



Chương 7



Trạng thái tập hợp của các chất

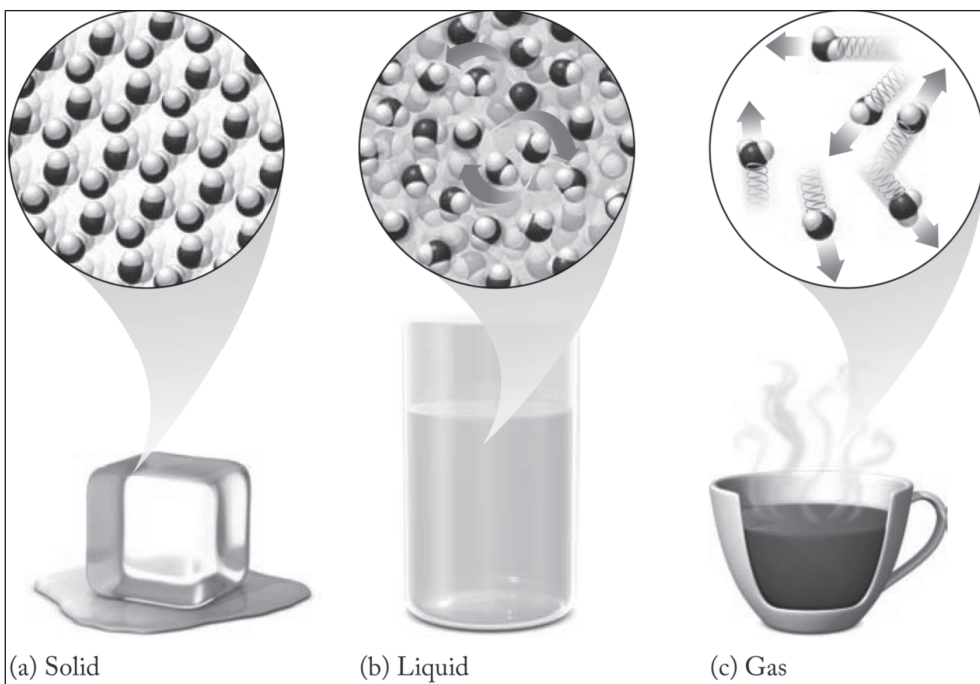


Giảng Viên:
TS. HUỖNH TẤN VŨ

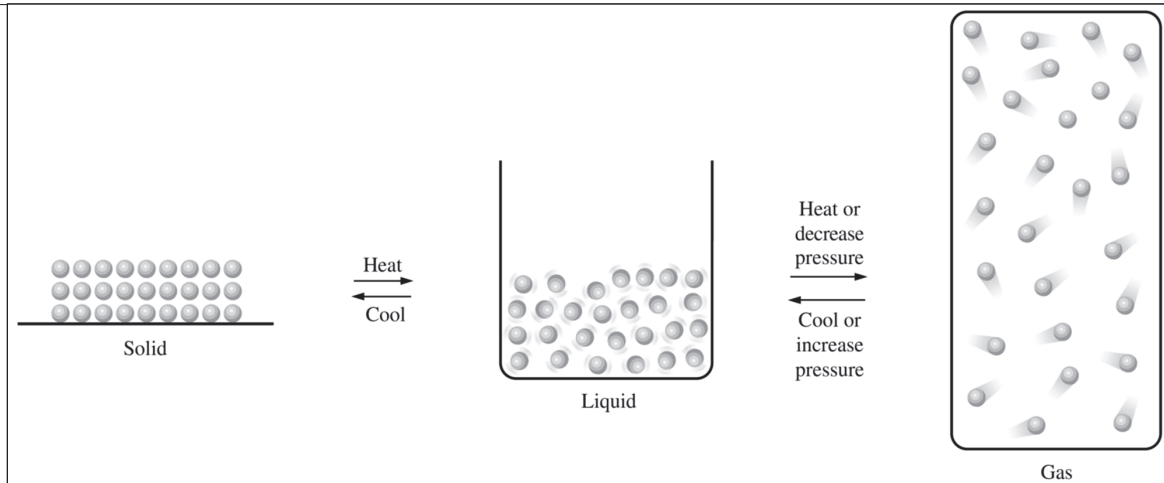


1

Sơ lược



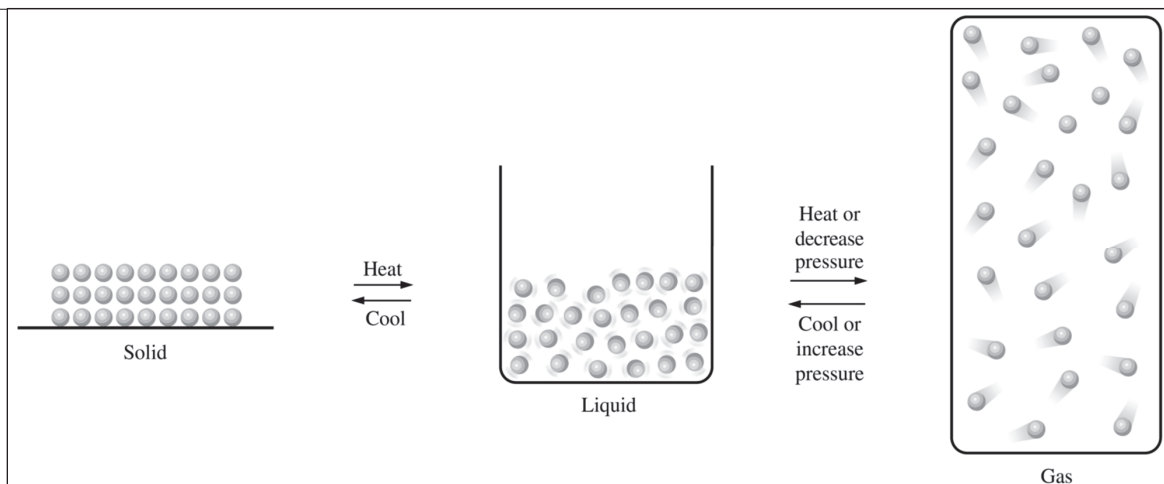
Sơ lược



Sự chuyển pha: là sự chuyển trạng thái của các hợp chất từ trạng thái tập hợp này sang trạng thái tập hợp khác

