



Gas

Bab 5

An air bag can protect the driver in an automobile collision.



Unsur yang ada sebagai gas pada 25°C dan 1 atmosfer

1A																	8A		
H																	He		
2A														3A	4A	5A	6A	7A	
Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B		1B	2B		Al	Si	P	S	Cl	Ar		
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	Ds	Rg									

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

H₂ (molecular hydrogen)
N₂ (molecular nitrogen)
O₂ (molecular oxygen)
O₃ (ozone)
F₂ (molecular fluorine)
Cl₂ (molecular chlorine)
He (helium)
Ne (neon)
Ar (argon)
Kr (krypton)
Xe (xenon)
Rn (radon)

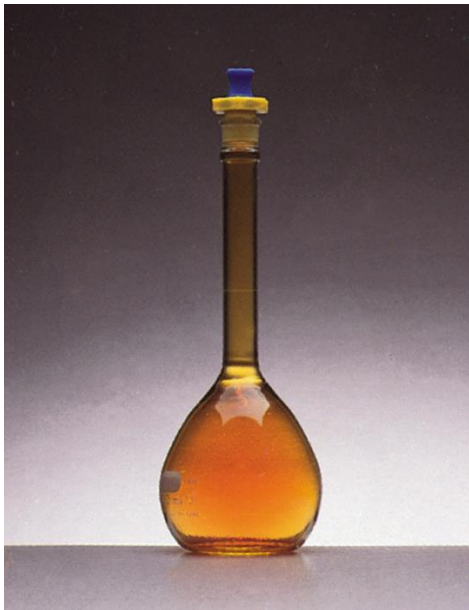
Compounds

HF (hydrogen fluoride)
HCl (hydrogen chloride)
HBr (hydrogen bromide)
HI (hydrogen iodide)
CO (carbon monoxide)
CO₂ (carbon dioxide)
NH₃ (ammonia)
NO (nitric oxide)
NO₂ (nitrogen dioxide)
N₂O (nitrous oxide)
SO₂ (sulfur dioxide)
H₂S (hydrogen sulfide)
HCN (hydrogen cyanide)*

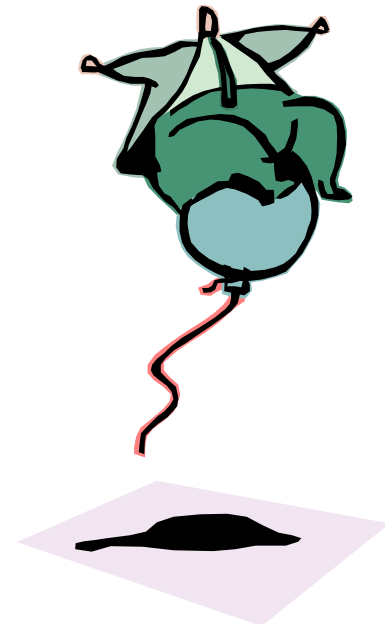
*The boiling point of HCN is 26°C, but it is close enough to qualify as a gas at ordinary atmospheric conditions.

Ciri Fisik Gas

- Gas memiliki volume dan bentuk sesuai dengan wadahnya.
- Gas adalah wujud materi yang paling mudah dimampatkan.
- Gas akan tercampur secara merata dan sempurna jika dimasukkan ke dalam wadah yang sama.
- Gas memiliki kerapatan/massa jenis yang jauh lebih rendah dibandingkan cairan dan padatan.



Gas NO₂



Tekanan merupakan salah satu sifat gas yang paling cepat diukur.

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

(gaya = massa x percepatan)

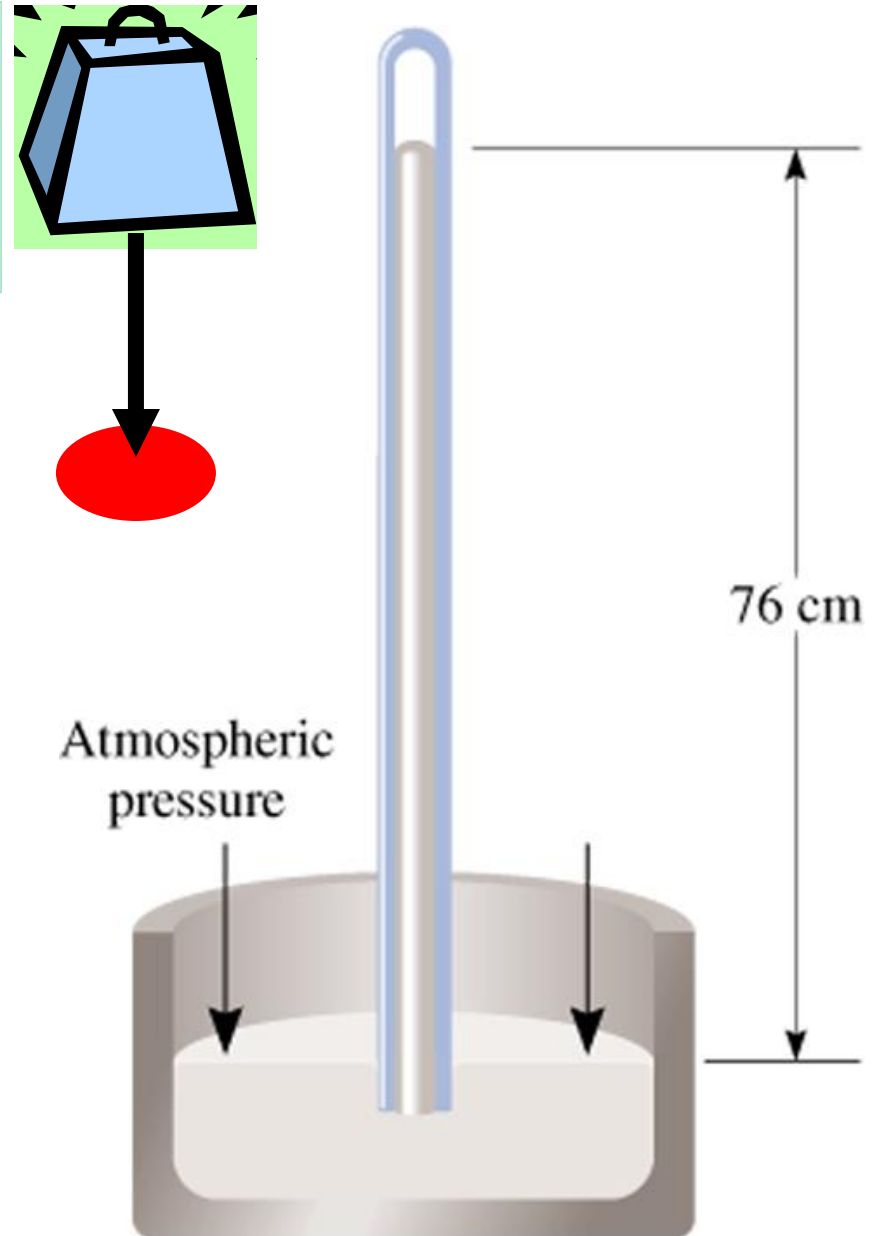
Satuan Tekanan

$$1 \text{ pascal (Pa)} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$$

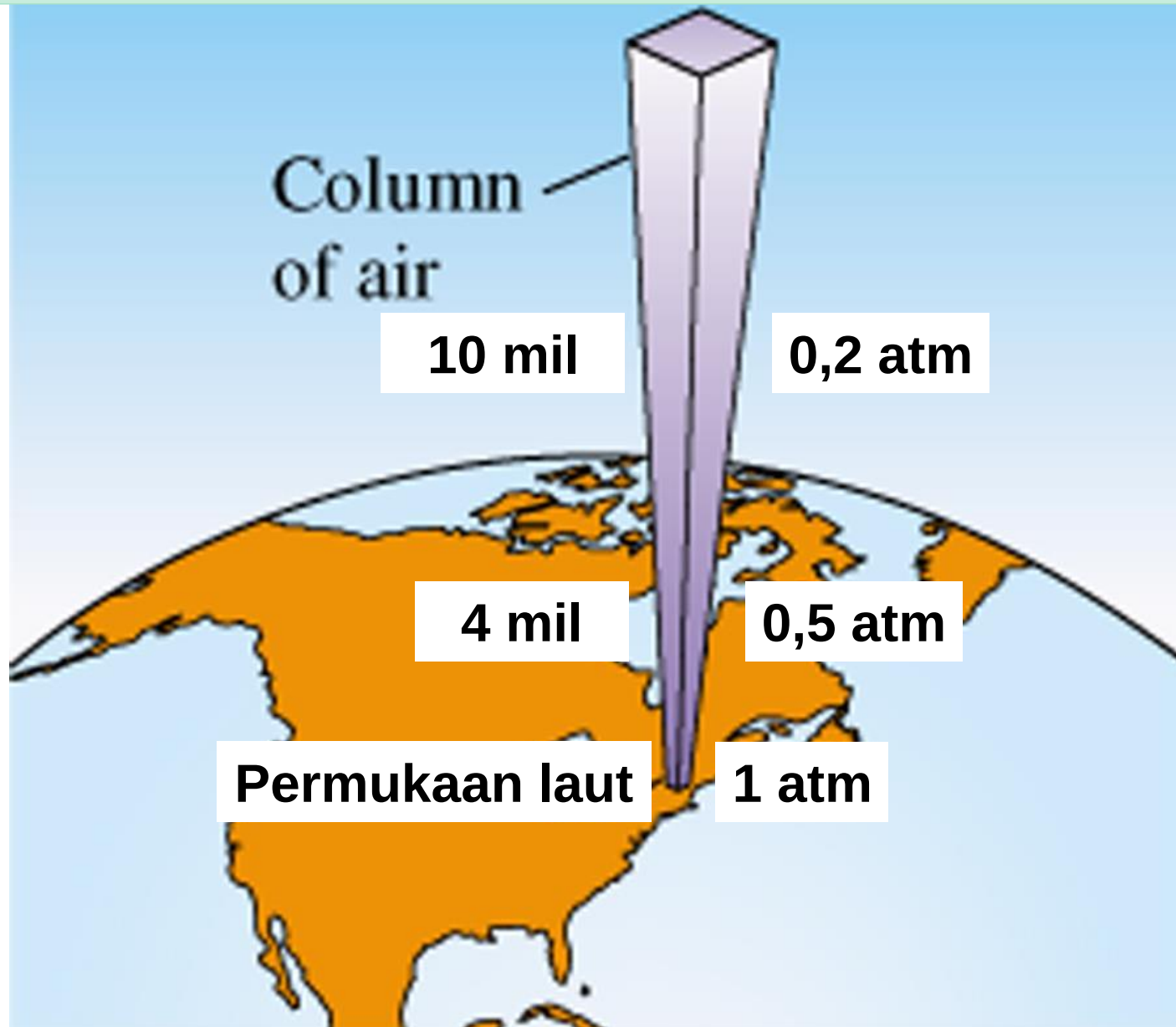
$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$$

