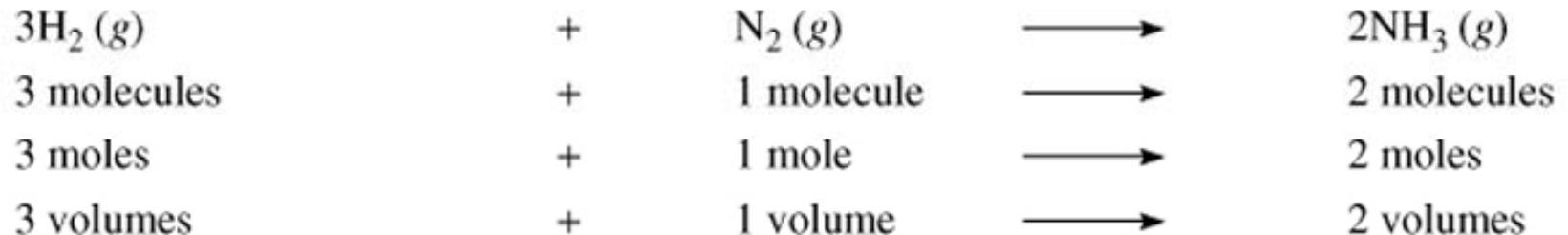
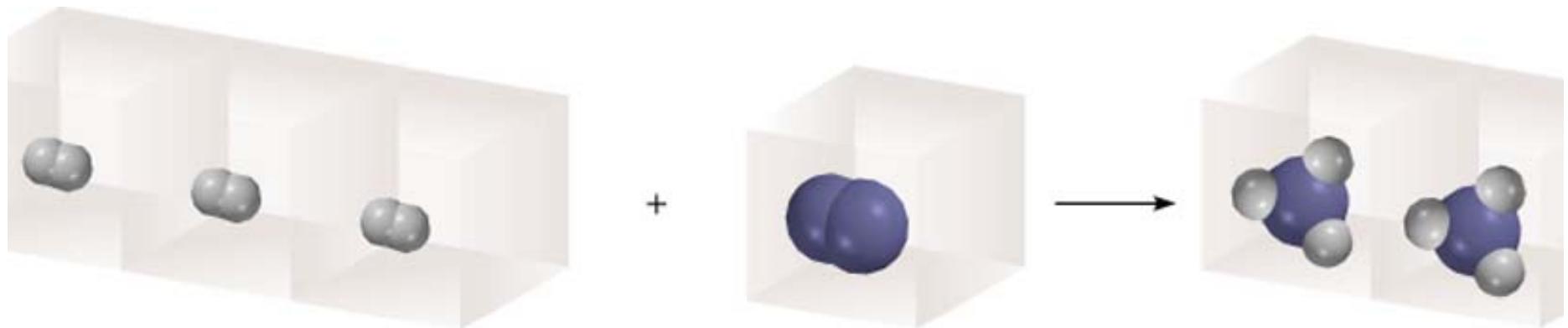
$V \propto$  jumlah mol ( $n$ )

$V = \text{konstan} \times n$

$$V_1/n_1 = V_2/n_2$$



Suhu konstan  
Tekanan konstan





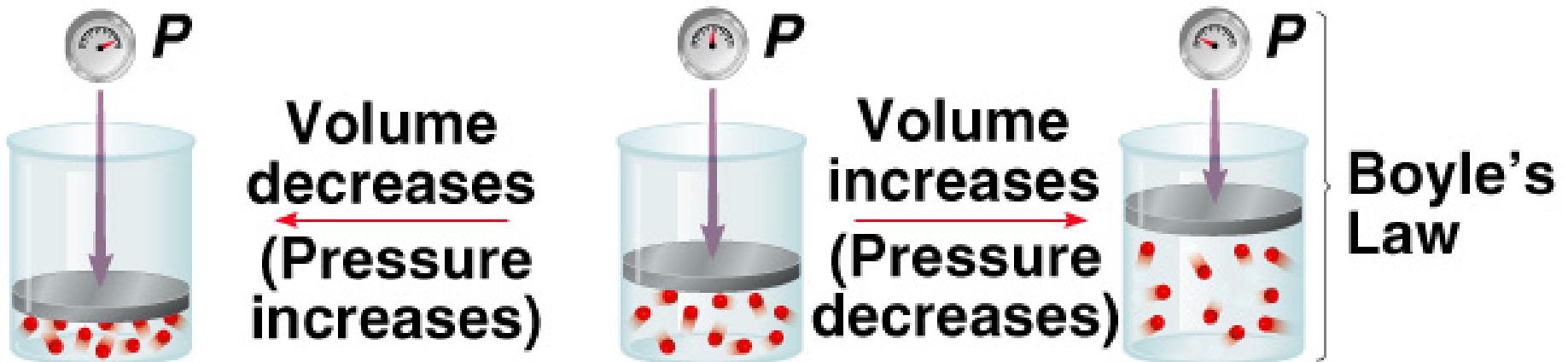
Amonium terbakar pada oksigen membentuk nitrik oksida (NO) dan uap air. Berapa banyak volume NO dihasilkan dari 1 volume ammonium pada kondisi suhu dan tekanan konstan?



Pada  $T$  dan  $P$  konstan



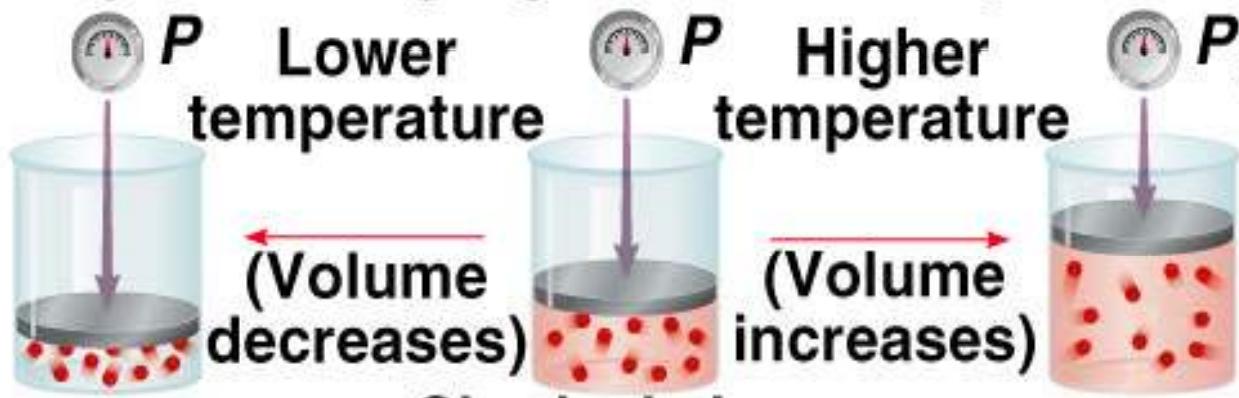
## Increasing or decreasing the volume of a gas at a constant temperature