3

Sơ lược



Sự nóng chảy: trạng thái rắn → trạng thái lỏng.

Sự đông đặc: trạng thái lỏng → trạng thái rắn.

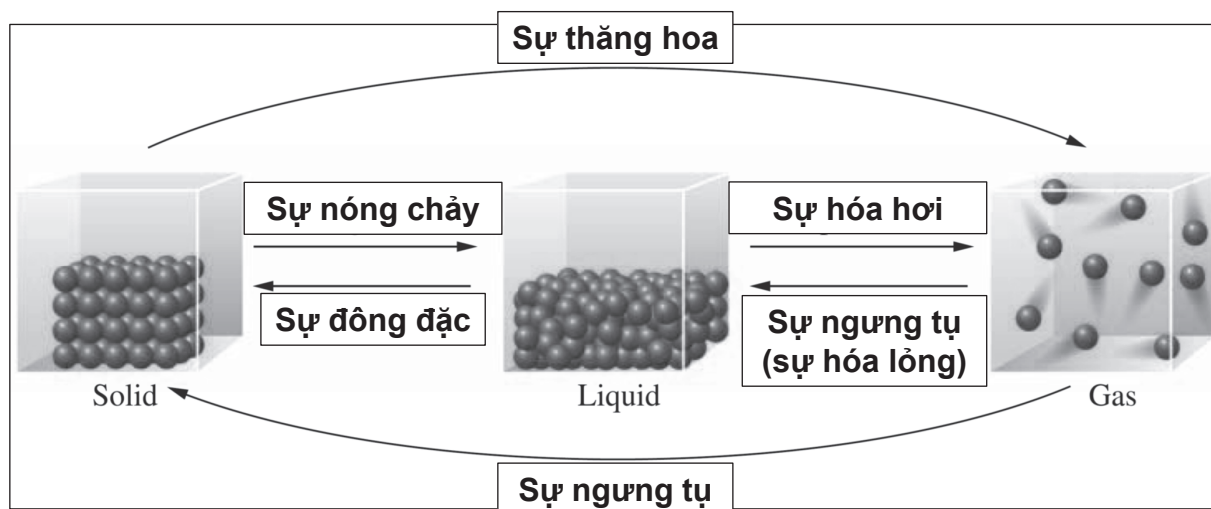
Sự hóa hơi: trạng thái lỏng hay rắn → trạng thái hơi.

Sự thăng hoa: trực tiếp từ trạng thái rắn → trạng thái hơi.

Sự ngưng tụ: trạng thái hơi → trạng thái rắn hay lỏng.