Barometer mengukur tekanan atmosfer

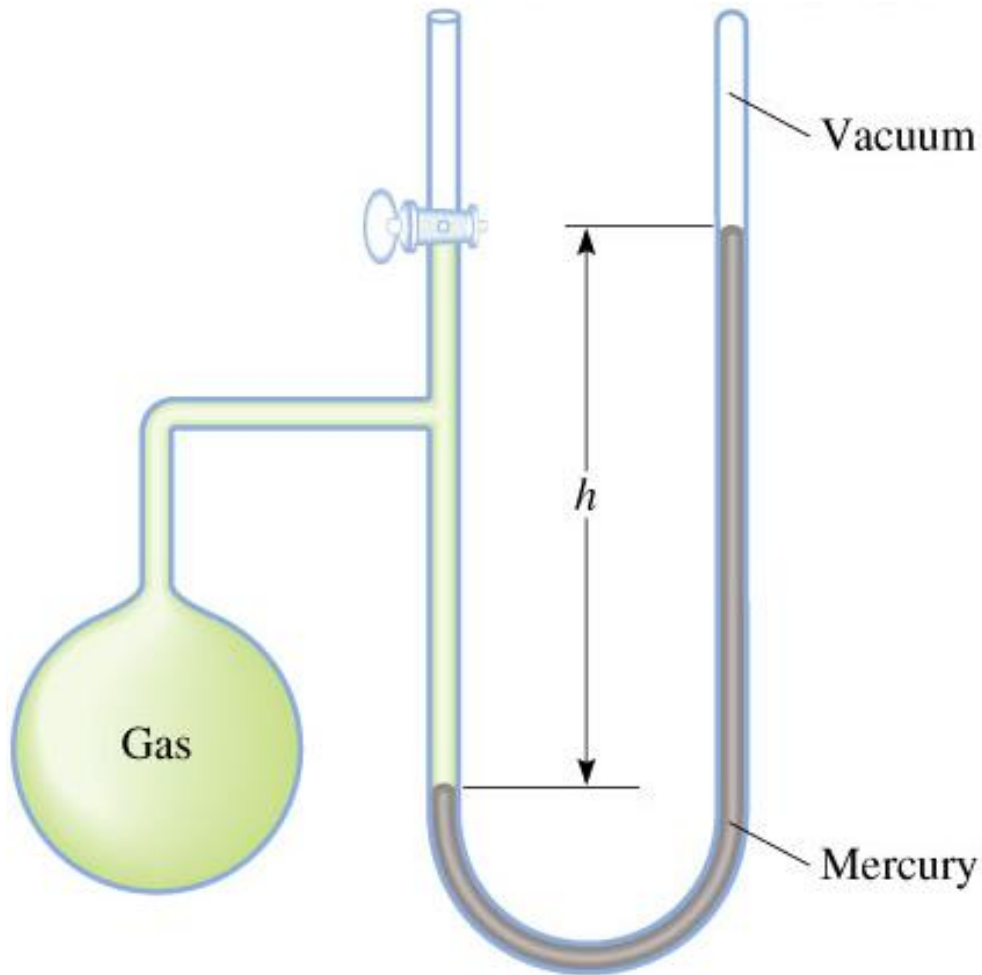


Barometer

Tekanan yang dilakukan oleh kolom udara mulai dari permukaan bumi (permukaan air laut) ke atmosfer atas adalah **tekanan atmosfer**.



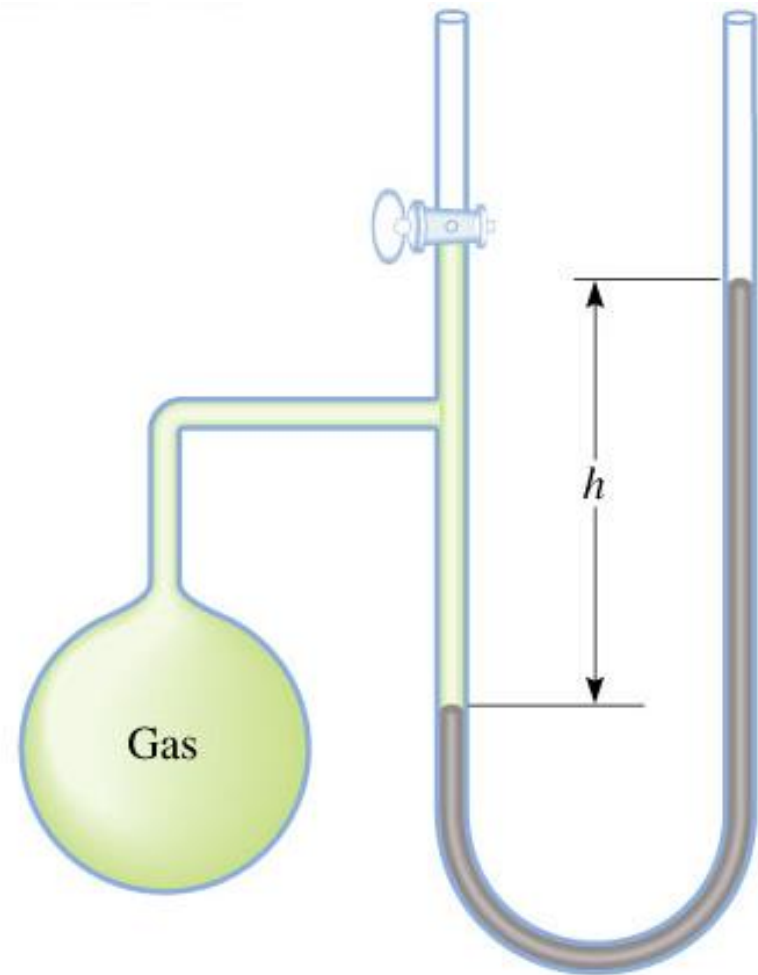
Manometer Digunakan untuk Mengukur Tekanan Gas di Laboratorium



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

Tekanan gas **lebih kecil**
dari tekanan atmosfer

(a)

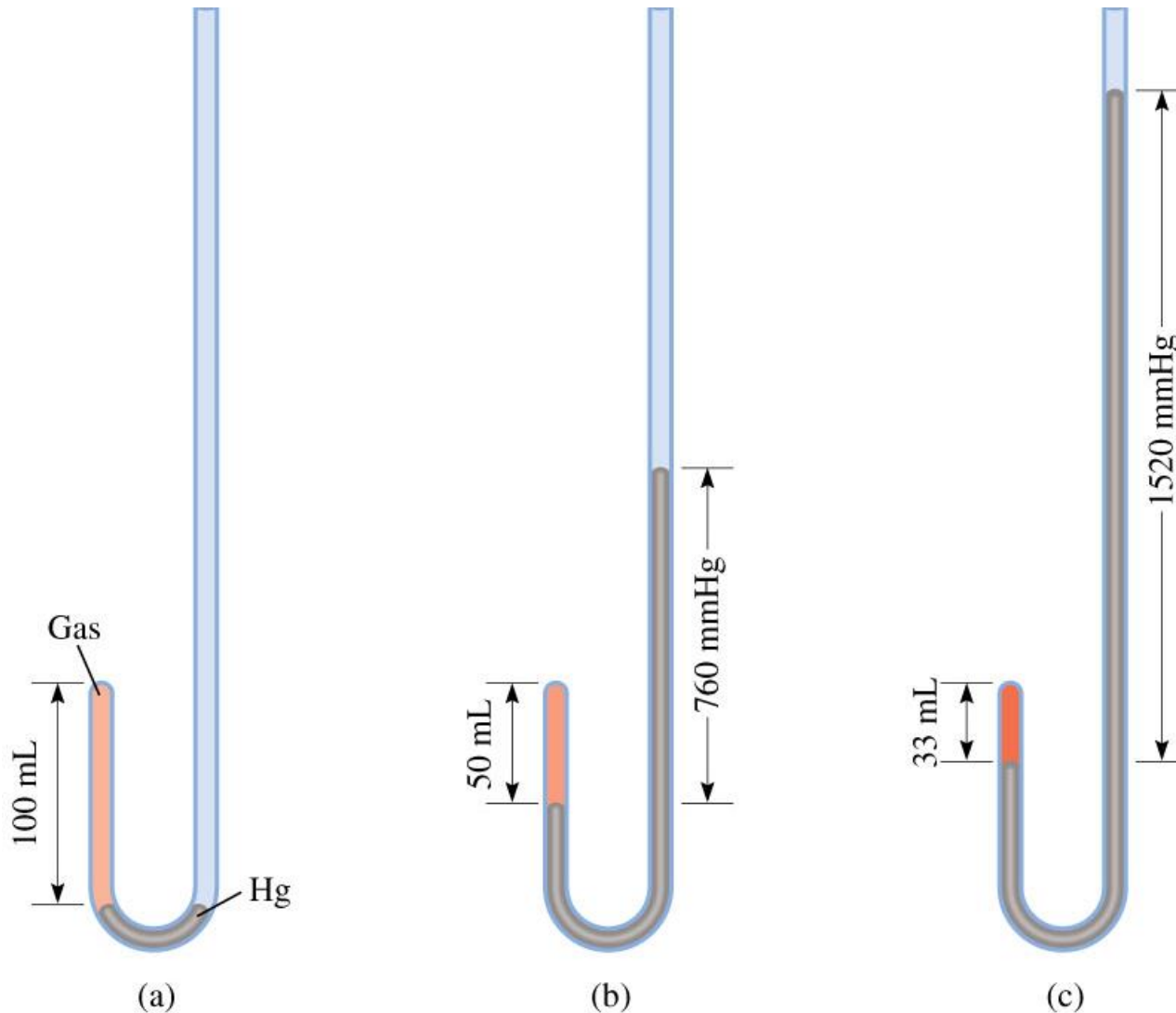


$$P_{\text{gas}} = P_h + P_{\text{atm}}$$

Tekanan gas **lebih besar**
dari tekanan atmosfer

(b)

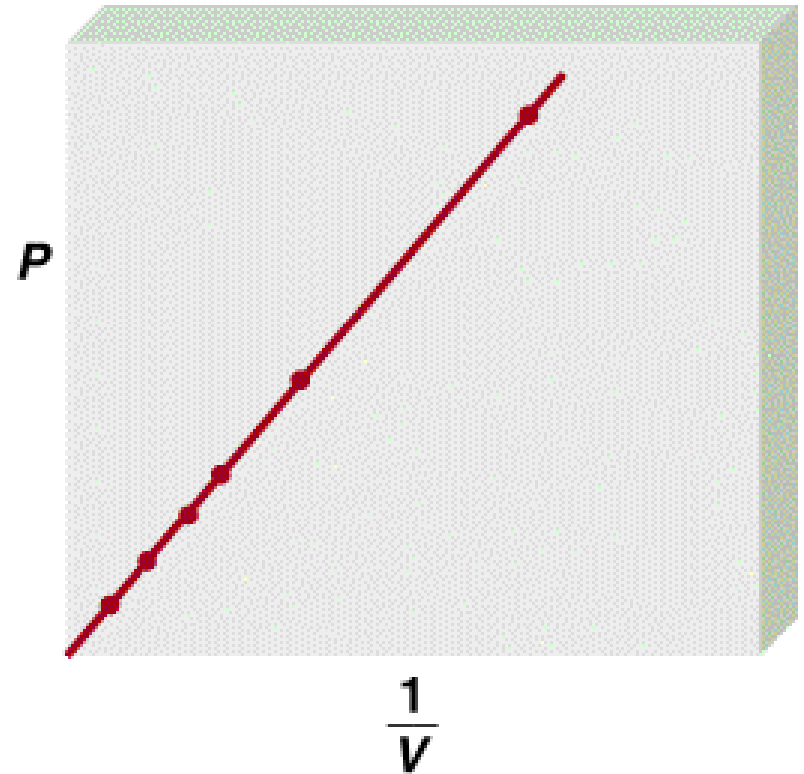
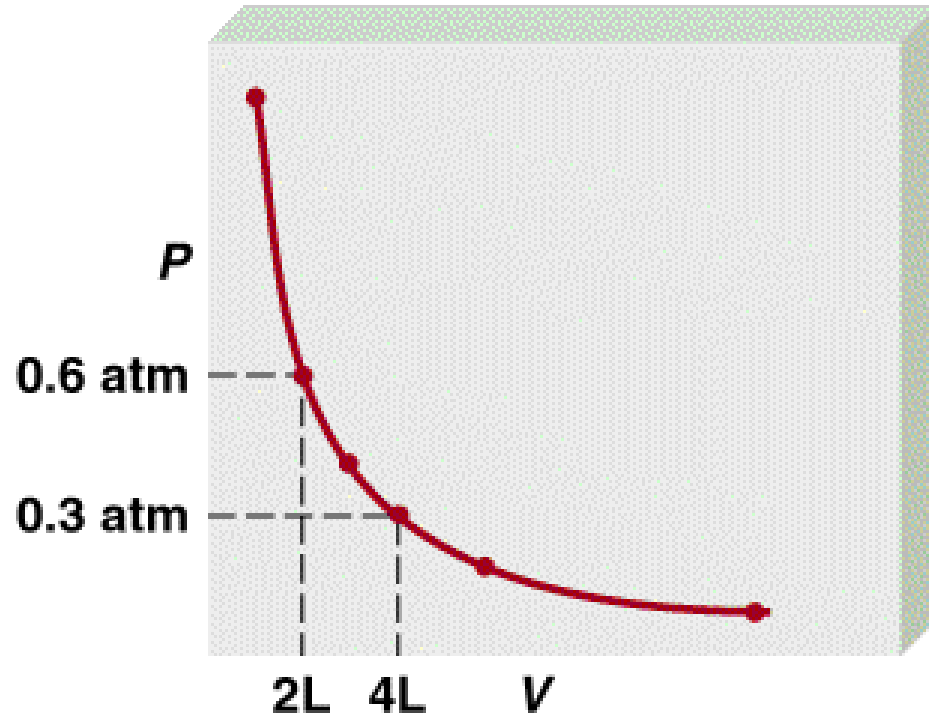
Alat untuk Mempelajari Hubungan Antara Tekanan dan Volume Gas



Ketika P (h) meningkat $\rightarrow V$ berkurang

Hukum Boyle

(Hubungan Tekanan-Volume)



$$P \propto 1/V$$

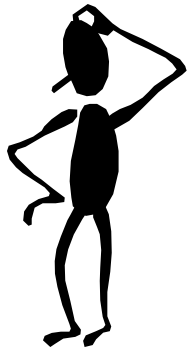
$$P \times V = \text{konstan}$$

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



Suhu konstan
Jumlah gas konstan

Hubungan ini sekarang dikenal sebagai *Hukum Boyle*, yang menyatakan bahwa tekanan sejumlah tertentu gas pada suhu konstan berbanding terbalik dengan volume gas.