Boyle's Law

$$P = (nRT) \frac{1}{V} \quad nRT \text{ is constant}$$

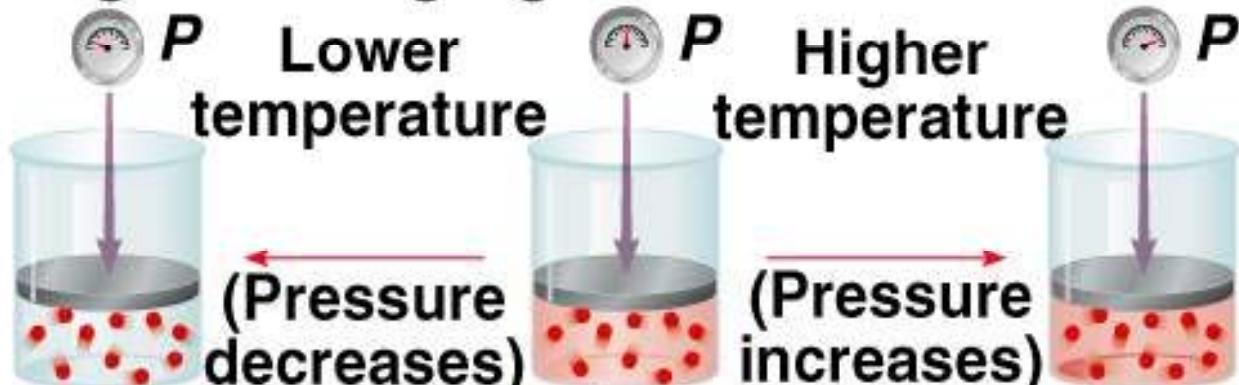
## Heating or cooling a gas at constant pressure



Charles's Law

$$V = \left(\frac{nR}{P}\right) T \quad \frac{nR}{P} \text{ is constant}$$

## Heating or cooling a gas at constant volume

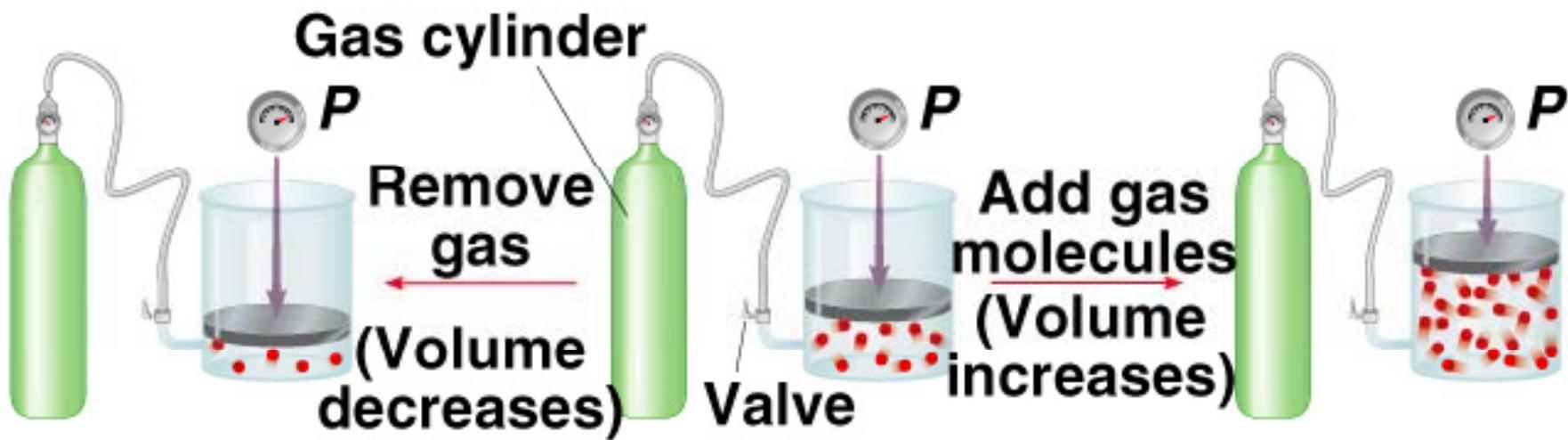


Charles's Law

$$P = \left(\frac{nR}{V}\right) T \quad \frac{nR}{V} \text{ is constant}$$

Charles's Law

## Dependence of volume on amount of gas at constant temperature and pressure



**Avogadro's Law**

$$V = \left(\frac{RT}{P}\right) n \quad \frac{RT}{P} \text{ is constant}$$

# Persamaan Gas Ideal

Hukum Boyle:  $V \propto \frac{1}{P}$  (pada  $n$  dan  $T$  konstan)

Hukum Charles:  $V \propto T$  (pada  $n$  dan  $P$  konstan)

Hukum Avogadro:  $V \propto n$  (pada  $P$  dan  $T$  konstan)

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

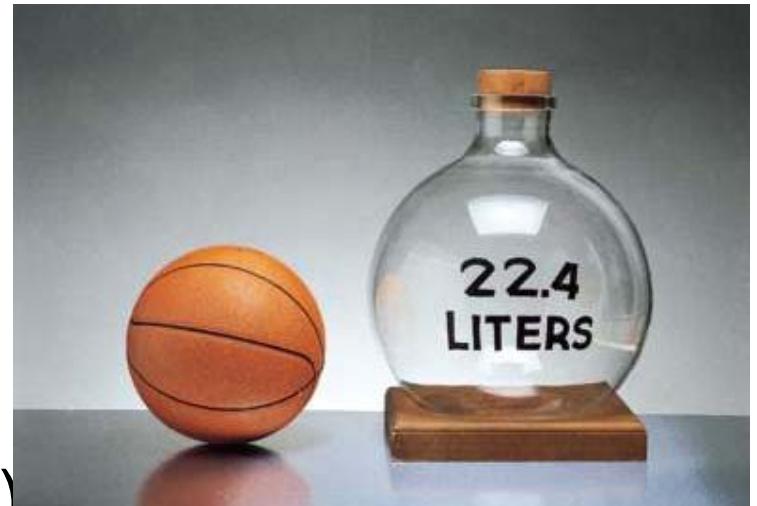
$V = \text{konstan} \times \frac{nT}{P} = R \frac{nT}{P}$   **$R$  adalah konstanta gas**

$$PV = nRT$$



Kondisi  $0^{\circ}\text{C}$  dan 1 atm disebut **suhu dan tekanan standar (STP)**.

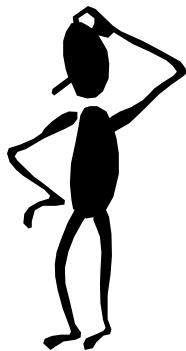
Perbandingan volume molar pada STP (yaitu sekitar 22,4 L) dengan bola basket.