4

Sơ lược



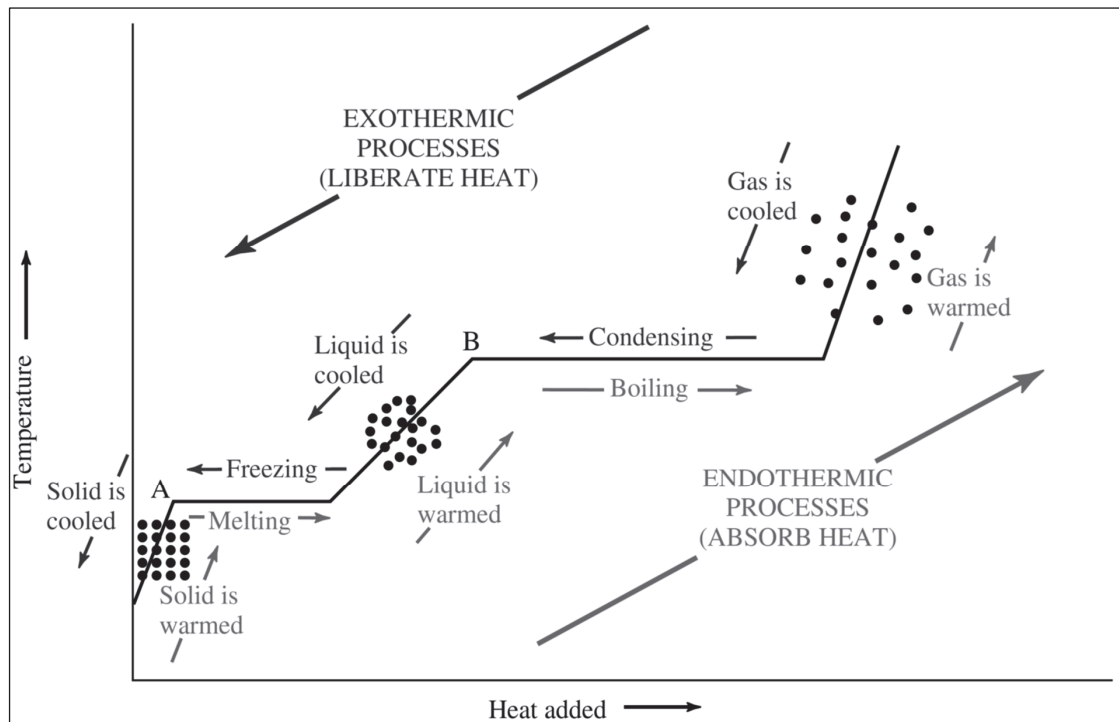
5

Sơ lược



6

Sơ lược



7

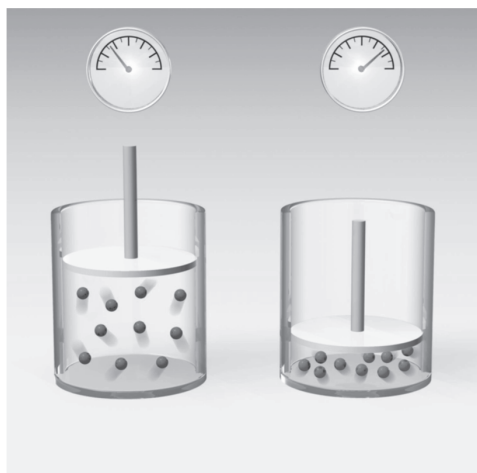
TRẠNG THÁI KHÍ

Tính chất căn bản của chất khí

9

Tính chất căn bản của chất khí

1. Khí có thể bị nén lại thành thể tích nhỏ hơn, có nghĩa là khối lượng riêng của chúng tăng lên.
2. Chất khí có khả năng khuếch tán, luôn chiếm đầy bình chứa, do đó có thể tích và hình dạng của bình chứa.



10

Tính chất căn bản của chất khí

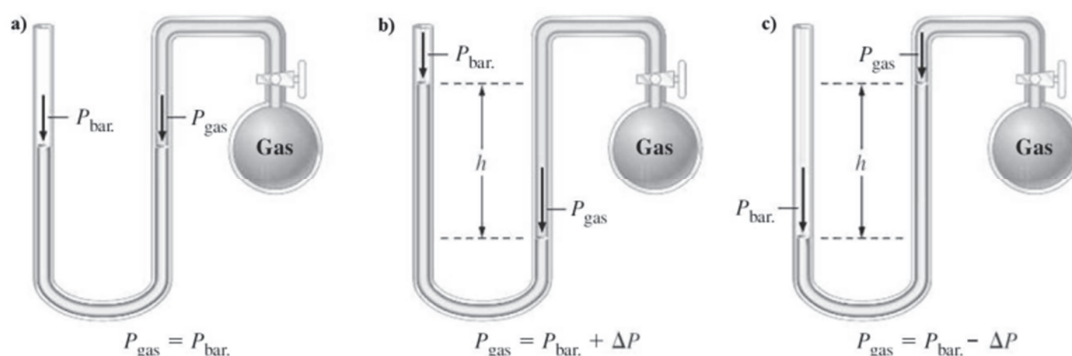
Áp suất chất khí (P): $P = \frac{\text{lực}}{\text{diện tích}}$ [Pa], 1 Pa = 1 Nm⁻².

