

PHẦN II

NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CHƯƠNG 1. Thuyết động học phân tử chất khí

CHƯƠNG 2. Nguyên lý I nhiệt động lực học

CHƯƠNG 3. Nguyên lý II nhiệt động lực học

CHƯƠNG 4. Khí thực và chuyển pha

THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ

1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí
2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng
3. Thuyết động học phân tử
4. Định luật phân bố phân tử theo vận tốc Maxwell
5. Nội năng khí lý tưởng
6. Định luật phân bố hạt theo thế năng Boltzmann

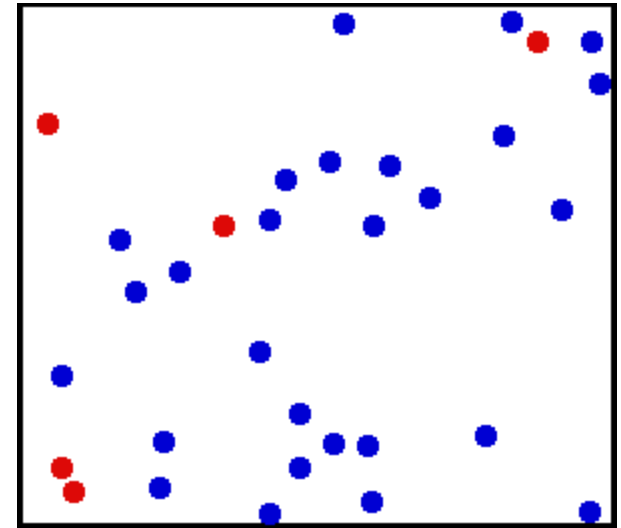
1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí

Hệ nhiệt động

☞ Hệ vật lý bao gồm một số lớn các hạt (nguyên tử, phân tử) luôn có CĐ nhiệt hỗn loạn và trao đổi NL cho nhau.

☞ Có thể là khối khí, chất rắn, chất lỏng.

☞ Các vật bên ngoài hệ đang xét gọi là môi trường bên ngoài (xung quanh).



☞ Hệ cô lập:

◆ Nhiệt: Hệ không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài

◆ Cơ: Hệ không trao đổi công với môi trường bên ngoài

☞ Hệ không cô lập: Hệ có tương tác hay trao đổi công hoặc nhiệt với môi trường bên ngoài

1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí

Áp suất

☞ Trong bình kín: Đại lượng vật lý có độ lớn bằng lực nén vuông góc (F_n) của các phân tử khí lên một diện tích (S) thành bình.

$$p = \frac{F_n}{S}$$

☞ Khí quyển: Đại lượng vật lý có độ lớn bằng trọng lực khối khí tác dụng lên một diện tích (S).

☞ Đơn vị: N/m² (Pa)