$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(1 \text{ atm})(22,414 \text{ L})}{(1 \text{ mol})(273,15 \text{ K})}$$

$$R = 0,082057 \text{ L} \cdot \text{atm} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$



Berapakah volume (dlm liter) dari 49,8 g HCl pd STP?

$$T = 0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

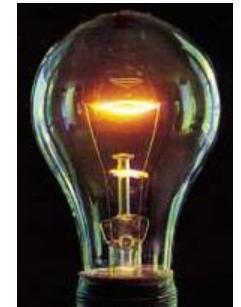
$$n = 49,8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36,45 \text{ g HCl}} = 1,37 \text{ mol}$$

$$V = \frac{1,37 \cancel{\text{mol}} \times 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\cancel{\text{mol}} \cdot \text{K}} \times 273,15 \cancel{\text{K}}}{1 \cancel{\text{atm}}}$$

$$V = 30,6 \text{ L}$$



Argon merupakan gas inert yang digunakan pada bola lampu untuk menghindari penguapan dari filamen. Suatu bola lampu yang berisikan argon pd 1,20 atm dan 18 °C dipanaskan sampai 85 °C pada volume konstan. Berapakah tekanan akhir argon pada bola lampu tsb. (dlm atm)?



$$PV = nRT \quad n, V \text{ dan } R \text{ konstan}$$

$$\frac{nR}{V} = \frac{P}{T} = \text{konstan}$$

$$P_1 = 1,20 \text{ atm} \quad P_2 = ?$$

$$T_1 = 291 \text{ K} \quad T_2 = 358 \text{ K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1} = 1,20 \text{ atm} \times \frac{358 \cancel{\text{K}}}{291 \cancel{\text{K}}} = 1,48 \text{ atm}$$

## Kerapatan zat berbentuk gas (d)

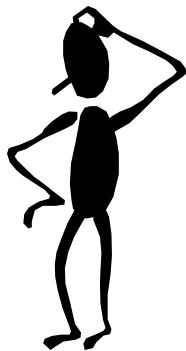
$$d = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

*m* adalah massa gas dlm g  
*M* adalah massa molar gas

## Massa Molar (*M*) suatu wujud berbentuk gas

$$M = \frac{dRT}{P}$$

*d* adalah kerapatan gas dlm g/L



Suatu ruangan bervolume 2,10 L mempunyai suatu gas dengan berat 4,65 g pd 1,00 atm dan 27,0 °C. Berapa massa molar dari gas tsb.?

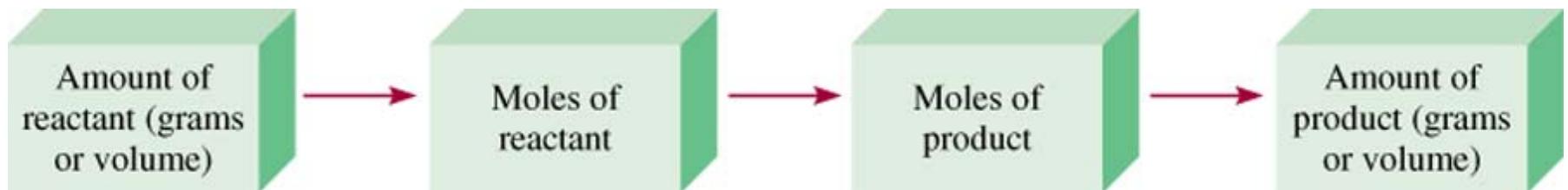
$$\mathcal{M} = \frac{dRT}{P}$$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{4,65 \text{ g}}{2,10 \text{ L}} = 2,21 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\mathcal{M} = \frac{2,21 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 300,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

$$\mathcal{M} = 54,6 \text{ g/mol}$$

# Stoikiometri Gas



Berapakah volume  $\text{CO}_2$  yg dihasilkan pd  $37^\circ\text{C}$  dan 1,00 atm jika dengan menggunakan 5,60 g glukosa dalam reaksi:

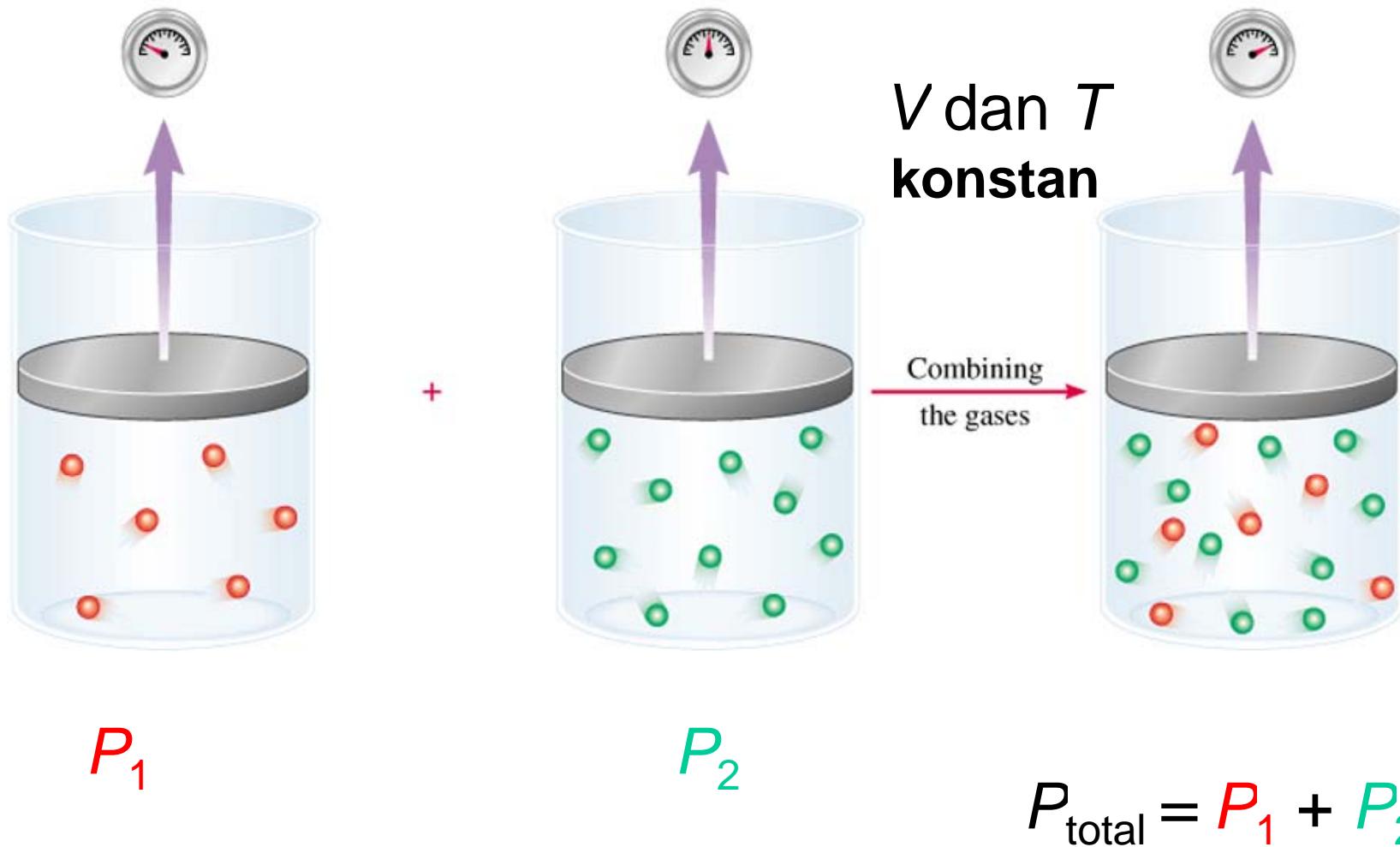


g  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  → mol  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  → mol  $\text{CO}_2$  →  $V\text{CO}_2$

$$5,60 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0,187 \text{ mol } \text{CO}_2$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,187 \text{ mol} \times 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 310,15 \text{ K}}{1,00 \text{ atm}} = 4,76 \text{ L}$$