Suatu sampel gas klorin menempati volume 946 mL pada tekanan 726 mmHg. Berapa tekanan gas (dalam mmHg) jika volumenya diperkecil pada suhu konstan menjadi 154 mL?

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

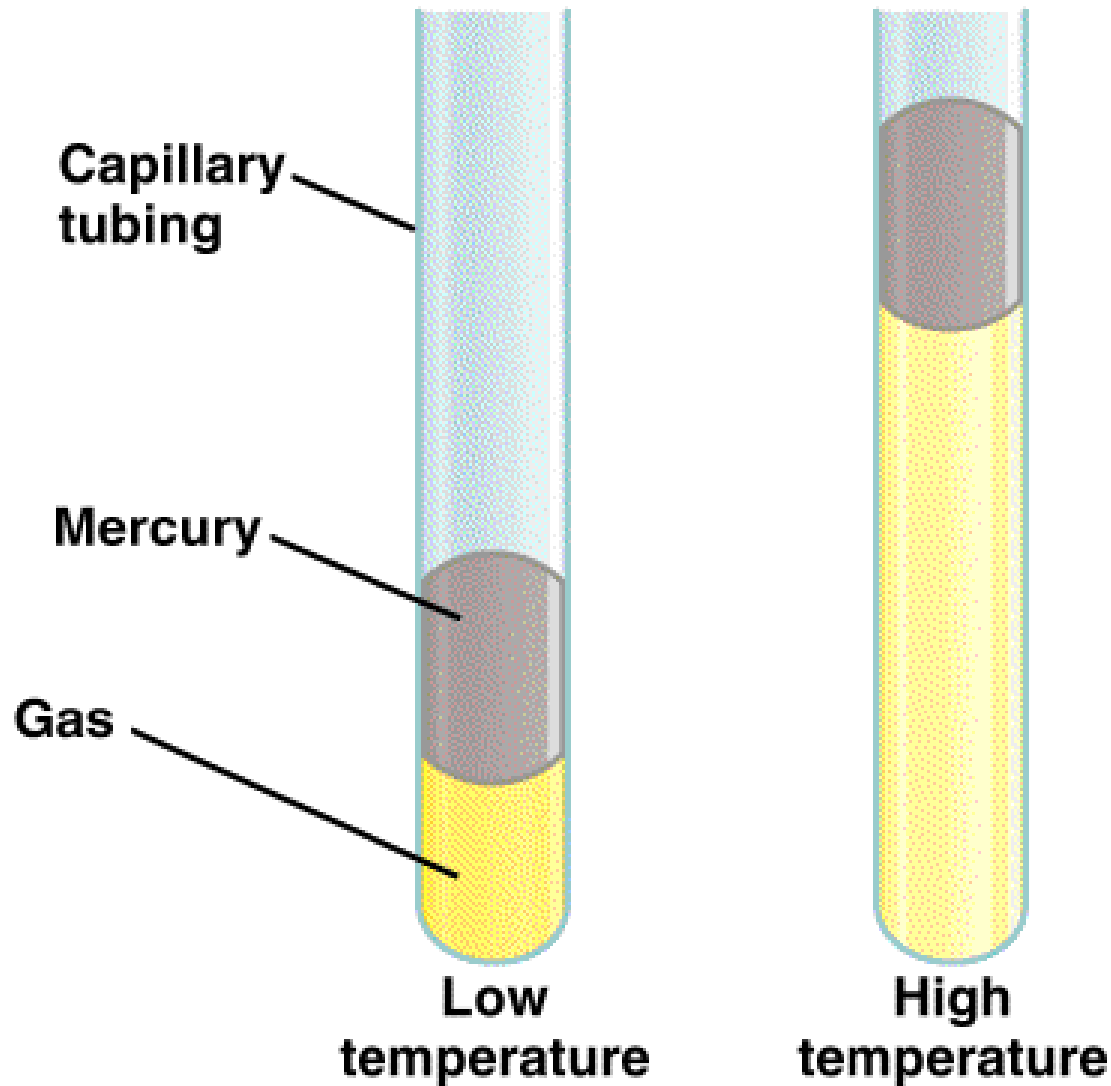
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

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

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

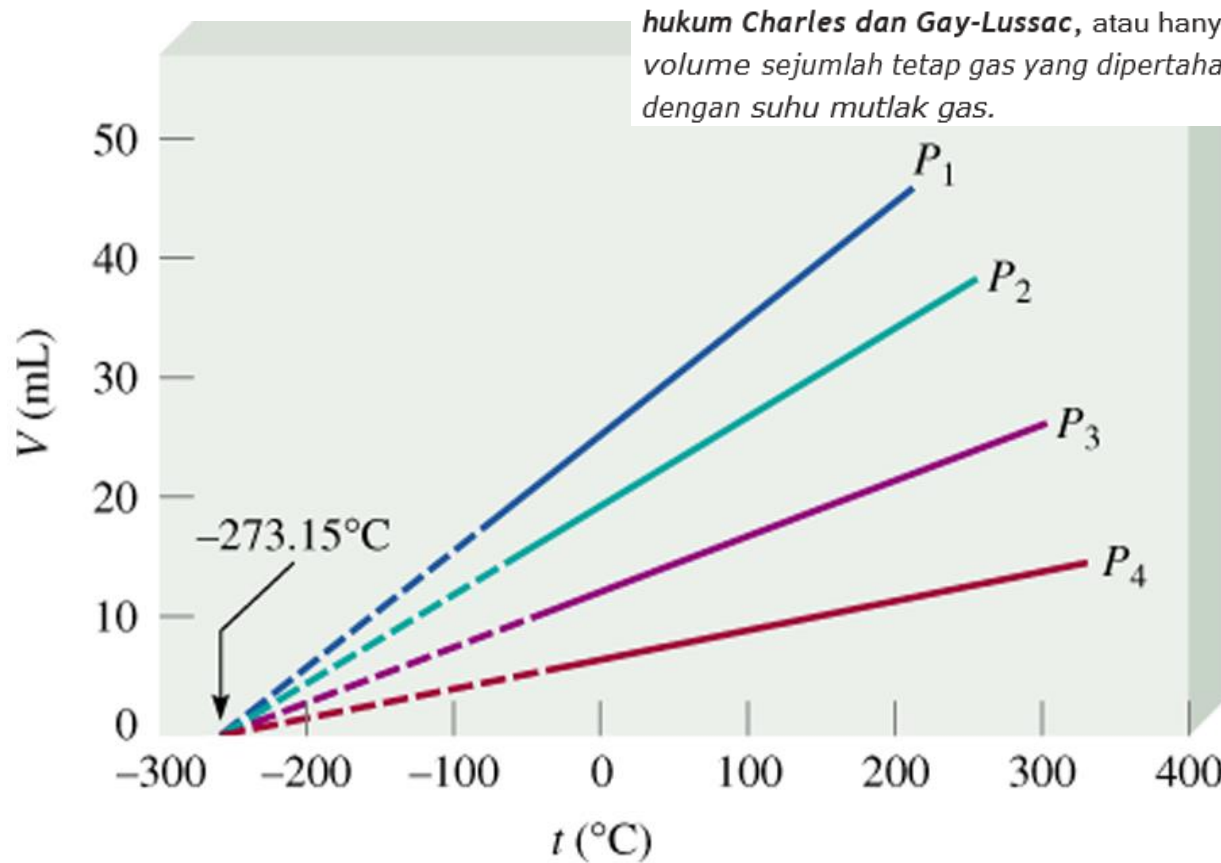
$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \frac{726 \text{ mmHg} \times 946 \text{ mL}}{154 \text{ mL}} = 4460 \text{ mmHg}$$

Volume gas akan memuai jika dipanaskan dan menyusut jika didinginkan



Saat T meningkat $\rightarrow V$ meningkat

Variasi volume gas dengan suhu pada tekanan konstan



Hukum Charles & Gay-Lussac

$$V \propto T$$

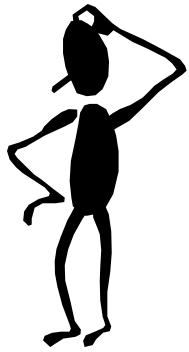
$$V = \text{konstanta} \times T$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$



Suhu **harus** dalam Kelvin

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



Suatu sampel gas karbon monoksida menempati 3,20 L pada 125°C. Pada suhu berapa gas tersebut menempati volume 1,54 L jika tekanannya tetap?

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

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

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

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

$$T_2 = ?$$

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

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

Hukum Avogadro

$V \propto \text{jumlah mol } (n)$

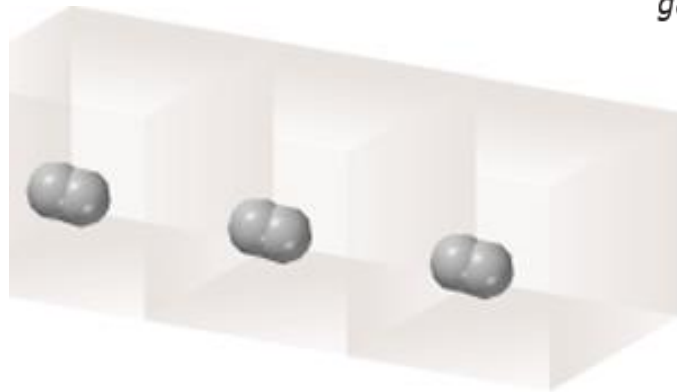
$V = \text{konstanta} \times n$

$$V_1 / n_1 = V_2 / n_2$$



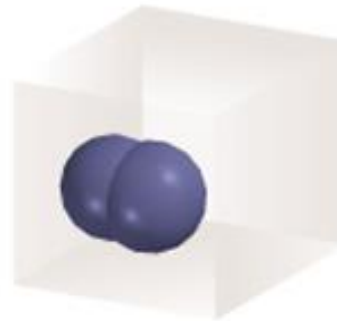
Suhu konstan
Tekanan konstan

hukum Avogadro, yang menyatakan bahwa pada tekanan dan suhu konstan, volume gas berbanding lurus dengan jumlah mol gas yang ada.