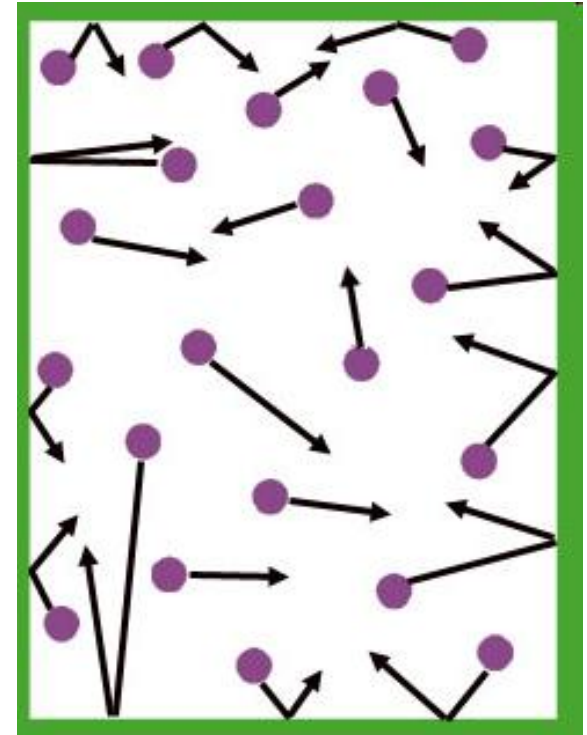
◆ 1 at (kỹ thuật) = $9,8 \cdot 10^4$ Pa

◆ 1 atm (tiêu chuẩn) = 1,033 at = $1,013 \cdot 10^5$ Pa

◆ 1 mmH₂O = 9,81 Pa

◆ 1 bar = 100 Pa

◆ 1 Torr = 1,333 mbar = 133,3 Pa

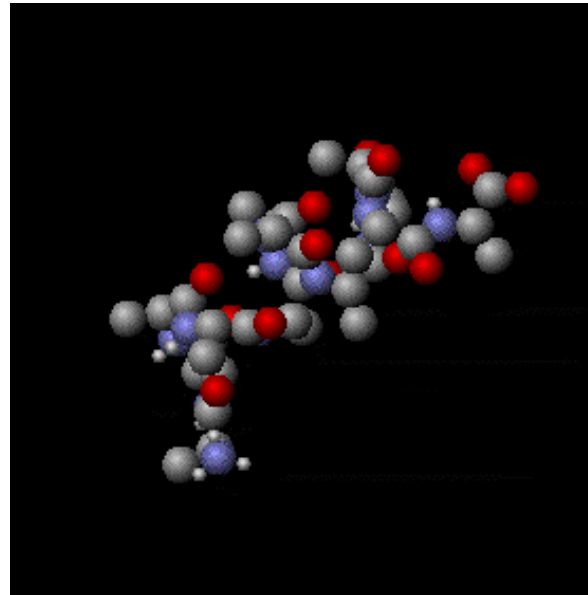


1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí

Nhiệt độ

☞ Đại lượng vật lý đặc trưng cho tính chất nóng lạnh \Leftrightarrow cường độ CĐ của các phân tử của hệ

☞ Xác định bằng dụng cụ gọi là nhiệt kế

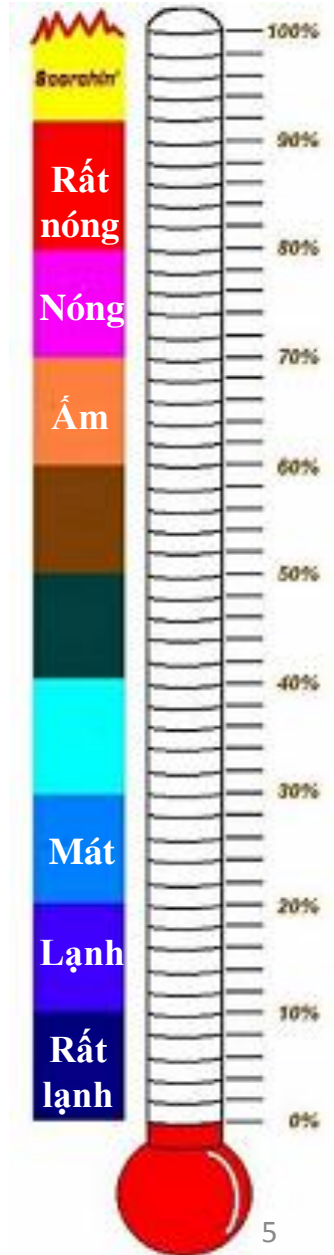


◆ Nhiệt độ Celsius: xác định bằng dải đo từ 0 – 100, theo đó 0 °C tương ứng nhiệt độ đóng băng của nước và 100 °C tương ứng nhiệt độ sôi của nước (áp suất tiêu chuẩn)

◆ Nhiệt độ tuyệt đối: liên quan đến khái niệm “độ 0 tuyệt đối” - nhiệt độ lý thuyết lạnh nhất.