# Hukum Dalton tentang Tekanan Parsial



Perhatikan suatu kasus ketika dua gas, A dan B, berada dalam wadah dengan volume V.

$$P_A = \frac{n_A RT}{V} \quad n_A \text{ jumlah mol gas A}$$

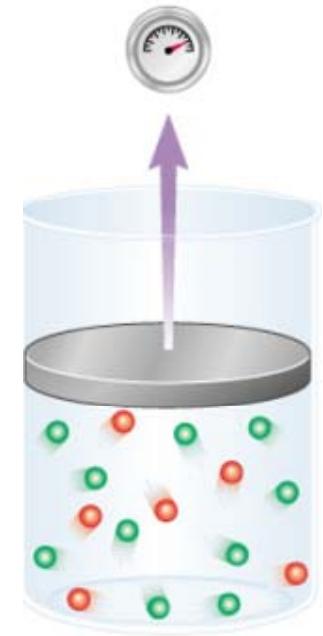
$$P_B = \frac{n_B RT}{V} \quad n_B \text{ jumlah mol gas B}$$

$$P_T = P_A + P_B \quad X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$P_A = X_A P_T \quad P_B = X_B P_T$$

$$P_i = X_i P_T$$

$$\text{fraksi mol } (X_i) = \frac{n_i}{n_T}$$



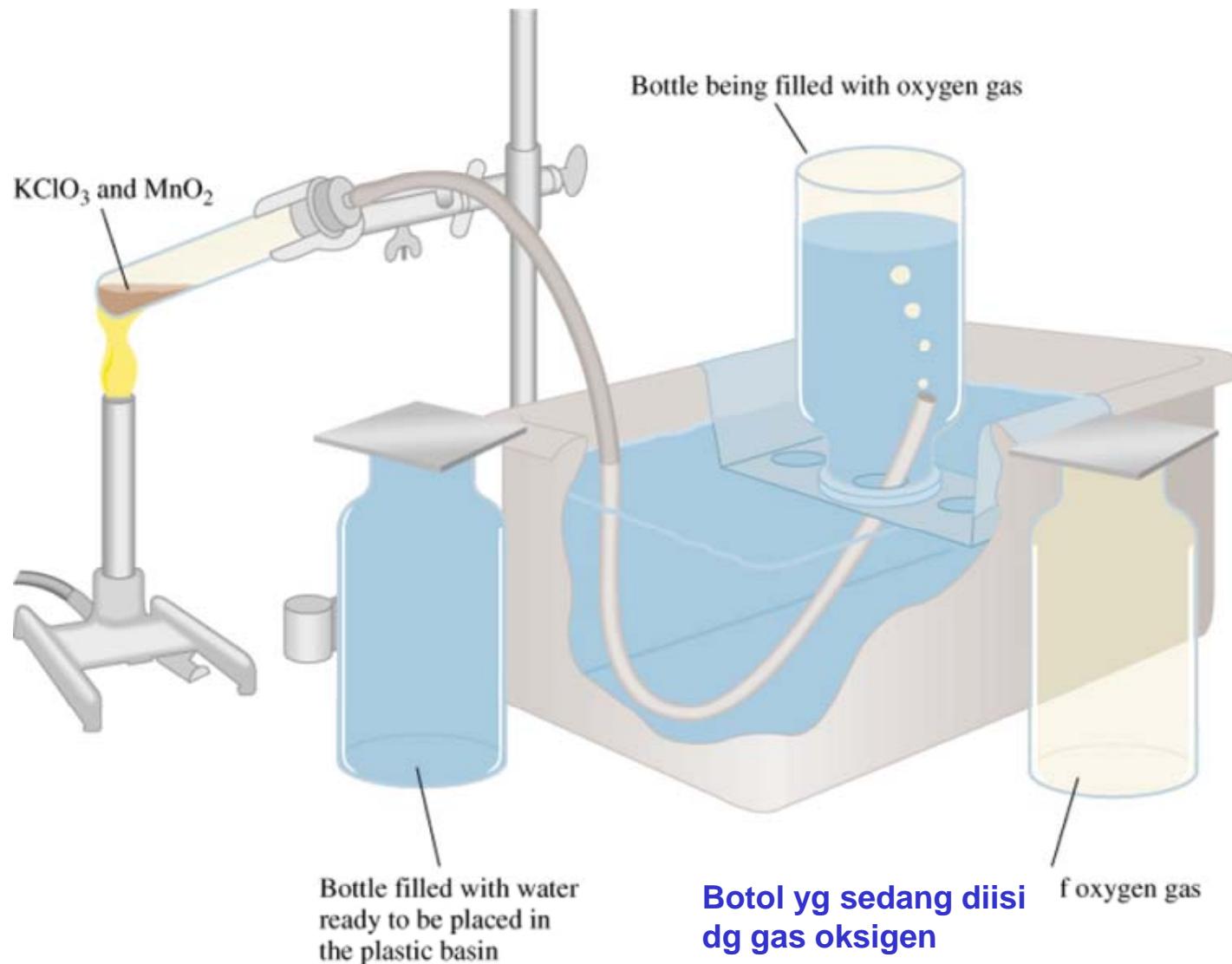


Suatu sampel gas alam memiliki 8,24 mol CH<sub>4</sub>, 0,421 mol C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, dan 0,116 mol C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Jika tekanan total gas adalah 1,37 atm, Berapakah tekanan parsial dari propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)?