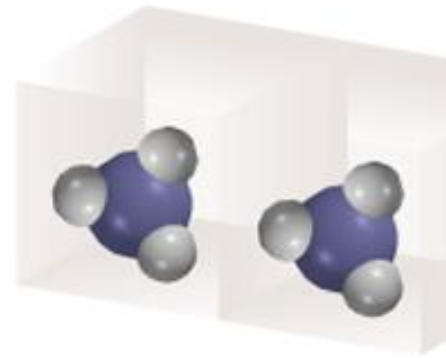
$3\text{H}_2 (\text{g})$
3 molecules
3 moles
3 volumes

+

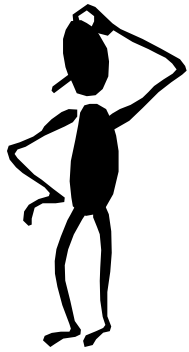


+

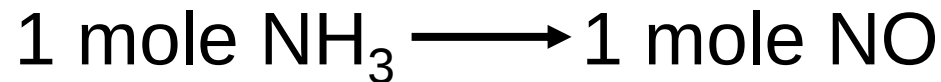
$\text{N}_2 (\text{g})$
1 molecule
1 mole
1 volume



$2\text{NH}_3 (\text{g})$
2 molecules
2 moles
2 volumes



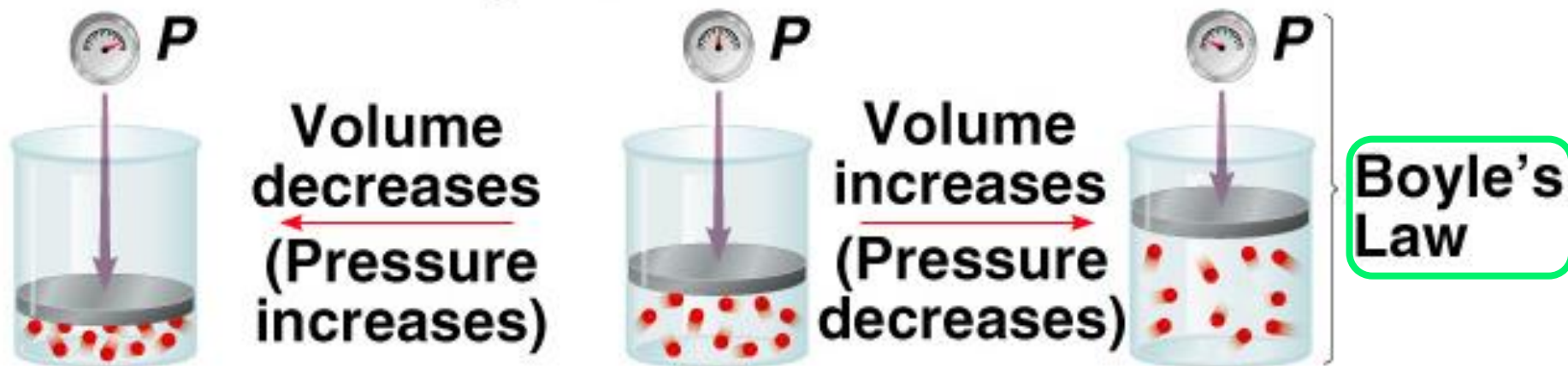
Amonia terbakar dalam oksigen membentuk oksida nitrat (NO) dan uap air. Berapa volume NO yang diperoleh dari satu volume amonia pada suhu dan tekanan yang sama?



Pada T dan P konstan



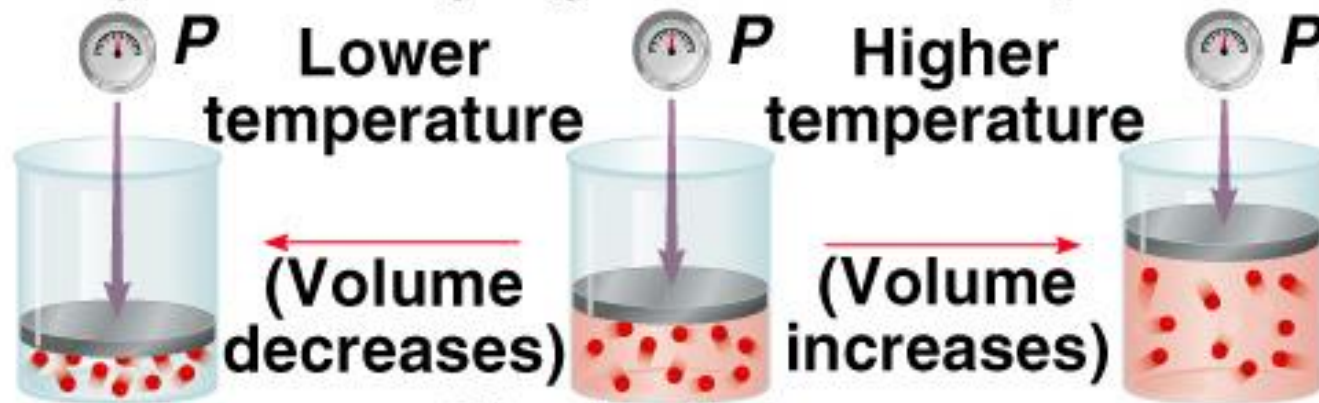
Increasing or decreasing the volume of a gas at a constant temperature



Boyle's Law

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

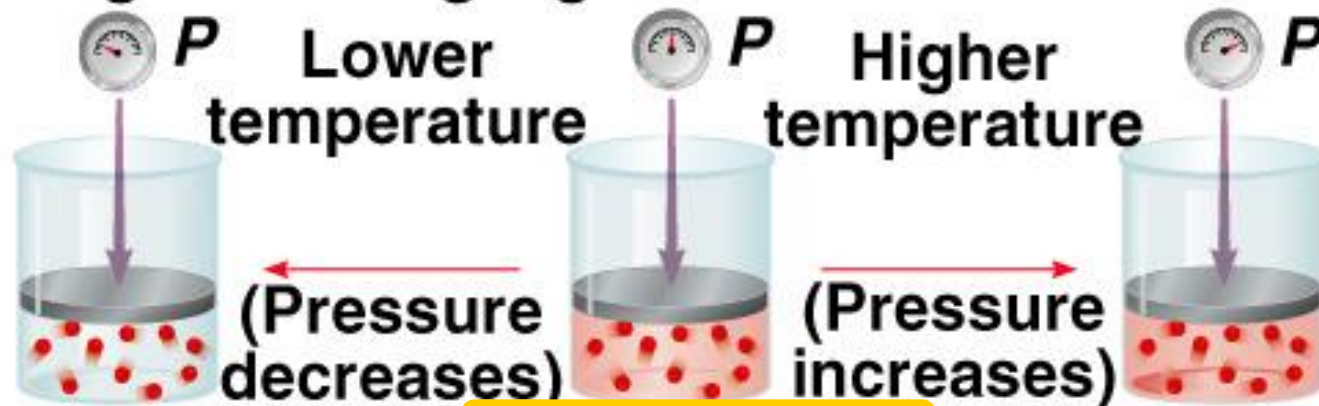
Heating or cooling a gas at constant pressure



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

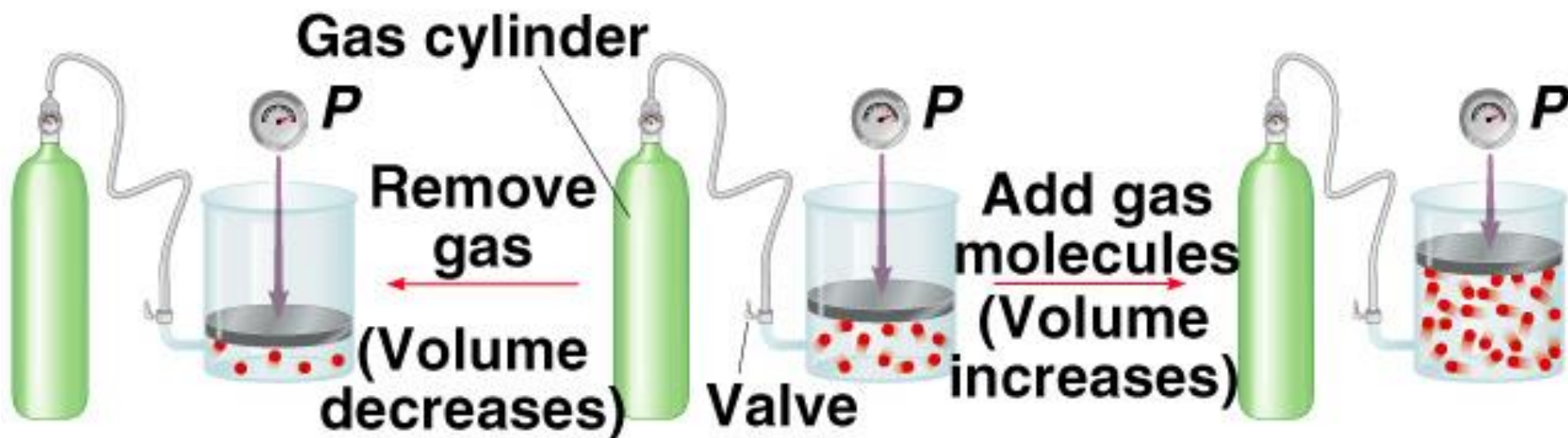


Charles's Law

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

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)

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

$$V = \text{constant} \times \frac{nT}{P} = R \frac{nT}{P}$$

R adalah **konstanta gas**

$$PV = nRT$$



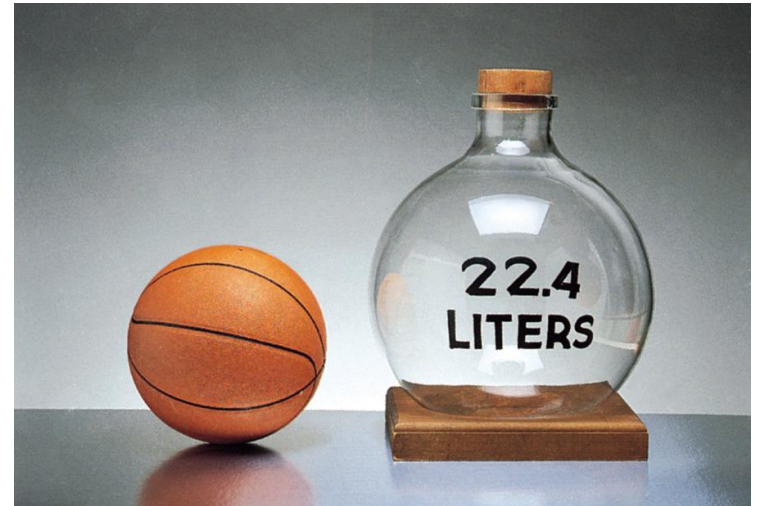
Kondisi 0°C dan 1 atm disebut **suhu dan tekanan standar (STP)**.

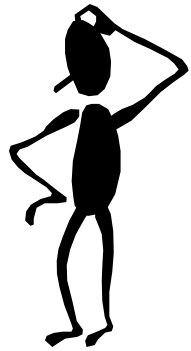
Percobaan menunjukkan bahwa pada STP, 1 mol gas ideal menempati 22,414 L.

$$PV = nRT$$

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

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





Berapa volume (dalam liter) yang ditempati oleh 49,8 g HCl pada STP?

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

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

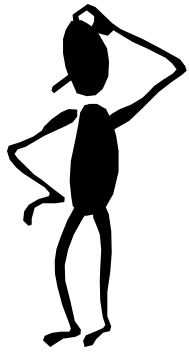
$$PV = nRT$$

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

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

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

$$V = 30,7 \text{ L}$$



Argon adalah gas inert yang digunakan dalam bola lampu untuk memperlambat penguapan filamen. Sebuah bola lampu yang mengandung argon pada 1,20 atm dan 18°C dipanaskan hingga 85°C pada volume tetap. Berapa tekanan akhir argon dalam bola lampu (dalam atm)?

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

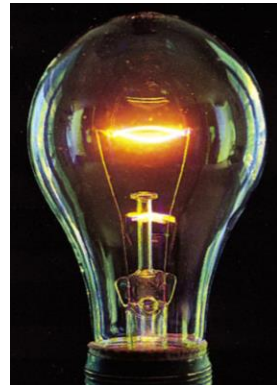
$$\frac{nR}{V} = \frac{P}{T} = \text{konstan}$$

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

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

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

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



Bola lampu listrik biasanya diisi dengan argon.