☞ Đơn vị (nhiệt độ nhiệt động học): K (Kelvin)

◆ $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$



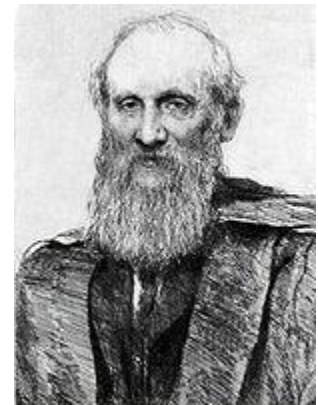
1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí

Nhiệt độ

☞ Các thang nhiệt độ điển hình

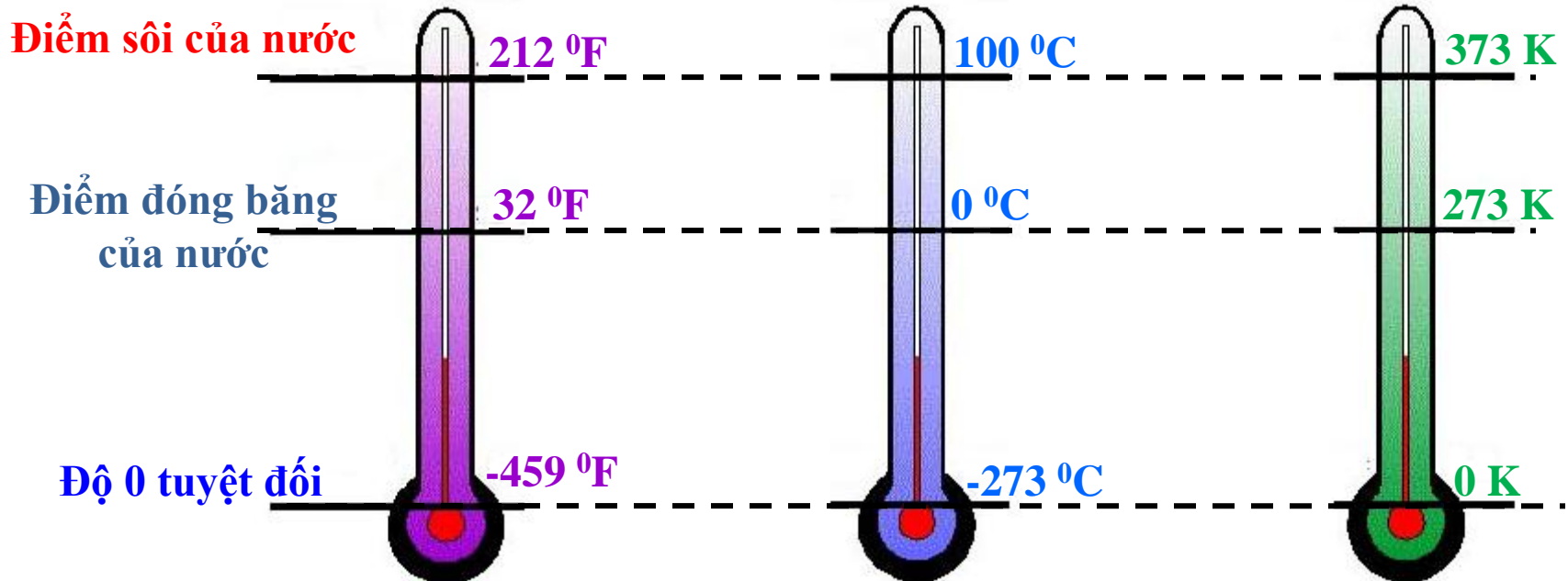


Daniel Gabriel Fahrenheit
(1686-1736)



**William Thomson
Lord Kelvin**
(1824-1907)

Anders Celcius
(1701-1744)



1. Các đặc trưng cơ bản của chất khí

Trạng thái

☞ Trạng thái: Tập hợp các tính chất vật lý xác định, đặc trưng bởi một đại lượng vật lý của hệ.

◆ Nóng lạnh đặc trưng bởi nhiệt độ.

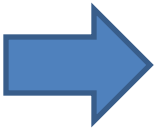
◆ Đặc, loãng đặc trưng bởi thể tích và nhiệt độ.