$$P_i = X_i P_T \quad P_T = 1,37 \text{ atm}$$

$$X_{\text{propana}} = \frac{0,116}{8,24 + 0,421 + 0,116} = 0,0132$$

$$P_{\text{propana}} = 0,0132 \times 1,37 \text{ atm} = 0,0181 \text{ atm}$$



$$P_T = P_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

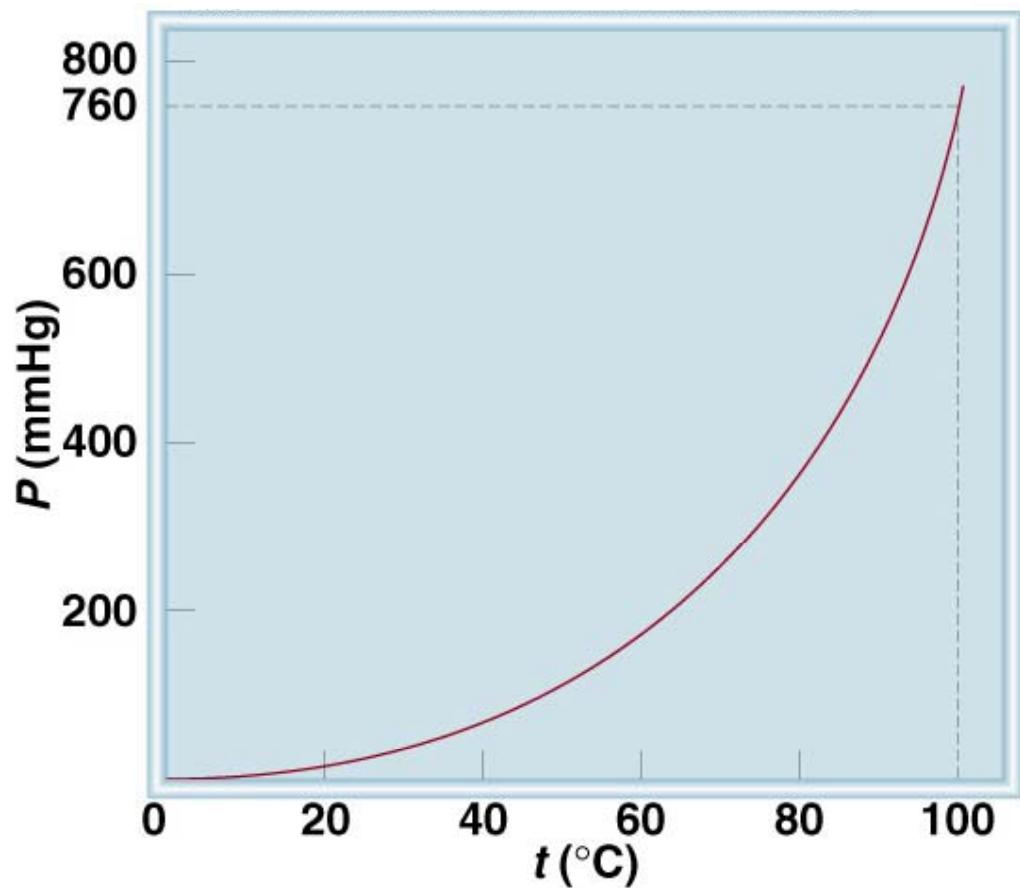


TABLE | 5.3

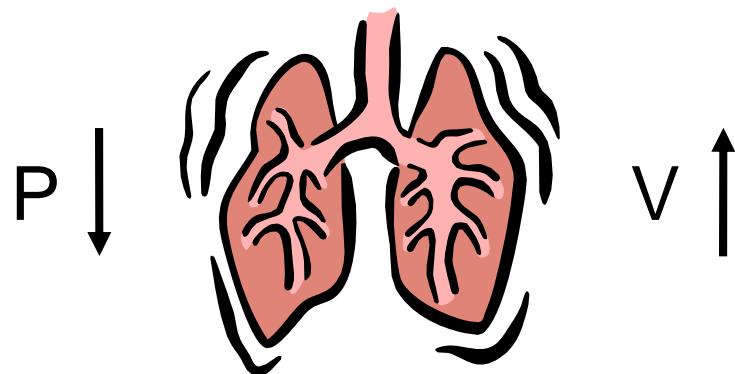
Pressure of Water Vapor  
at Various Temperatures

Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Water Vapor Pressure (mmHg)
0	4.58
5	6.54
10	9.21
15	12.79
20	17.54
25	23.76
30	31.82
35	42.18
40	55.32
45	71.88
50	92.51
55	118.04
60	149.38
65	187.54
70	233.7
75	289.1
80	355.1
85	433.6
90	525.76
95	633.90
100	760.00

# Kimia Dalam Kehidupan:

## *Scuba Diving dan Hukum Gas*

Kedlmn (ft)	Tekanan (atm)
0	1
33	2
66	3



# Teori Kinetik Molekul Gas

1. Gas terdiri dari molekul2 yg satu sama lainnya dipisahkan oleh jarak yang lebih besar dari dimensinya sendiri. Molekul2 dapat dianggap “titik2” yang memiliki massa, namun memiliki volume yg dapat diabaikan.
2. Molekul2 gas senantiasa bergerak secara tetap dengan arah yg acak. Tumbukan diantara molekul2 bersifat elastis sempurna.
3. Molekul2 gas tidak mengalami baik gaya tarik-menarik atau gaya tolak-menolak antara satu dengan yang lainnya.
4. Energi kinetik rata2 molekul sebanding dengan suhu gas dala kelvin. Dua gas apapun dalam suhu yang sama memiliki energi kinetik rata2 yang sama.