| Đơn vị | Nguồn gốc | Định nghĩa |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| atm (standard atmosphere) | Áp suất trên mặt nước biển | 1 atm = 101325 Pa |
| mmHg | Áp kế | 1 mmHg = 133 322 Pa |
| torr | Tên của người chế tạo áp kế thủy ngân Torricelli | 1 torr = 1 mmHg = 133 322 Pa |
| Bar | Có cường độ tương tự như atm nhưng được chuyển thành số thập phân | 1 bar = 100000 Pa ≈ 1 atm |

11

Tính chất căn bản của chất khí

Áp suất chất khí (P): $P = \frac{\text{lực}}{\text{diện tích}}$ [Pa], 1 Pa = 1 Nm⁻².



$$\Delta P = g \times h \times d$$

g: gia tốc trọng trường

h: chiều cao chênh lệch của cột chất lỏng

d: khối lượng riêng của chất lỏng

12

Các định luật về khí

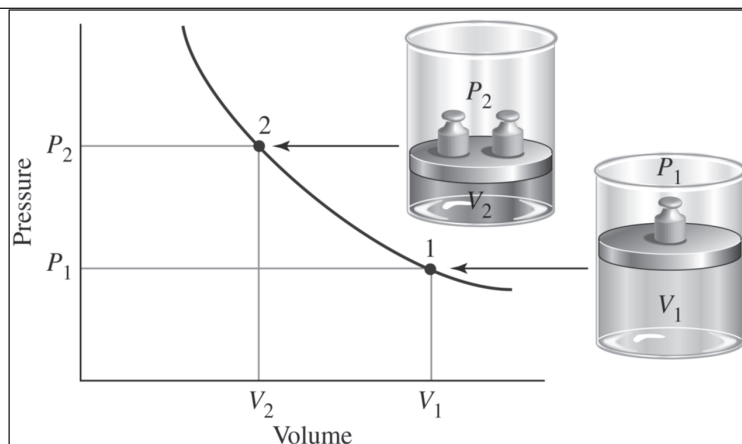
13

Định luật Boyle



Robert Boyle
(1627–1691)

Đối với một lượng khí nhất định ở nhiệt độ không đổi, thể tích khí tỷ lệ nghịch với áp suất khí.



$$P \propto \frac{1}{V} \text{ hay } P \times V = a \text{ (a là hằng số)}$$

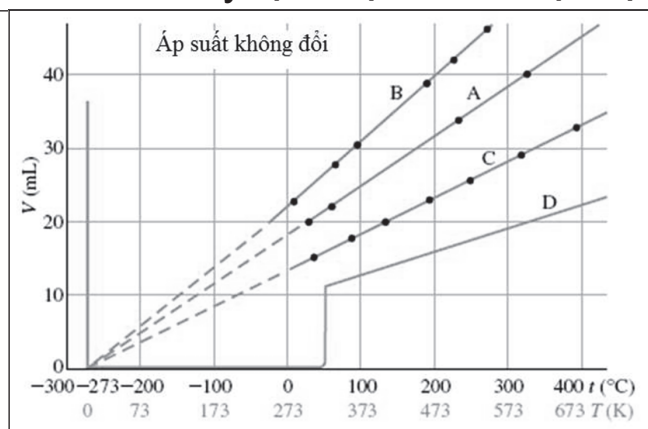
14

Định luật Charles



Jacques Charles
(1746–1823)

Đối với một lượng khí nhất định ở **áp suất không đổi**, thể tích khí tỷ lệ thuận với nhiệt độ.



$$V \propto T \text{ hay } V = b \times T \text{ (b là hằng số)}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= b \times T_1 \\ V_2 &= b \times T_2 \end{aligned} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

15

Điều kiện tiêu chuẩn về nhiệt độ và áp suất của chất khí

1. Vì các tính chất của chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.
2. Nên cần có một điều kiện chung để có thể so sánh các chất khí khác nhau.
3. Điều kiện này được gọi là điều kiện tiêu chuẩn (standard conditions of temperature and pressure – STP).