◆ Nén nhiều hay ít đặc trưng bởi áp suất.

☞ Các đại lượng vật lý: các thông số trạng thái gồm các thông số độc lập và thông số phụ thuộc.

◆ Khối khí: 3 thông số (thể tích V , áp suất p và nhiệt độ T) \Rightarrow chỉ có 2 thông số độc lập, thông số thứ 3 là phụ thuộc

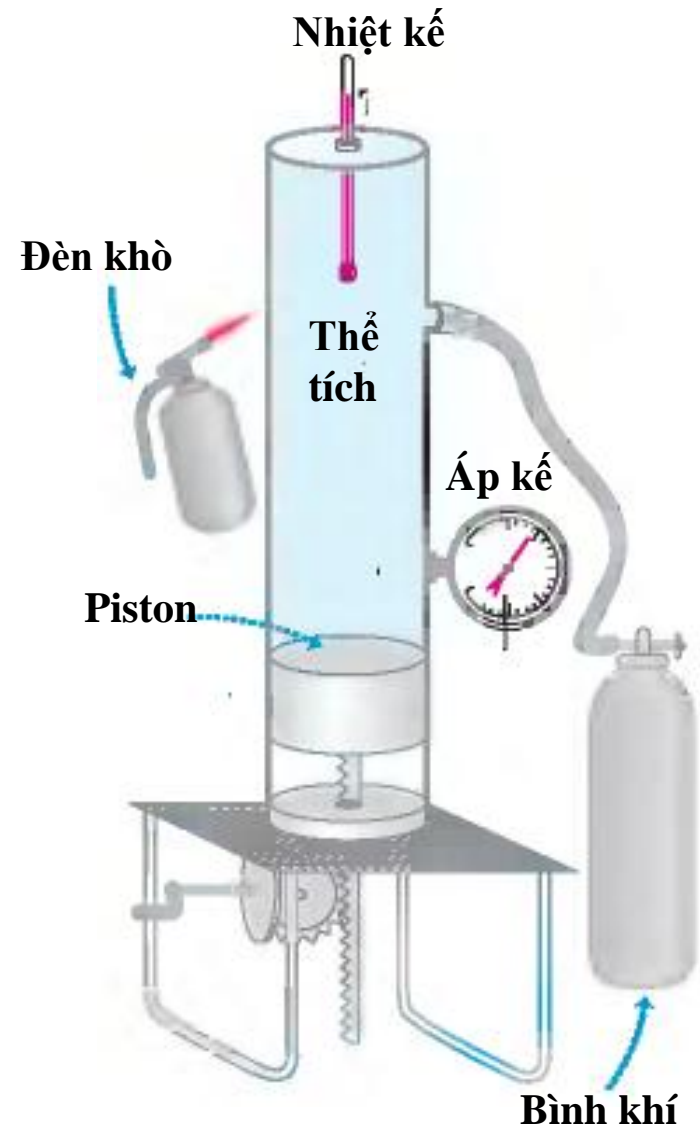
☞ Phương trình trạng thái: Biểu diễn mối liên hệ giữa các thông số độc lập và phụ thuộc: $f(p, V, T) = 0$



2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

Công cụ thí nghiệm

- ✎ Xy-lanh + piston có thể di chuyển để thay đổi thể tích (V)
- ✎ Bình khí cung cấp khí vào xy-lanh để thay đổi khối lượng (m) khí trong bình hoặc số các phân tử khí (n)
- ✎ Dụng cụ tạo nhiệt để thay đổi nhiệt độ (T) khí trong xy-lanh
- ✎ Đồng hồ đo áp suất (p) thay đổi khi được cung cấp thêm khí từ bình hoặc do thay đổi thể tích hoặc do thay đổi nhiệt độ.
- ✎ Nhiệt kế đo nhiệt độ (T)