# Penerapan Hukum-hukum Gas

- Ketermampatan Gas

- Hukum Boyle

$P \propto$  tumbukan molekul2 dg dinding wadah

Laju tumbukan  $\propto$  besarnya kerapatan

Besarnya kerapatan  $\propto 1/V$

$P \propto 1/V$

- Hukum Charles

$P \propto$  tumbukan molekul2 dg dinding wadah

Laju tumbukan  $\propto$  energi kinetik rata2 dari molekul gas

Energi kinetik rata2  $\propto T$

$P \propto T$

# Penerapan Hukum-hukum Gas

- **Hukum Avogadro**

$P \propto$  tumbukan molekul2 dg dinding wadah

Laju tumbukan  $\propto$  besarnya kerapatan

Besarnya kerapatan  $\propto n$

$$P \propto n$$

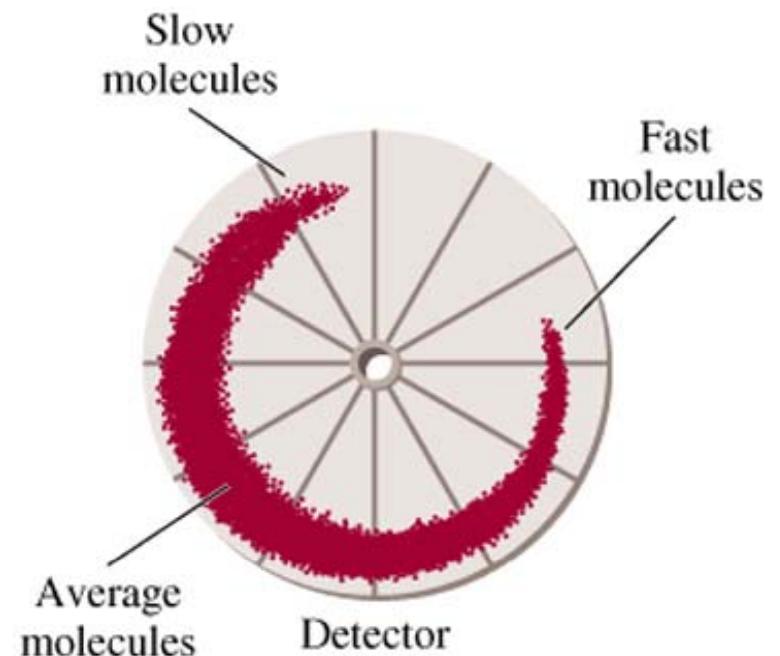
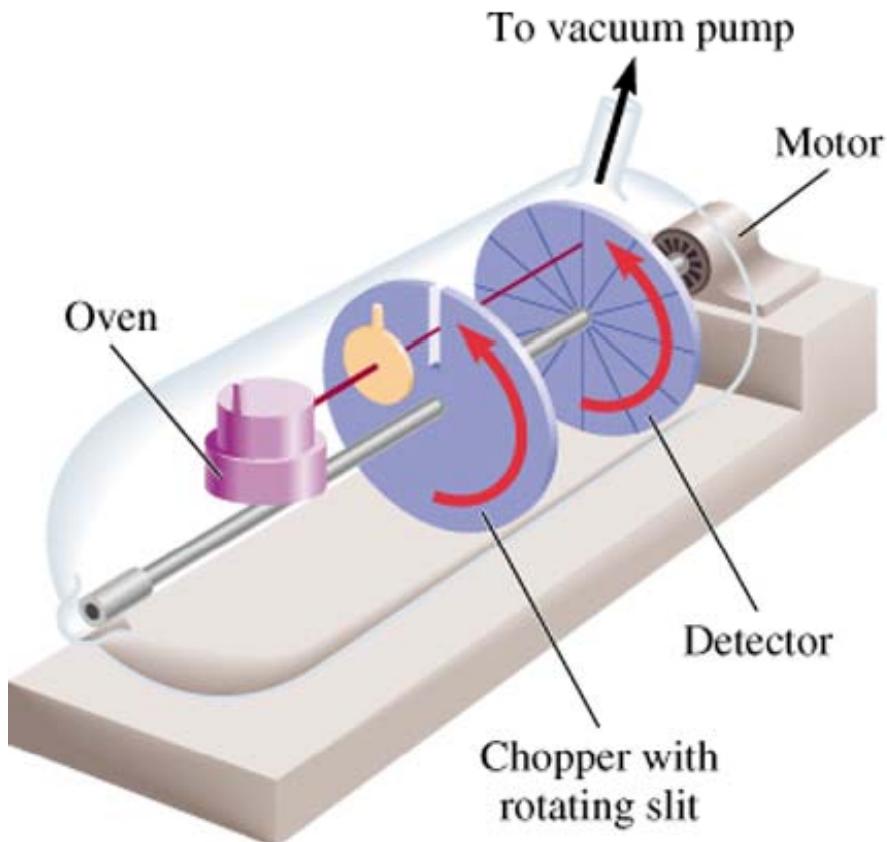
- **Hukum Dalton tentang Tekanan Parsial**

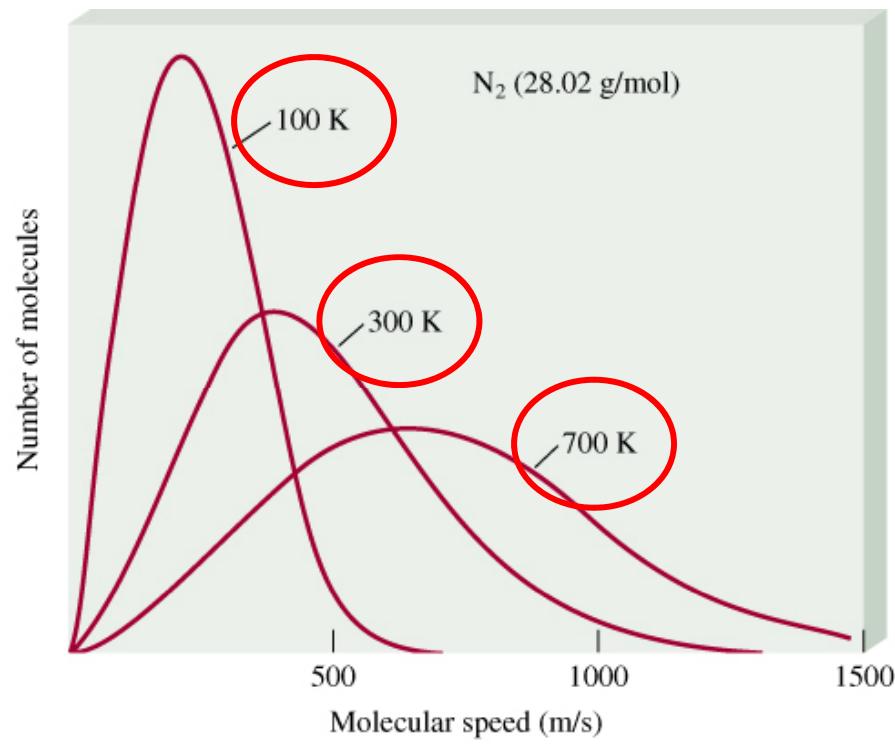
Molekul tidak saling tarik-menarik atau tolak-menolak

$P$  yang ditimbulkan oleh satu jenis molekul tidak dipengaruhi oleh kehadiran gas lain

$$P_{\text{total}} = \sum P_i$$

# Peralatan utk mempelajari distribusi kecepatan molekul

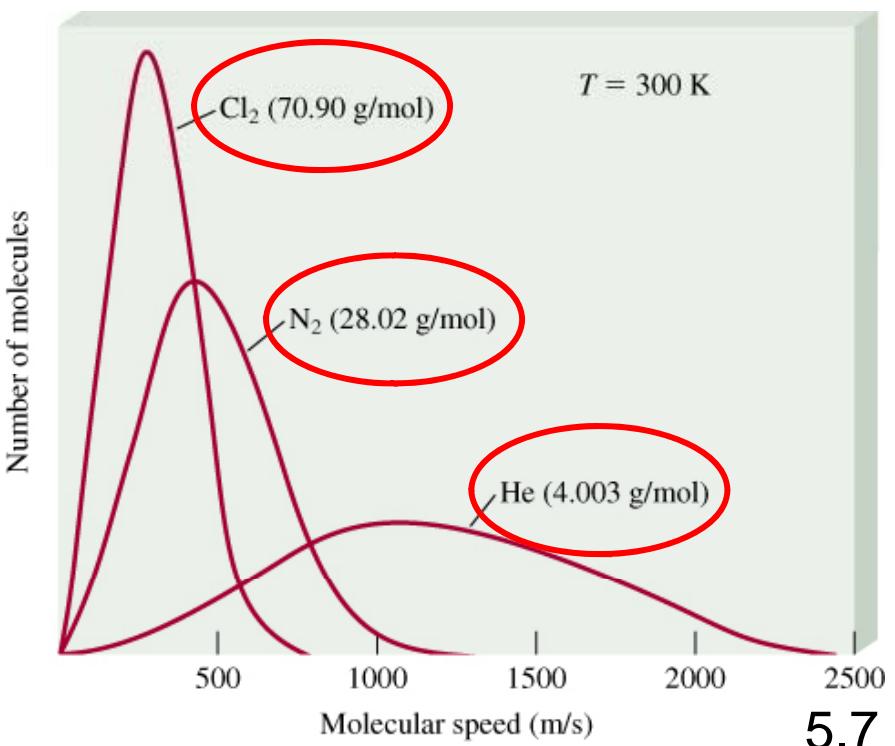




Distribusi kecepatan gas  
Nitrogen pada tiga suhu  
yang berbeda

$$u_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Distribusi kecepatan  
untuk 3 macam gas  
pada suhu kamar 300 K