Perhitungan Kerapatan (d)

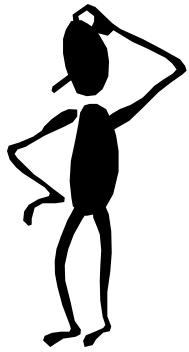
$$d = \frac{m}{V} = \frac{P\mathcal{M}}{RT}$$

m adalah massa gas dalam g
 $\mathcal{M}$ adalah massa molar gas

Massa Molar ($\mathcal{M}$) suatu zat Gas

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

d adalah kerapatan/massa jenis gas dalam g/L



Sebuah bejana berukuran 2,10 L berisi 4,65 g gas pada 1,00 atm dan 27,0°C. Berapakah massa molar gas tersebut?

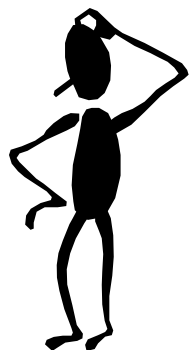
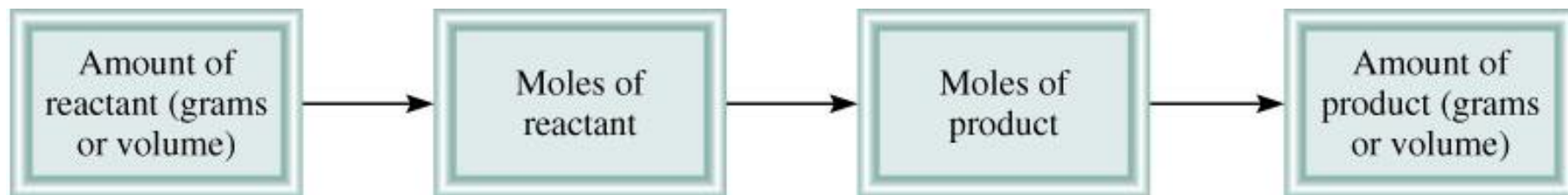
$$\mathcal{M} = \frac{dRT}{P}$$

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

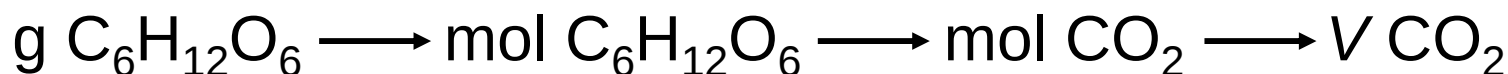
$$\mathcal{M} = \frac{2,21 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 0,0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 300,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

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

Stoikiometri Gas



Berapa volume CO_2 yang dihasilkan pada 37°C dan $1,00\text{ atm}$ ketika $5,60\text{ g}$ glukosa digunakan dalam reaksi:

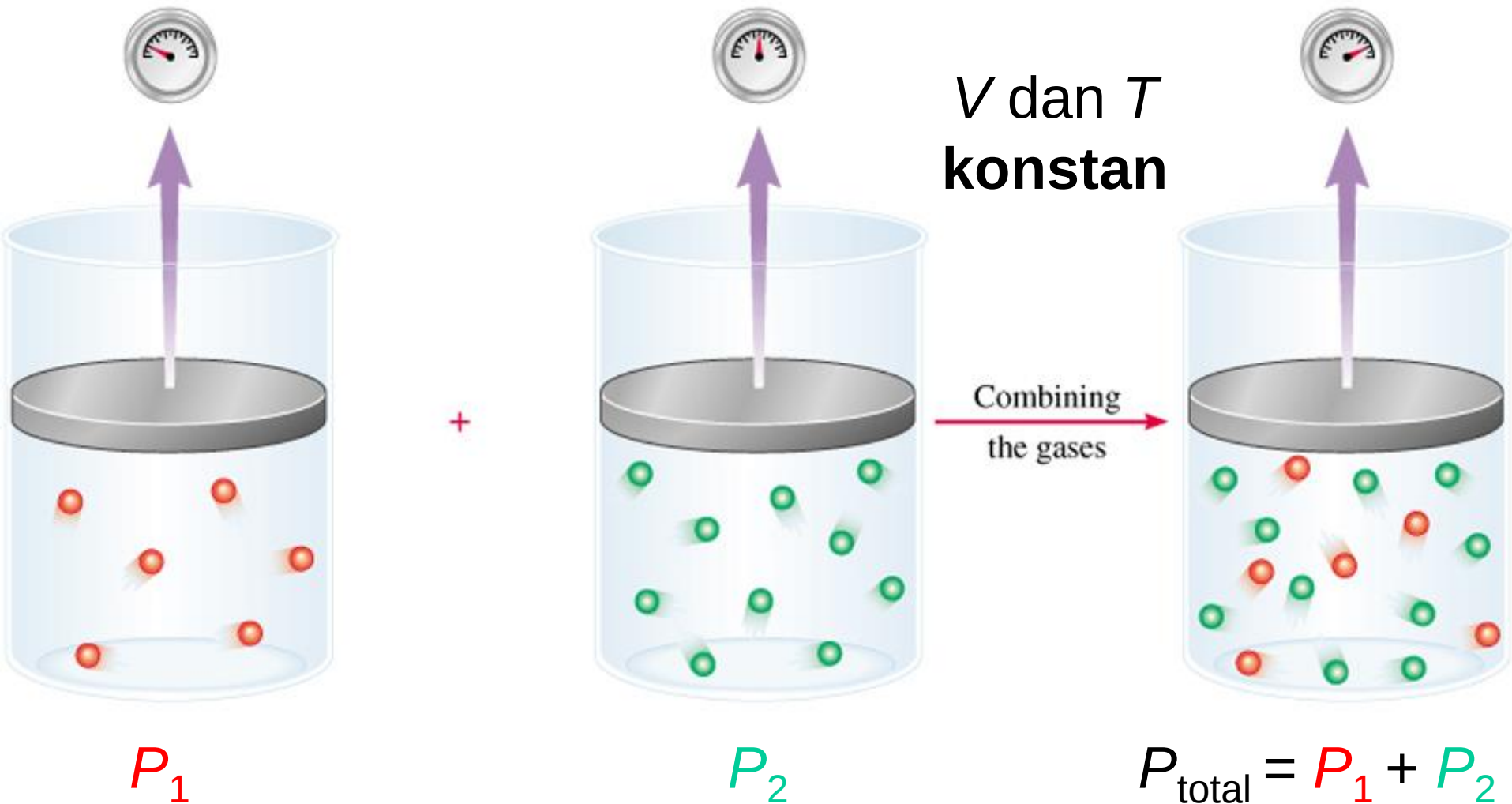


$$5,60 \text{ g } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{180 \text{ g } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} \times \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = 0,187 \text{ mol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

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

Hukum Tekanan Parsial Dalton

hukum tekanan parsial Dalton, yang menyatakan bahwa *tekanan total campuran gas* hanyalah jumlah dari tekanan yang akan diberikan oleh masing-masing gas jika ada sendiri.



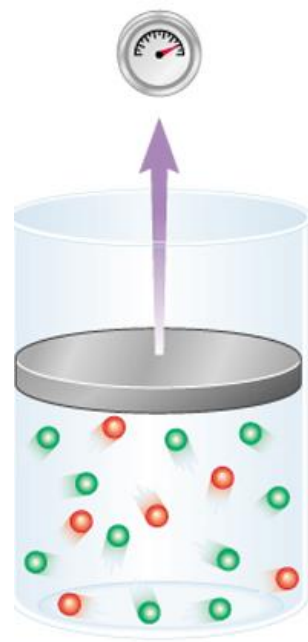
Misalkan dua gas, **A** dan **B**, berada dalam wadah bervolume V .

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

n_A adalah jumlah mol **A**

$$P_B = \frac{n_B RT}{V}$$

n_B adalah jumlah mol **B**

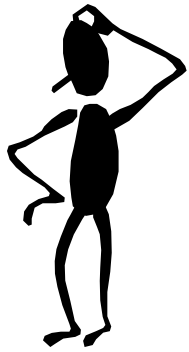


$$P_T = P_A + P_B \quad X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

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

$$P_i = X_i P_T$$

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

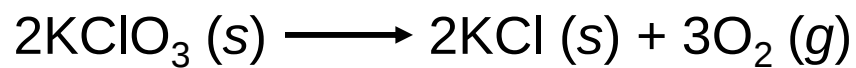
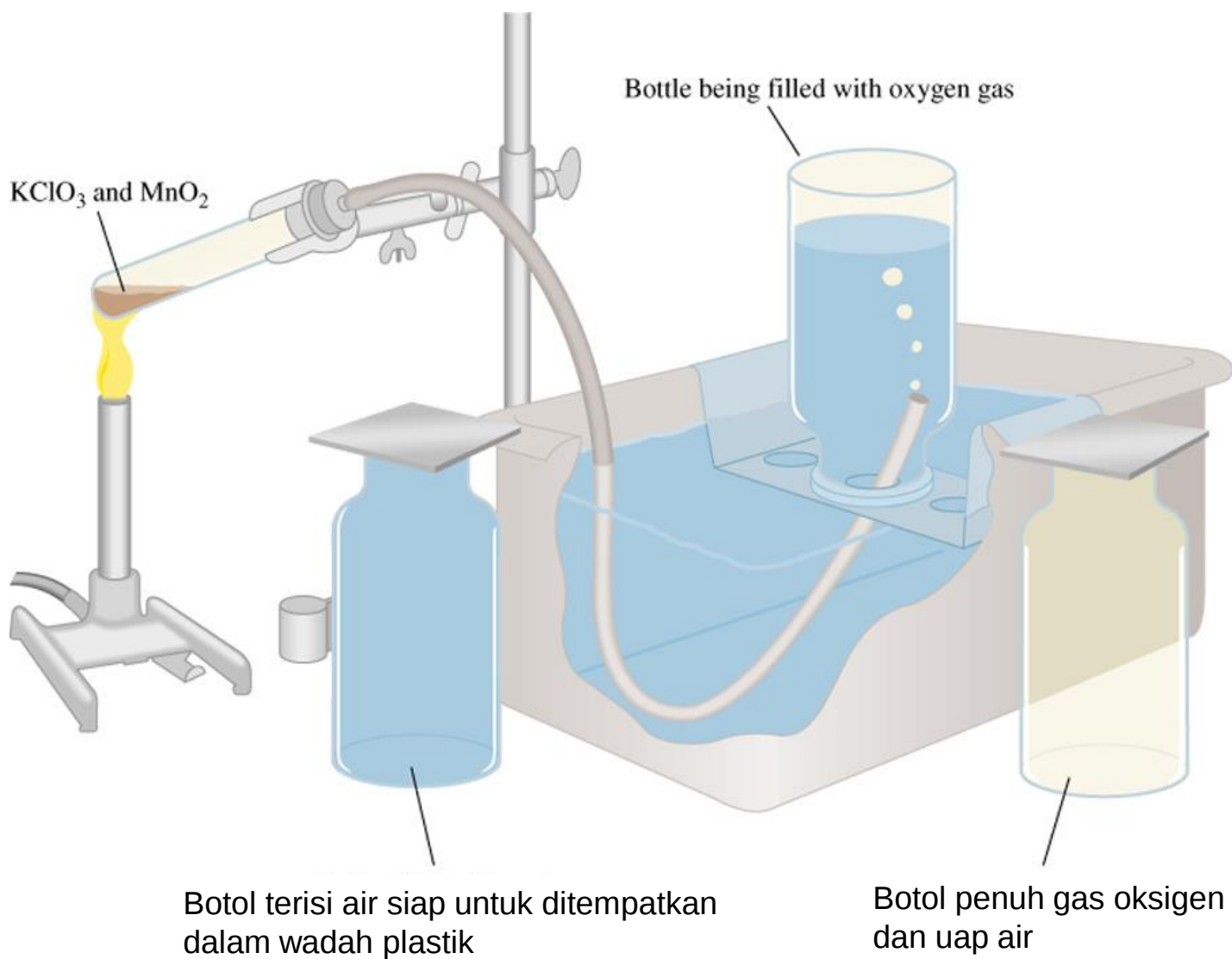


Suatu sampel gas alam mengandung 8,24 mol CH_4 , 0,421 mol C_2H_6 , dan 0,116 mol C_3H_8 . Jika tekanan total gas-gas tersebut adalah 1,37 atm, berapakah tekanan parsial propana (C_3H_8)?