2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

Khí lý tưởng

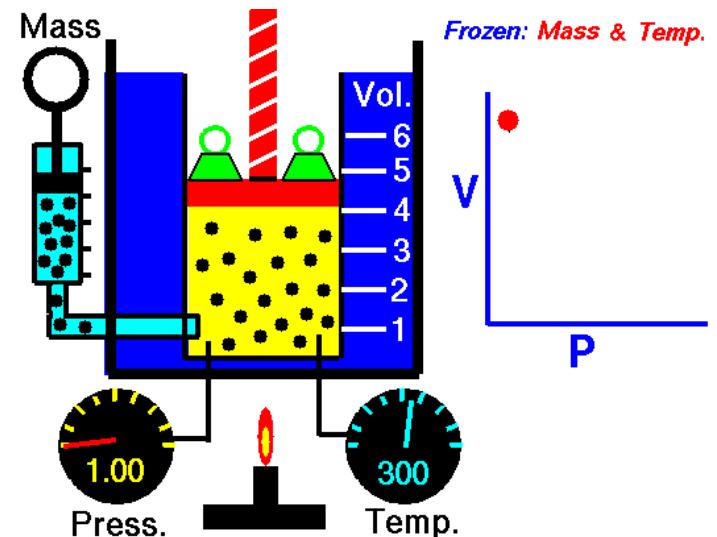
- ☞ Mô hình khí lý thuyết bao gồm tập hợp các chất điểm chuyển động ngẫu nhiên (hỗn loạn) và va chạm đàn hồi với nhau.
- ☞ Mô hình chỉ tuân theo các định luật chất khí lý tưởng – một dạng các phương trình đơn giản nhất mô tả các quá trình nhiệt động.

Các định luật thực nghiệm

Boyle-Mariotte

- ☞ Với một khối khí xác định ($m = \text{const}$), khi nhiệt độ tuyệt đối T của khối khí không đổi ($T = \text{const}$), thì tích giữa áp suất và thể tích của khối khí là một hằng số.

$$pV = \text{const}$$



2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

Các định luật thực nghiệm

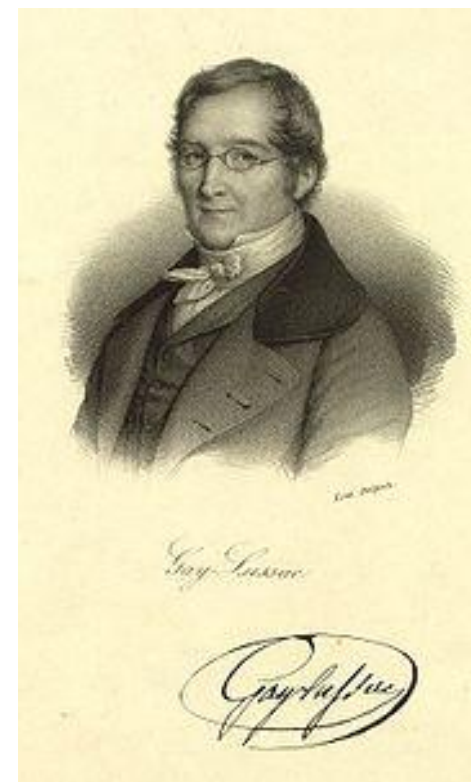
Gay-Lussac

☞ Với một khối khí xác định ($m = \text{const}$), khi thể tích của khối khí không đổi ($V = \text{const}$), thì áp suất của khối khí tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối T của khối khí

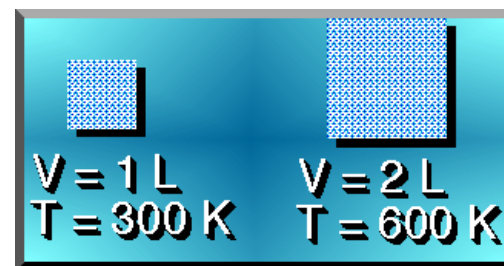
$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

☞ Với một khối khí xác định ($m = \text{const}$), khi áp suất của khối khí không đổi ($P = \text{const}$), thì thể tích của khối khí tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối T