Điều kiện tiêu chuẩn về nhiệt độ và áp suất (STP)

0 °C và 1 bar = 10⁵ Pa

16

Định luật Avogadro

1808, Gay-Lussac

Ông cho rằng các khí phản ứng với nhau theo các tỷ lệ thể tích nhất định.

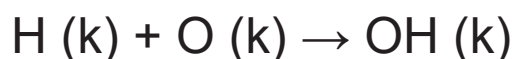
VD:

Hydrogen phản ứng với chlorine với tỷ lệ thể tích là 1:1

Hydrogen phản ứng với oxygen với tỷ lệ thể tích là 2:1

→ các thể tích khí bằng nhau chứa lượng nguyên tử bằng nhau

Dalton phủ định giả thuyết này vì cho rằng phản ứng là



Tỷ lệ thể tích của hydrogen/oxygen phải là 1:1

17

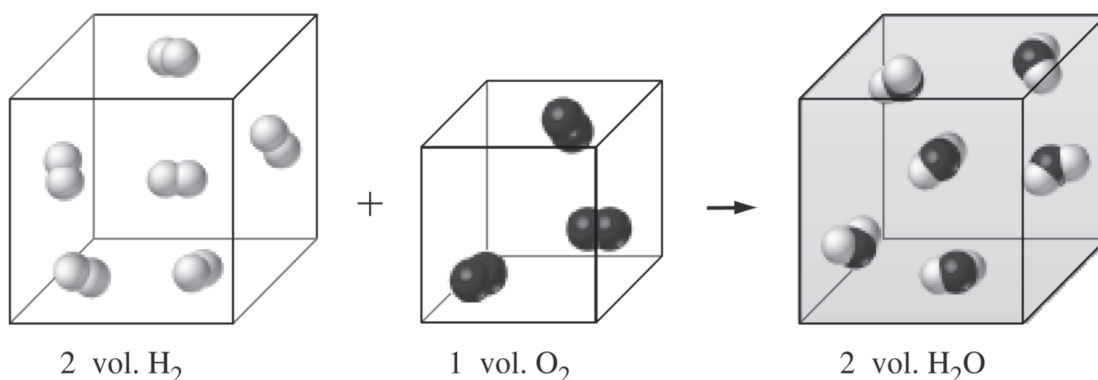
Định luật Avogadro



Amedeo Avogadro
(1776–1856)

1811, Avogadro

Nếu cho rằng hydrogen có dạng phân tử là H_2 , oxygen có dạng phân tử là O_2 và nước có dạng phân tử là H_2O .



18

Định luật Avogadro



Ở nhiệt độ và áp suất nhất định, thể tích khí tỷ lệ thuận với số mole khí.

$$V = c \times n$$

c là hằng số, n là số mol khí

Amedeo Avogadro
(1776–1856)

Nếu lấy $n = 1 \text{ mol} \rightarrow V = c \rightarrow c$ là thể tích của một mol khí
 $\rightarrow c$ là hằng số ở nhiệt độ và áp suất nhất định.

| Khí | KL phân tử (g/mol) | KL riêng (ở đktc) g/L | Thể tích mol L/mol | |
|----------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|---------------|
| | | | Ở đktc 0 °C, 1 Pa | Ở 0 °C, 1 atm |
| H ₂ | 2.01588 | 8.87104×10^{-2} | 22.724 | 22.427 |
| He | 4.00260 | 0.17615 | 22.722 | 22.425 |
| Khí lý tưởng | - | - | 22.711 | 22.414 |
| N ₂ | 28.0134 | 1.23404 | 22.701 | 22.404 |

19

Định luật khí lý tưởng

20

Định luật khí lý tưởng

Định luật Boyle: $V \propto \frac{1}{P}$

Định luật Charles: $V \propto T$

Định luật Avogadro: $V \propto n$

$$V \propto \frac{1}{P} \times T \times n$$



$$V = R \times \frac{1}{P} \times T \times n = \frac{nRT}{P}$$

$$PV = nRT$$

Thể tích khí tỷ lệ thuận với số mole khí và nhiệt độ Kelvin, tỷ lệ nghịch với áp suất khí

Ở áp suất không quá cao, nhiệt độ không quá thấp, các khí tuân theo định luật này được xem là *khí lý tưởng*.