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

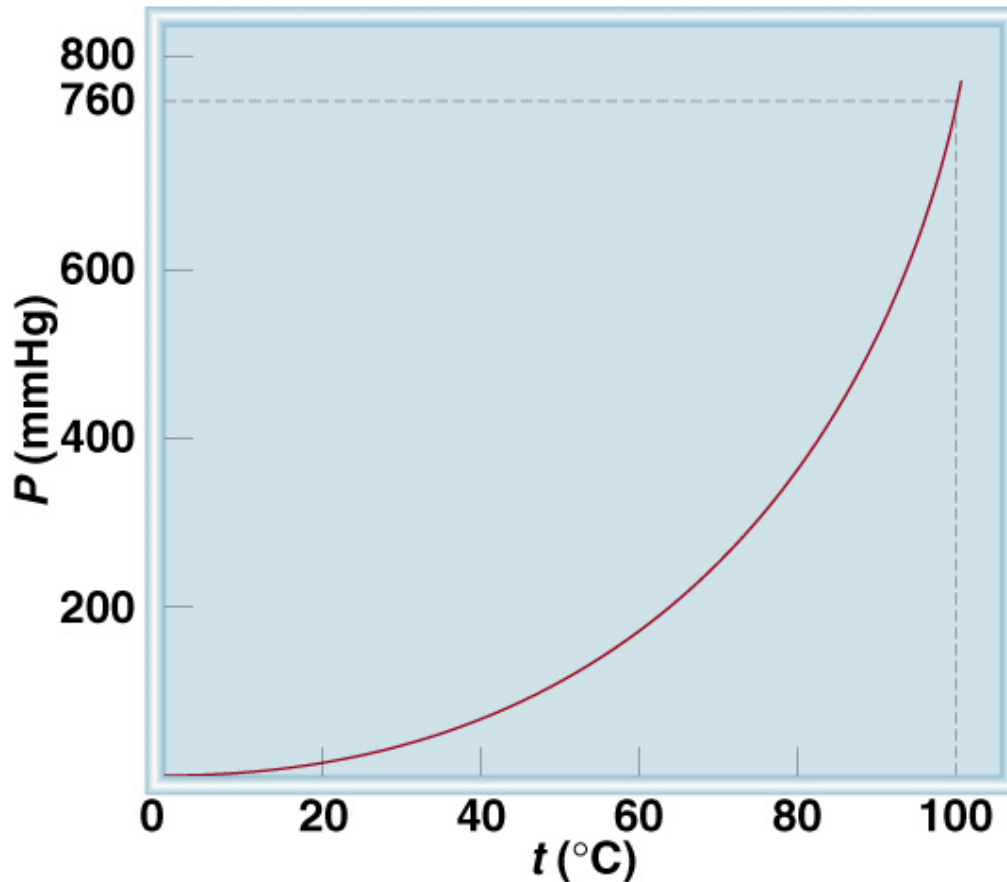
$$X_{\text{propana}} = \frac{0,116}{8,24 + 0,421 + 0,116} = 0,0132$$

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



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

Tekanan uap air sebagai fungsi dari suhu:



Perhatikan bahwa pada titik didih air (100°C) tersebut tekanannya adalah 760 mmHg, yaitu persis sama dengan 1 atm.

TABLE 5.3

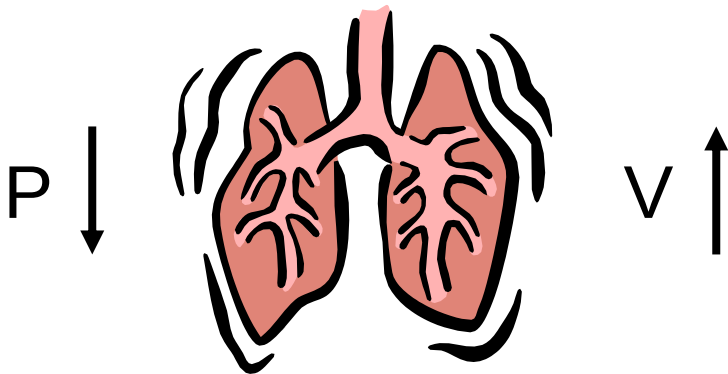
Pressure of Water Vapor
at Various Temperatures

Temperature (°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 “*in Action*”:

Scuba Diving dan Hukum Gas

Kedalaman (kaki)	Tekanan (atm)
0	1
33	2
66	3



Kimia “*in Action*”:

Scuba Diving dan Hukum Gas

Scuba: *self-contained underwater breathing apparatus*/alat bantu pernapasan bawah air mandiri

Scuba diving/menyelam scuba adalah olahraga yang mengasyikkan dan berkaitan dengan hukum-hukum gas, olahraga ini juga merupakan aktivitas yang aman bagi individu yang terlatih yang berada dalam kondisi kesehatan yang baik.

Penyelaman biasa mungkin 40 hingga 65 kaki, tetapi penyelaman hingga 90 kaki tidak jarang.





Kimia “*in Action*”:

Scuba Diving dan Hukum Gas

Kedalaman (kaki)	Tekanan (atm)
0	1
33	2
66	3

Karena air laut memiliki kerapatan yang sedikit lebih tinggi daripada air tawar—sekitar 1,03 g/mL, dibandingkan dengan 1,00 g/mL—tekanan yang diberikan oleh kolom air laut sepanjang 33 kaki setara dengan tekanan 1 atm. Tekanan meningkat dengan bertambahnya kedalaman, sehingga pada kedalaman sepanjang 66 kaki tekanan air akan menjadi 2 atm.

Apa yang akan terjadi jika seorang penyelam naik ke permukaan dari kedalaman 20 kaki lebih cepat tanpa bernapas?



Penurunan total tekanan untuk perubahan kedalaman ini adalah $(20 \text{ ft}/33 \text{ ft}) \times 1 \text{ atm}$, atau 0,6 atm. Ketika penyelam mencapai permukaan, volume udara yang terperangkap di paru-paru akan meningkat dengan faktor $(1 + 0,6) \text{ atm}/1 \text{ atm}$, atau 1,6 kali.

Ekspansi udara yang tiba-tiba ini secara fatal dapat merusak selaput paru-paru. Kemungkinan serius lainnya adalah emboli udara dapat berkembang.

Saat udara mengembang di paru-paru, udara dipaksa masuk ke pembuluh darah kecil yang disebut kapiler. Kehadiran gelembung udara di pembuluh ini dapat menghalangi aliran darah normal ke otak. Akibatnya, penyelam mungkin kehilangan kesadaran sebelum mencapai permukaan. Untuk menghindari kejadian seperti ini, penyelam tahu bahwa mereka harus naik perlahan, berhenti di titik-titik tertentu untuk memberi waktu bagi tubuh mereka untuk menyesuaikan diri dengan tekanan yang turun.

Teori Kinetik Molekul Gas

1. Gas terdiri dari molekul-molekul yang terpisah satu sama lain oleh jarak yang jauh lebih besar dibandingkan dimensinya sendiri. Molekul dapat dianggap sebagai “titik” ; artinya, mereka memiliki massa tetapi volumenya dapat diabaikan.
2. Molekul-molekul gas terus bergerak dalam arah yang acak, dan sering kali saling bertabrakan. Tumbukan antar molekul bersifat lenting sempurna. Dengan kata lain, energi dapat ditransfer dari satu molekul ke molekul lain sebagai akibat dari tumbukan. Namun demikian, energi total semua molekul dalam suatu sistem tetap sama.
3. Molekul-molekul gas tidak memberikan gaya tarik-menarik maupun tolak-menolak satu sama lain.
4. Energi kinetik rata-rata molekul sebanding dengan suhu gas dalam kelvin. Dua gas pada suhu yang sama akan mempunyai energi kinetik rata-rata yang sama. Energi kinetik rata-rata molekul dinyatakan sbb.:

$$\overline{EK} = \frac{1}{2} m \overline{u^2}$$

Teori kinetik molekul gas dan Penerapan Hukum-hukum Gas

- **Kompresibilitas/ketermampatan** (mudah/tidaknya dimampatkan) **Gas**

- **Hukum Boyle**

$P \propto$ tumbukan dengan dinding

Laju tumbukan $\propto$ besarnya kerapatan

Kerapatan $\propto 1/V$

$P \propto 1/V$

- **Hukum Charles**

$P \propto$ tumbukan dengan dinding

Laju tumbukan $\propto$ energi kinetik rata-rata molekul-molekul gas

Energi kinetik rata-rata $\propto T$

$P \propto T$

Teori kinetik molekul gas dan Penerapan Hukum-hukum Gas

- **Hukum Avogadro**

$P \propto$ tumbukan dengan dinding

Laju tumbukan $\propto$ jumlah kerapatan

Kerapatan $\propto n$

$P \propto n$

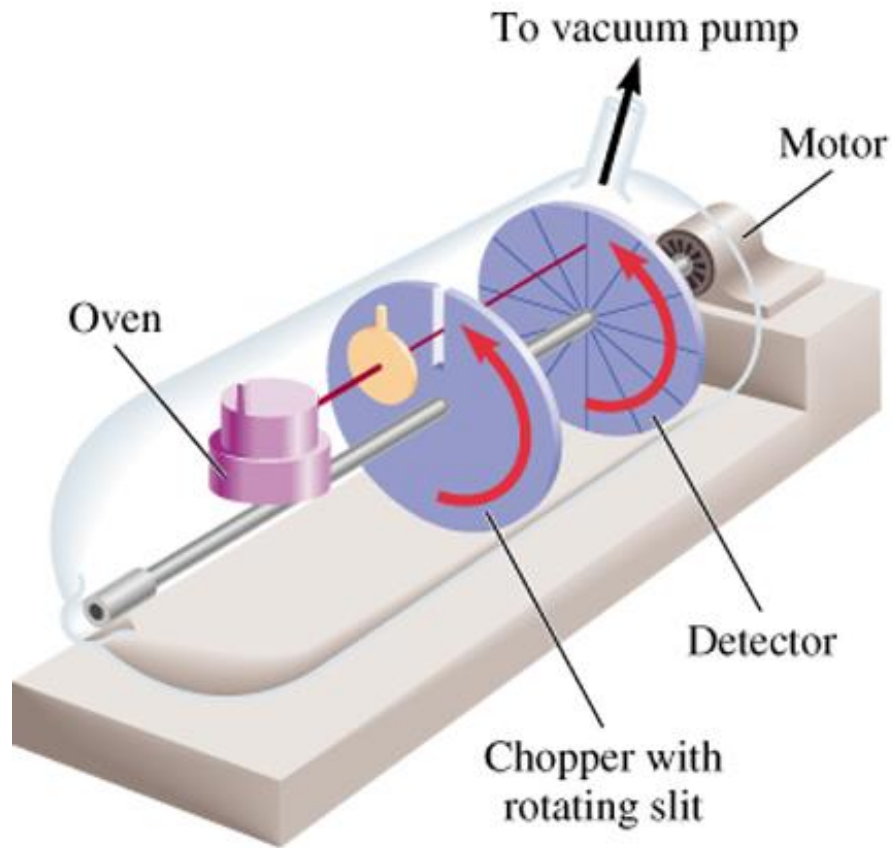
- **Hukum Tekanan Parsial Dalton**

Molekul-molekul tidak menarik atau menolak satu sama lain

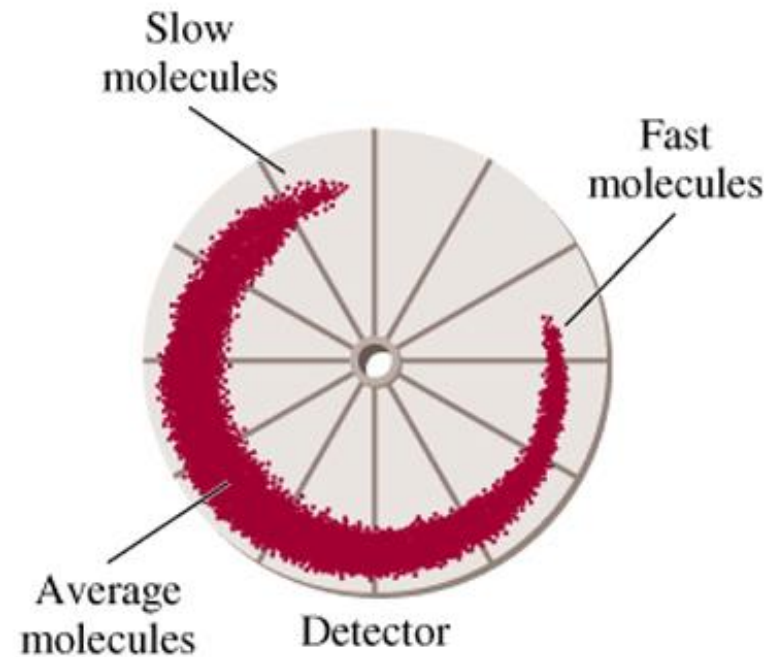
P yang diberikan oleh satu jenis molekul tidak terpengaruh oleh keberadaan gas lain