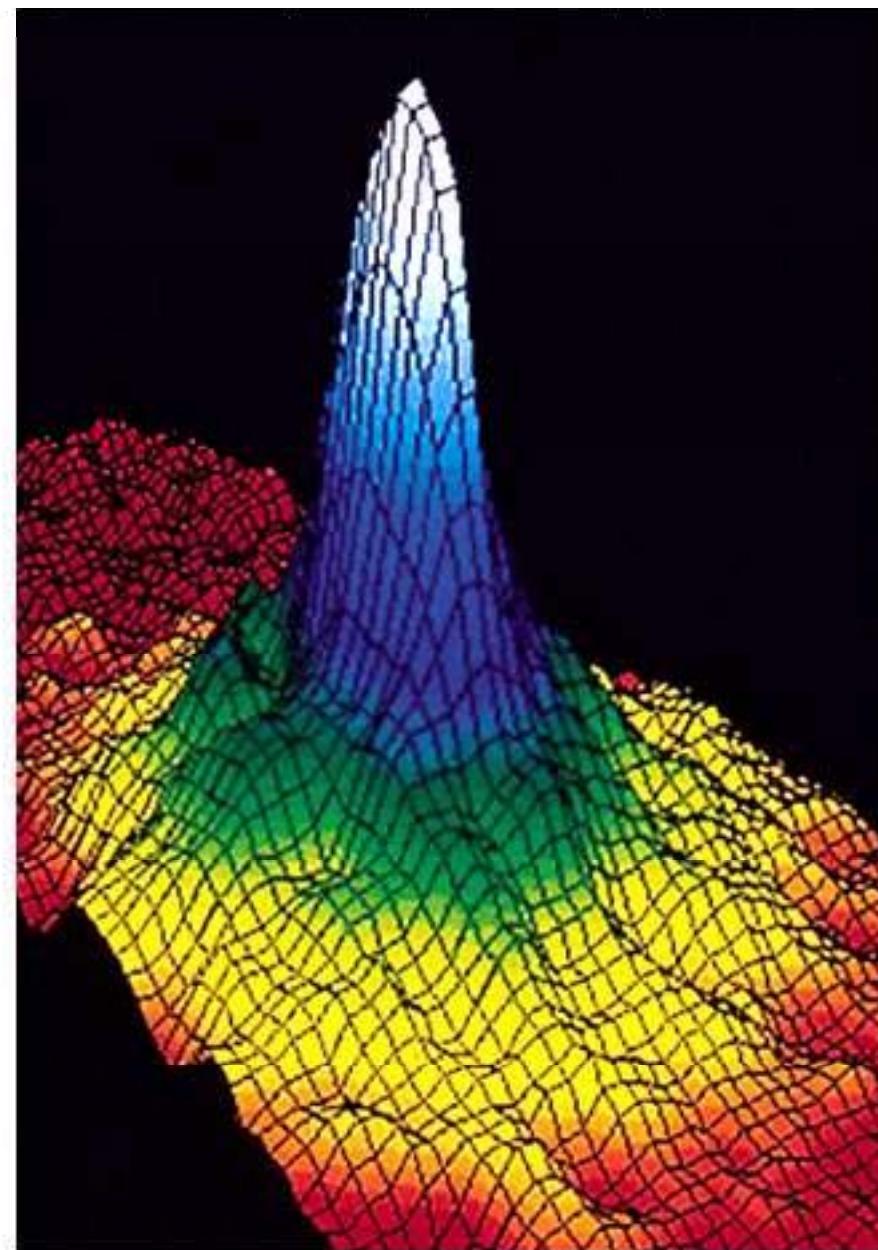


# Kimia dalam Kehidupan: Atom Super Dingin

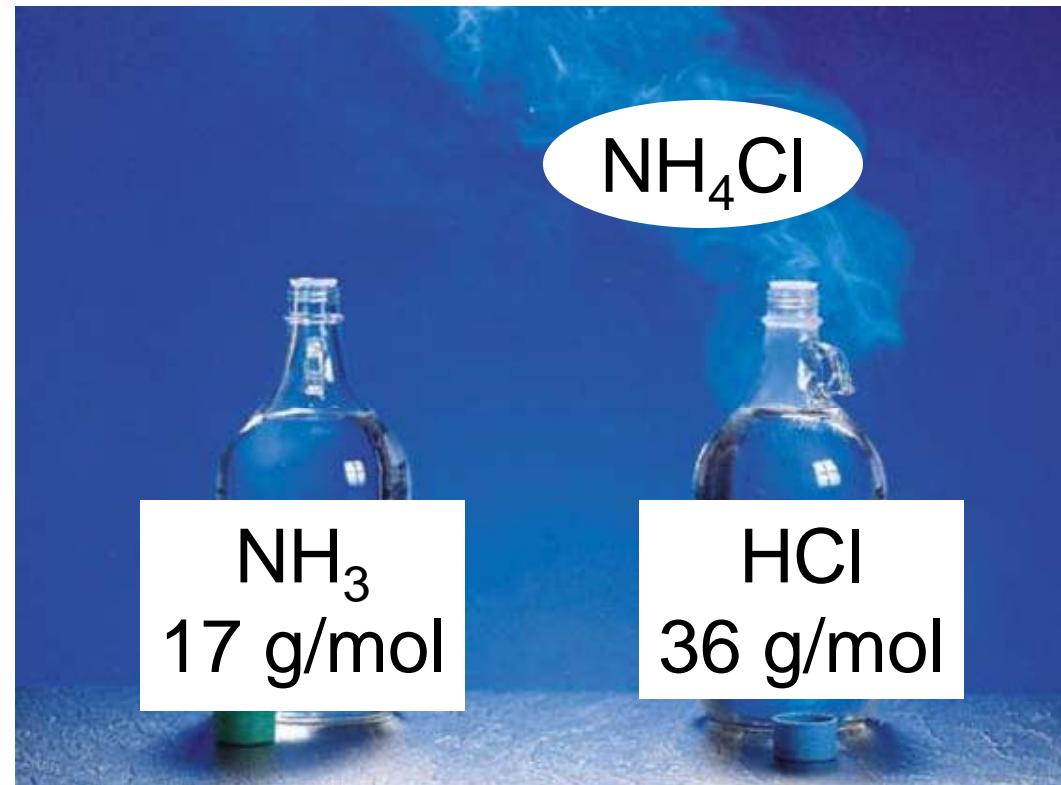
**Maxwell  
Velocity  
Distribution**

Atom2 Gas Rb  
 $1,7 \times 10^{-7}$  K

Kondensor Bose-Einstein



**Difusi gas** yakni campuran antara molekul satu gas dengan molekul gas lainnya yang terjadi secara sedikit demi sedikit berdasarkan sifat kinetiknya.