21

Định luật khí lý tưởng

Hằng số khí lý tưởng R, được tính như sau

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.414 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273.15 \text{ K}} = 0.082057 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

| Hằng số khí lý tưởng R | |
|---|----------|
| atm L mol ⁻¹ K ⁻¹ | 0.082057 |
| bar L K ⁻¹ mol ⁻¹ | 0.083145 |
| kPa L K ⁻¹ mol ⁻¹ | 8.3145 |
| Pa m ³ mol ⁻¹ K ⁻¹ | 8.3145 |
| J mol ⁻¹ K ⁻¹ | 8.3145 |

Với cùng số mol khí n, ở hai trạng thái khác nhau ta có

$$PV = nRT \rightarrow n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

22

Định luật Dalton

Khi một hỗn hợp khí có tổng số mol khí là $n_{tổng} = n_1 + \dots + n_n$

$$\begin{aligned}\text{Áp suất tổng là } P_{tổng} &= P_1 + \dots + P_n = n_{tổng} \frac{RT}{V} \\ &= n_1 \frac{RT}{V} + \dots + n_n \frac{RT}{V}\end{aligned}$$

$$\text{Phần mol của mỗi khí là } x_i = \frac{n_i}{n_{tổng}} = \frac{P_i}{P_{tổng}}$$

$$\text{Và } x_1 + \dots + x_n = 1$$

Hỗn hợp khí mà các khí thành phần không có phản ứng với nhau ở điều kiện nhất định mới áp dụng được định luật này.

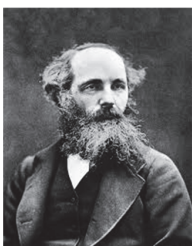
Thuyết động học phân tử

Thuyết động học phân tử

- Bất kỳ thể tích khí nào cũng chứa một lượng rất lớn các phân tử (hoặc nguyên tử nếu là khí hiếm).
- Các phân tử có kích thước vô cùng nhỏ và chuyển động không ngừng theo mọi hướng.
- Trong một thể tích khí, các phân tử ở rất xa nhau, có thể xem các phân tử khí là các điểm có khối lượng nhưng không có thể tích.
- Một phân tử khí chỉ có thể tương tác với các phân tử khí khác hay thành bình khi có sự va chạm, thời gian va chạm rất ít, hầu hết thời gian giữa các phân tử khí không có tương tác.
- Khi va chạm năng lượng của các phân tử khí có thể tăng hay giảm, nhưng nhiệt độ và áp suất của toàn bộ thể tích khí không thay đổi. Tức là tổng năng lượng không thay đổi.

25

Phân bố tốc độ của các phân tử khí – Phương trình Maxwell



James Clerk Maxwell
(1831 – 1879)



1. Các phân tử trong một chất khí chuyển động với tốc độ khác nhau,
2. Ta có thể dự đoán phần trăm các phân tử chuyển động ở một tốc độ nào đó.
3. Từ đó, Maxwell đã đưa ra phương trình mô tả sự phân bố của tốc độ các phân tử khí (u) có khối lượng mol M ở nhiệt độ T .

Phương trình phân bố của tốc độ các phân tử khí theo Maxwell (phương trình phân bố của Maxwell)

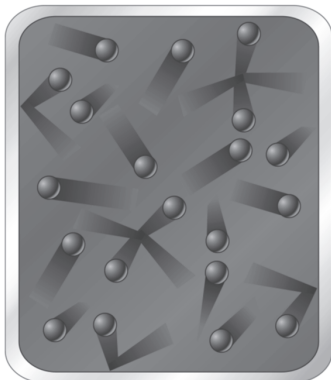
$$F(u) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} u^2 e^{-(Mu^2/2RT)}$$

26

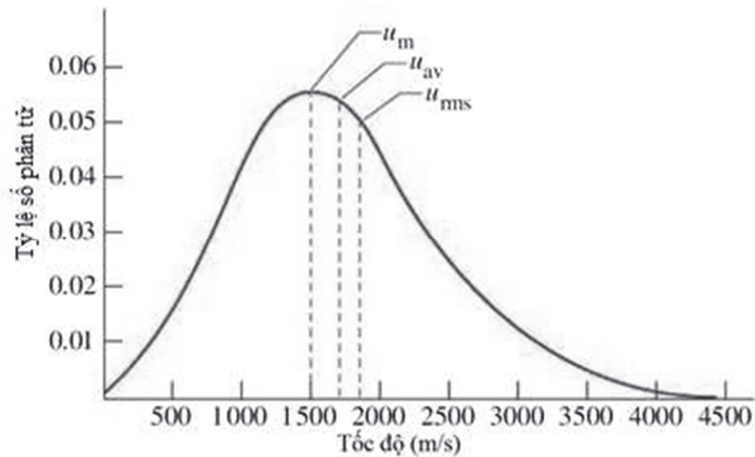
Phân bố tốc độ của các phân tử khí – Phương trình Maxwell