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

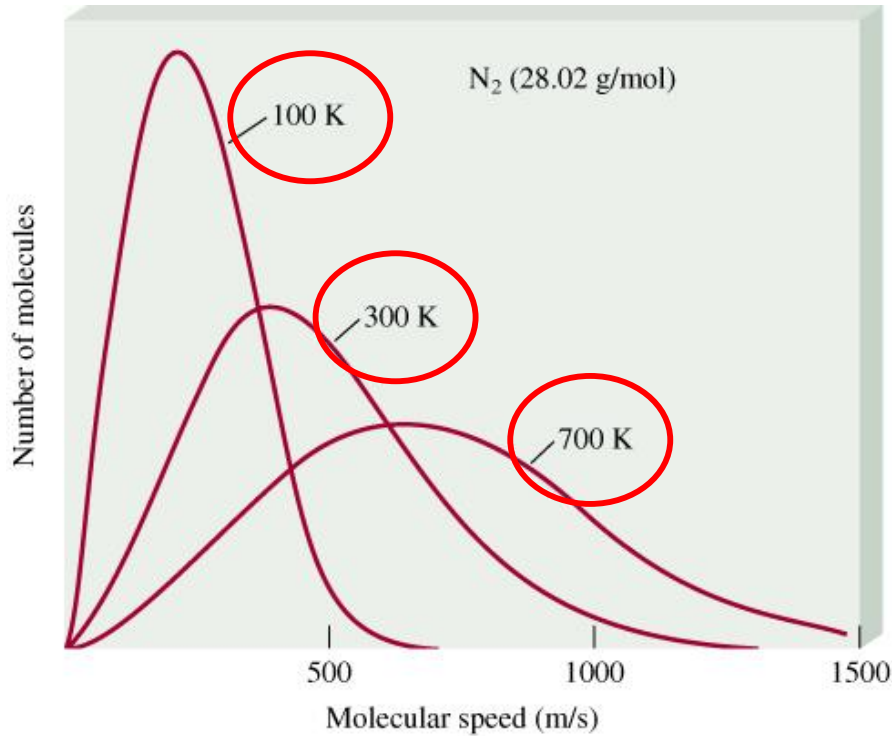
Peralatan untuk mempelajari distribusi kecepatan molekul pada suhu tertentu



Pompa vakum menyebabkan molekul bergerak dari kiri ke kanan seperti pada gambar.



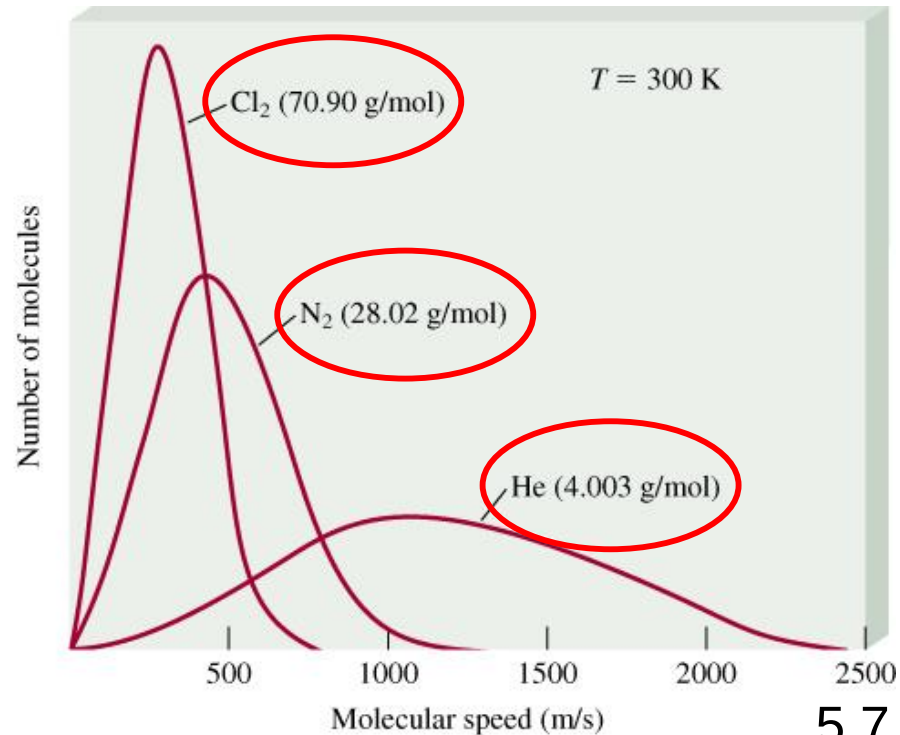
Penyebaran deposit pada detektor memberikan jangkauan kecepatan molekul, dan kerapatan deposit sebanding dengan jumlah molekul yang bergerak pada kecepatan yang berbeda.



Distribusi kecepatan
untuk molekul gas nitrogen
pada tiga suhu yang berbeda

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

Distribusi kecepatan
dari tiga gas yang berbeda
pada suhu yang sama



Kimia “*in Action*”: Atom Super Dingin

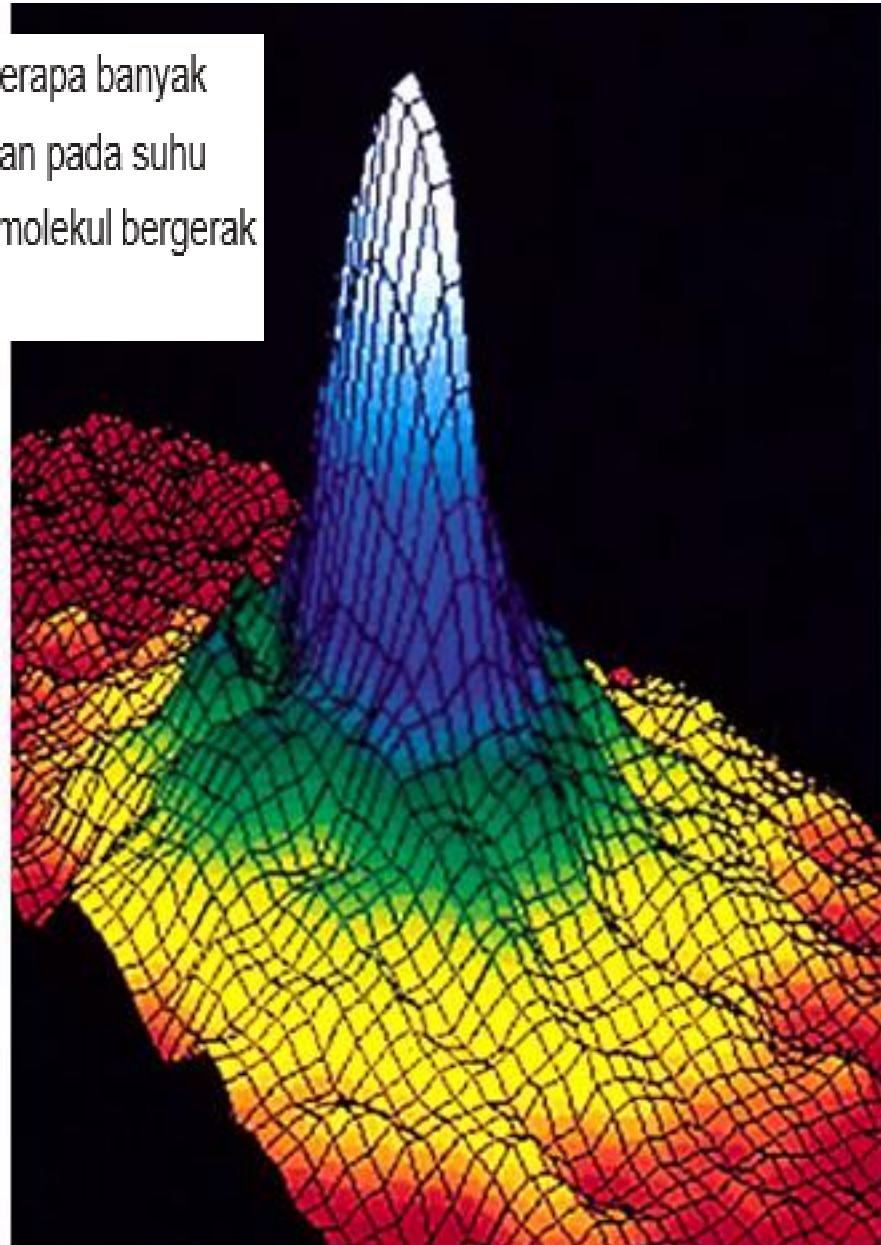
Kurva distribusi percepatan Maxwell menunjukkan berapa banyak molekul gas yang bergerak pada berbagai kecepatan pada suhu tertentu. Dengan meningkatnya suhu, lebih banyak molekul bergerak dengan kecepatan yang lebih besar.

Maxwell Velocity Distribution

Atom Rb Gas

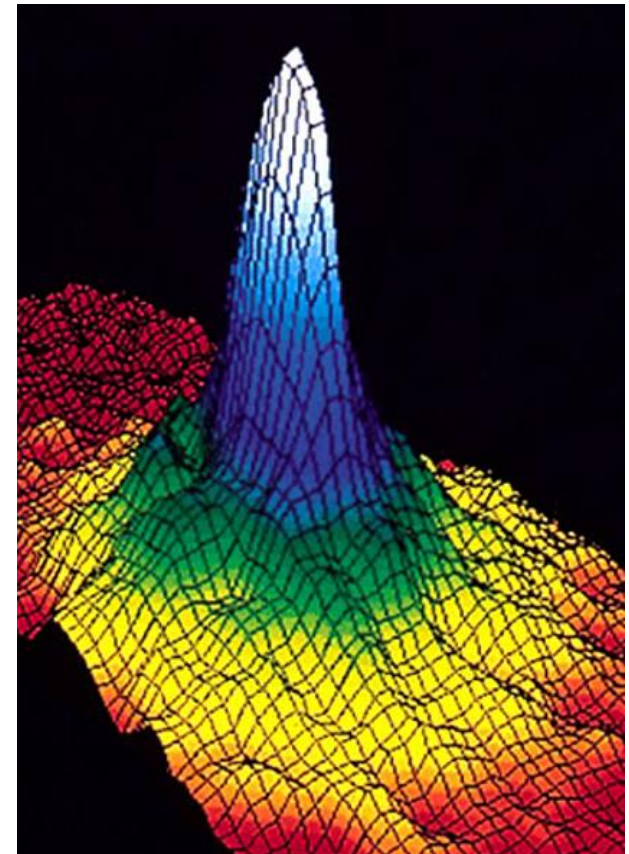
$1,7 \times 10^{-7}$ K

Kondensat Bose-Einstein
(BEC)



Kimia “*in Action*”: Atom Super Dingin

- Apa yang terjadi pada gas ketika didinginkan hingga mendekati nol mutlak?
- Lebih dari 70 tahun yang lalu, Albert Einstein memperluas karya fisikawan India Satyendra Nath Bose, meramalkan bahwa pada suhu yang sangat rendah atom-atom gas dari unsur-unsur tertentu akan "bergabung" atau "mengembun" untuk membentuk satu kesatuan dan bentuk materi baru. Tidak seperti gas, cairan, dan padatan biasa, zat superdingin ini, yang diberi nama **kondensat Bose-Einstein (BEC)**, tidak akan mengandung atom individu karena atom aslinya akan tumpang tindih satu sama lain, tanpa meninggalkan ruang di antaranya.
- Gambar di sebelah kanan menunjukkan distribusi percepatan Maxwell dari atom Rb pada suhu yang sangat rendah yaitu $1,7 \times 10^{-7}$ K. Warna menunjukkan jumlah atom yang memiliki percepatan yang ditentukan oleh dua sumbu horizontal. Bagian biru dan putih mewakili atom yang telah bergabung untuk membentuk BEC.
- Distribusi percepatan berbeda dari distribusi kecepatan karena percepatan memiliki besar dan arah. Dengan demikian, percepatan dapat memiliki nilai positif dan negatif tetapi kecepatan hanya dapat memiliki nilai nol atau positif.
- Distribusi percepatan Maxwell atom Rb sekitar $1,7 \times 10^{-7}$ K. Percepatan dari pusat (nol) ke luar sepanjang dua sumbu. Warna merah mewakili jumlah atom Rb paling sedikit dan warna putih paling banyak. Kecepatan rata-rata di daerah putih adalah sekitar 0,5 mm/s.