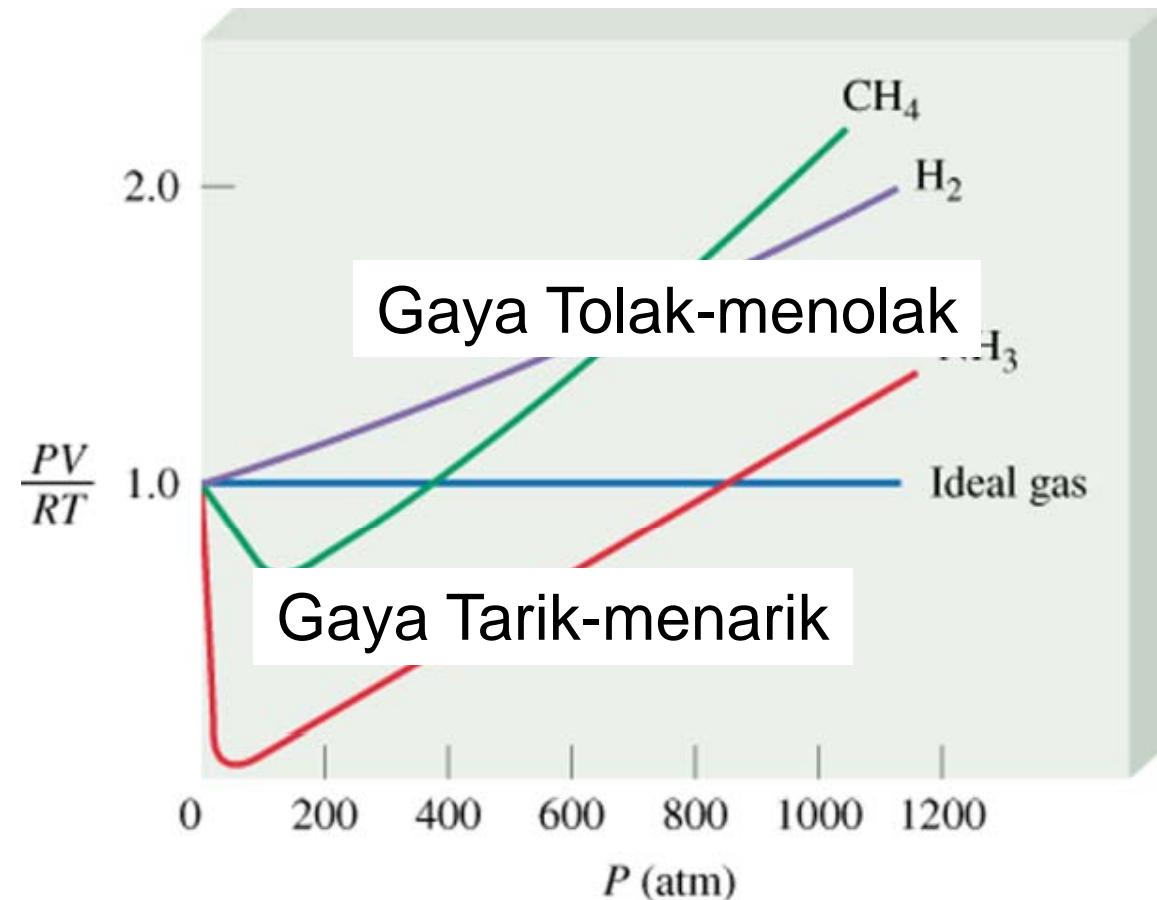


# Penyimpangan Perilaku Ideal

1 mol gas ideal

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = 1,0$$



Efek gaya tarik-menarik antar molekul terhadap tekanan yang ditimbulkan oleh gas.

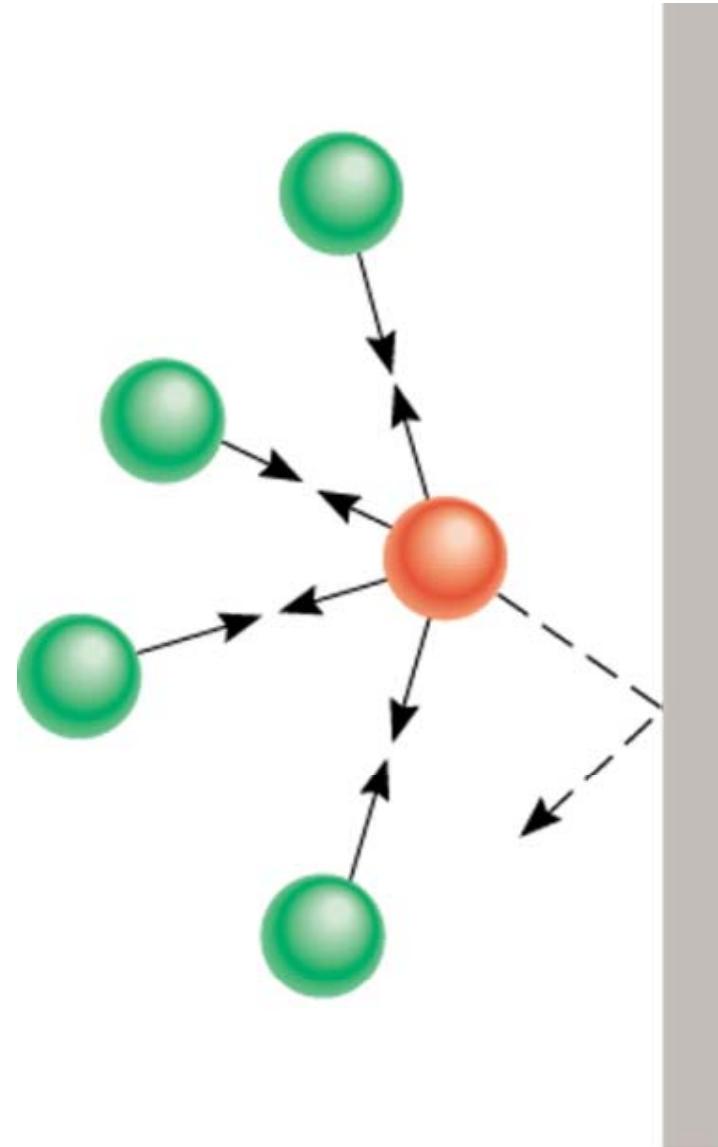


TABLE 5.4

**Van der Waals Constants  
of Some Common Gases**

## **Persamaan Van der Waals**

### Untuk gas nonideal

$$\left( P + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

tekanan      volume  
 terkoreksi    terkoreksi

Gas	<i>a</i> $\left( \frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2} \right)$	<i>b</i> $\left( \frac{\text{L}}{\text{mol}} \right)$
He	0.034	0.0237
Ne	0.211	0.0171
Ar	1.34	0.0322
Kr	2.32	0.0398
Xe	4.19	0.0266
H <sub>2</sub>	0.244	0.0266
N <sub>2</sub>	1.39	0.0391
O <sub>2</sub>	1.36	0.0318
Cl <sub>2</sub>	6.49	0.0562
CO <sub>2</sub>	3.59	0.0427
CH <sub>4</sub>	2.25	0.0428
CCl <sub>4</sub>	20.4	0.138
NH <sub>3</sub>	4.17	0.0371
H <sub>2</sub> O	5.46	0.0305