James Clerk Maxwell
(1831 – 1879)

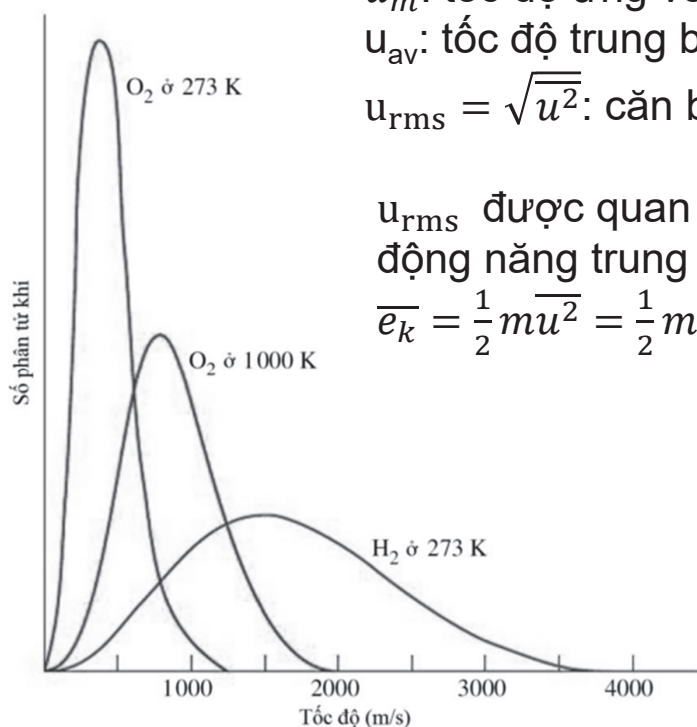


$$F(u) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} u^2 e^{-(Mu^2/2RT)}$$



27

Phân bố tốc độ của các phân tử khí – Phương trình Maxwell



u_m : tốc độ ứng với tỷ lệ phân tử cao nhất

u_{av} : tốc độ trung bình

$u_{rms} = \sqrt{\overline{u^2}}$: căn bậc hai của $\overline{u^2}$

u_{rms} được quan tâm nhất vì liên quan đến động năng trung bình của chất khí:

$$\overline{e_k} = \frac{1}{2} m \overline{u^2} = \frac{1}{2} m u_{rms}^2$$

Đối với khí lý tưởng

$$u_{rms} = \sqrt{\overline{u^2}} = \sqrt{\frac{3R}{M}}$$

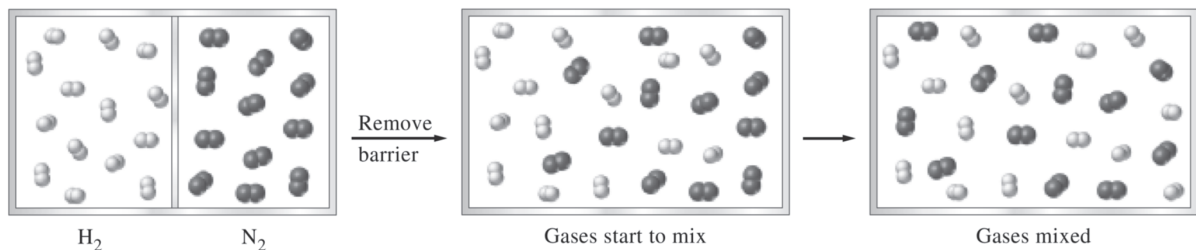
28

Sự khuếch tán và sự thoát khí qua lỗ nhỏ theo thuyết động học phân tử – Định luật Graham

29

Sự khuếch tán và sự thoát khí qua lỗ nhỏ

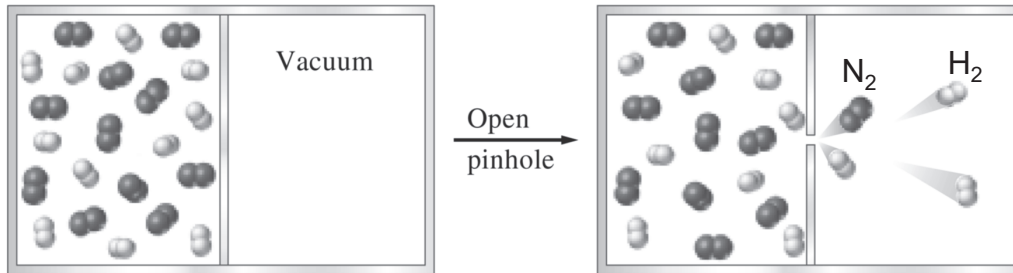
1. Chất khí liên tục chuyển động theo mọi hướng trong không gian → sự khuếch tán (diffusion) ra không gian xung quanh và sự trộn lẫn các khí khi chúng tiếp xúc với nhau.