Difusi gas adalah pencampuran bertahap molekul-molekul suatu gas dengan molekul-molekul gas lain berdasarkan sifat-sifat kinetiknya.



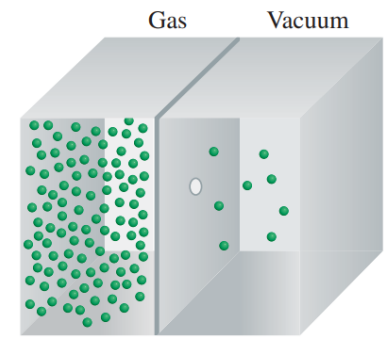
$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\mathcal{M}_2}{\mathcal{M}_1}}$$



Difusi Gas

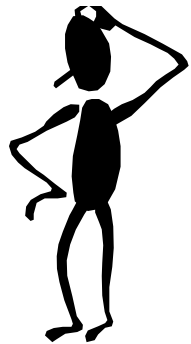
Demonstrasi langsung gerakan acak gas disediakan oleh **difusi**, *pencampuran bertahap molekul satu gas dengan molekul lain berdasarkan sifat kinetiknya*. Terlepas dari kenyataan bahwa kecepatan molekul sangat besar, proses difusi membutuhkan waktu yang relatif lama untuk diselesaikan. Misalnya, ketika sebotol larutan amonia pekat dibuka di salah satu ujung bangku lab, dibutuhkan beberapa saat sebelum orang di ujung bangku yang lain dapat mencium baunya. Alasannya adalah bahwa sebuah molekul mengalami banyak tumbukan saat bergerak dari satu ujung bangku ke ujung lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19. Jadi, difusi gas selalu terjadi secara bertahap, dan tidak seketika seperti yang ditunjukkan oleh kecepatan molekul. Selanjutnya, karena kecepatan akar rata-rata kuadrat gas ringan lebih besar daripada gas yang lebih berat (lihat Contoh 5.16), gas yang lebih ringan akan berdifusi melalui ruang tertentu lebih cepat daripada gas yang lebih berat.

Efusi gas adalah proses di mana gas bertekanan keluar dari satu kompartemen wadah ke wadah lain dengan melewati lubang kecil.



Efusi Gas

Sedangkan difusi adalah proses dimana satu gas secara bertahap bercampur dengan yang lain, **efusi** adalah proses dimana gas di bawah tekanan keluar dari satu kompartemen wadah ke yang lain dengan melewati lubang kecil. Gambar 5.21 menunjukkan efusi gas ke dalam ruang hampa. Meskipun efusi berbeda dari difusi di alam, laju efusi gas memiliki bentuk yang sama dengan hukum difusi Graham [lihat Persamaan (5.17)]. Balon karet berisi helium mengempis lebih cepat daripada balon berisi udara karena laju efusi melalui pori-pori karet lebih cepat untuk atom helium yang lebih ringan daripada molekul udara. Secara industri, efusi gas digunakan untuk memisahkan isotop uranium dalam bentuk gas .



Nikel membentuk senyawa gas dengan rumus $\text{Ni}(\text{CO})_x$. Berapakah nilai x jika pada kondisi yang sama metana (CH_4) keluar 3,3 kali lebih cepat dibandingkan senyawa tersebut?

$$r_1 = 3,3 \times r_2 \qquad \mathcal{M}_2 = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \times \mathcal{M}_1 = (3,3)^2 \times 16 = 174,2$$

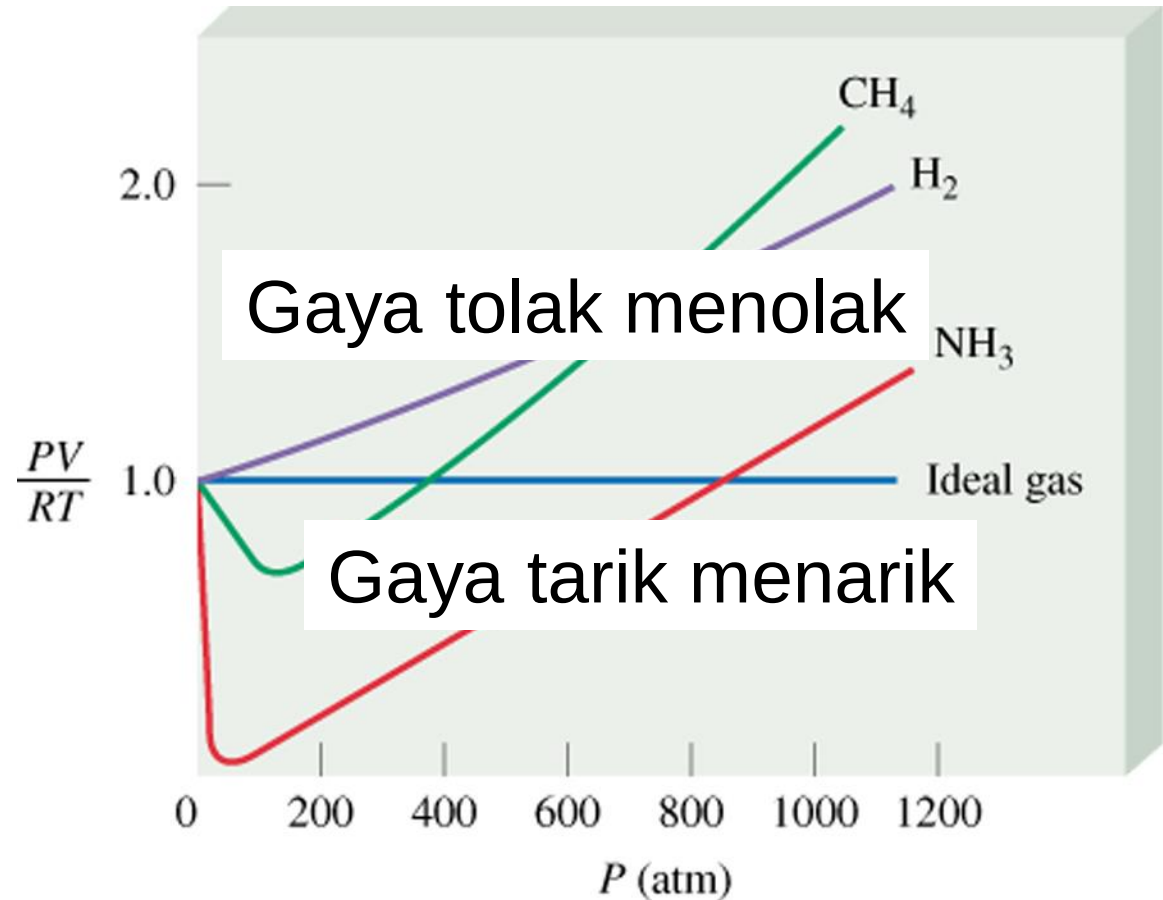
$$\mathcal{M}_1 = 16 \text{ g/mol} \qquad 58,7 + x \cdot 28 = 174,2 \qquad x = 4,1 \sim 4$$

Penyimpangan dari Perilaku Ideal

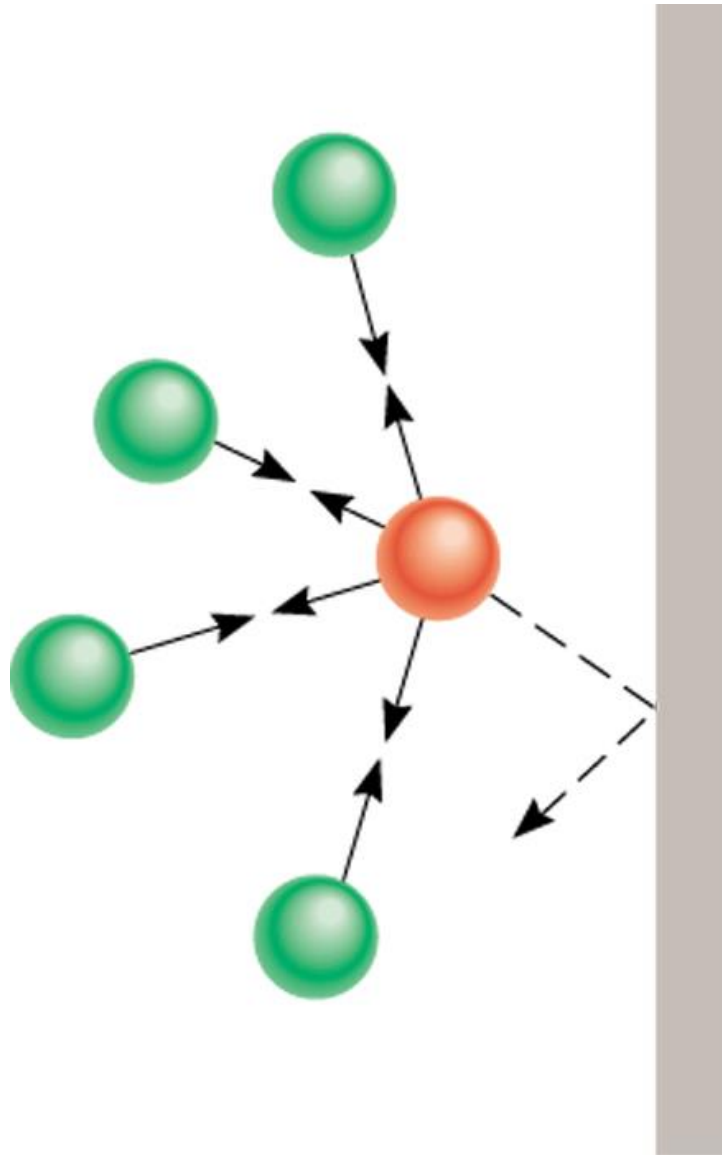
1 mol gas ideal

$$PV = nRT$$

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



Pengaruh gaya tarik-menarik antarmolekul terhadap tekanan yang ditimbulkan oleh gas



- Kecepatan suatu molekul yang bergerak menuju dinding wadah (bola merah) berkurang akibat gaya tarik oleh molekul tetangganya (bola hijau).
- Akibatnya, benturan molekul ini dengan dinding tidak sebesar jika gaya antarmolekul tidak terjadi.
- Secara umum, tekanan gas yang terukur lebih rendah daripada tekanan gas yang timbul jika gas berperilaku ideal.

Persamaan Van der Waals gas nonideal/tidak ideal

$$\underbrace{\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)}_{\text{Tekanan terkoreksi}} \underbrace{(V - nb)}_{\text{Volume terkoreksi}} = nRT$$

TABLE 5.4

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

Gas	<i>a</i>	<i>b</i>
	$\frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2}$	$\frac{\text{L}}{\text{mol}}$
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 ₂	0.244	0.0266
N ₂	1.39	0.0391
O ₂	1.36	0.0318
Cl ₂	6.49	0.0562
CO ₂	3.59	0.0427
CH ₄	2.25	0.0428
CCl ₄	20.4	0.138
NH ₃	4.17	0.0371
H ₂ O	5.46	0.0305