30

Sự khuếch tán và sự thoát khí qua lỗ nhỏ

2. Sự thoát khí qua lỗ nhỏ (effusion). Các phân tử nhẹ hơn thoát ra với tốc độ cao hơn.



$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{u_{rms. A}}{u_{rms. B}} = \sqrt{\frac{3RT/M_A}{3RT/M_B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

Định luật Graham chỉ đúng với trường hợp khí ở áp suất thấp thoát ra lỗ rất nhỏ. không dùng để định lượng sự khuếch tán vì có thể có sự khuếch tán ngược dòng.

31

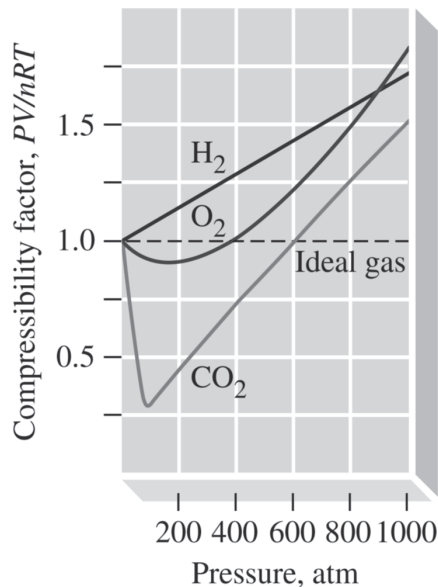
Khí thực

32

Khí thực

$$PV = nRT \rightarrow \frac{PV}{nRT} = 1$$

Ta có, hệ số nén của khí lý tưởng là 1



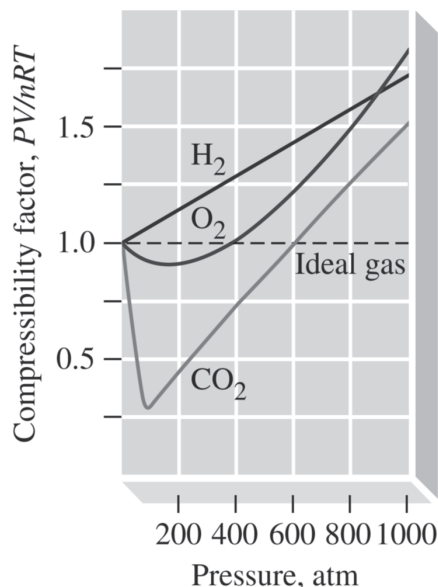
1. Ở áp suất thấp, khoảng dưới 1 atm, có thể xem các khí là khí lý tưởng.
2. Ở áp suất cao, hệ số nén luôn khác 1 → khí không còn lý tưởng.
3. Ở áp suất trung bình, lực tương tác đủ lớn → hệ số nén < 1.

33

Khí thực

$$PV = nRT \rightarrow \frac{PV}{nRT} = 1$$

Ta có, hệ số nén của khí lý tưởng là 1



1. Các phân tử khí có tương tác với nhau, tùy vào bản chất và điều kiện mà lực tương tác giữa các phân tử khí thay đổi.
2. Khi áp suất tăng và nhiệt độ giảm → V giảm nhưng không thể bằng 0. Vì vậy, hệ số nén luôn lớn hơn 1 khi P cao.
3. Các khí chỉ biểu hiện là khí lý tưởng ở nhiệt độ khá cao, áp suất thấp.

34

Khí thực – Phương trình van der Waals

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

1. $\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)$ do có tương tác hút giữa các phân tử khí nên khí thực dễ nén hơn hơn khí lý tưởng, khí thực tương tác lên thành bình yếu hơn khí lý tưởng, áp suất khí thực nhỏ hơn. $\frac{an^2}{V^2}$ biểu diễn cho tương tác giữa các phân tử khí thực.
2. $(V - nb)$ giá trị nb đại diện cho thể tích thực của khí khi hóa lỏng.
3. Giá trị a và b được gọi là hệ số van der Waals, được xác định bằng thực nghiệm