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$



Joseph Louis Gay-Lussac
(1778-1850)



2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

Phương trình trạng thái

☞ Xét khối khí xác định biến đổi từ trạng thái p_1, V_1, T_1 (điểm M_1) sang trạng thái p_2, V_2, T_2 (điểm M_2)

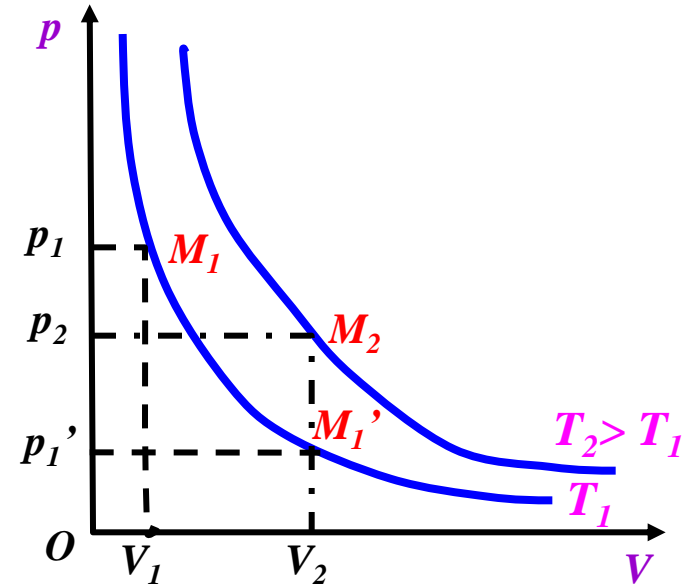
♦ Giai đoạn 1: giữ nhiệt độ khối khí $T_1 = \text{const}$ để trạng thái khối khí chuyển từ M_1 sang M_1' (p_1', V_2, T_1).

⇒ Theo ĐL Boy-Mariotte:

$$p_1 \cdot V_1 = p_1' \cdot V_2 \Leftrightarrow p_1' = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

♦ Giai đoạn 2: giữ nguyên thể tích khối khí $V_2 = \text{const}$ để trạng thái khối khí chuyển từ M_1' sang M_2 .

⇒ Theo ĐL Gay-Lussac: $\frac{p_1'}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Leftrightarrow \frac{pV}{T} = \text{const}$



2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

Phương trình trạng thái

☞ Đặt $R = \text{const}$

☞ Đối với 1 mol khí lý tưởng, khối khí chứa $6,023 \cdot 10^{23}$ phân tử với khối lượng phân tử $m = \mu \text{ kg}$, trạng thái của lượng khí đó được xác định bởi áp suất (P), thể tích (v) và nhiệt độ tuyệt đối (T) của khối khí \Rightarrow phương trình:

$$pv = RT$$

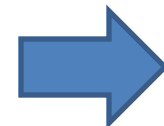
☞ Đối với 1 khối lượng khí bất kỳ ($m \text{ kg}$) \Rightarrow có: $V = \frac{m}{\mu} v \Rightarrow pV = \frac{m}{\mu} RT$

♦ Ở điều kiện tiêu chuẩn ($P_0 = 1,033 \text{ at} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_0 = 273 \text{ K}$) mọi khối khí đều có $V_0 = 22,40 \text{ dm}^3$, tức là:

$$R = \frac{p_0 V_0}{T_0} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

♦ Xét 1 mol khí thể tích tính bằng *lit*, áp suất đo bằng *at*, có: $R = 0.0848 \frac{\text{lit.at}}{\text{mol.K}}$

☞ Khối lượng riêng khí lý tưởng: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{RT}$



3. Thuyết động học phân tử chất khí

Cơ sở thực nghiệm

☞ Vật chất (chất khí) cấu tạo từ các phân tử, nguyên tử

☞ 1 mol chứa $N = 6,023 \cdot 10^{23}$ phân tử, có kích thước $\sim 10^{-10}$ m

☞ Tổng thể tích các phân tử $<$ thể tích toàn bộ vật

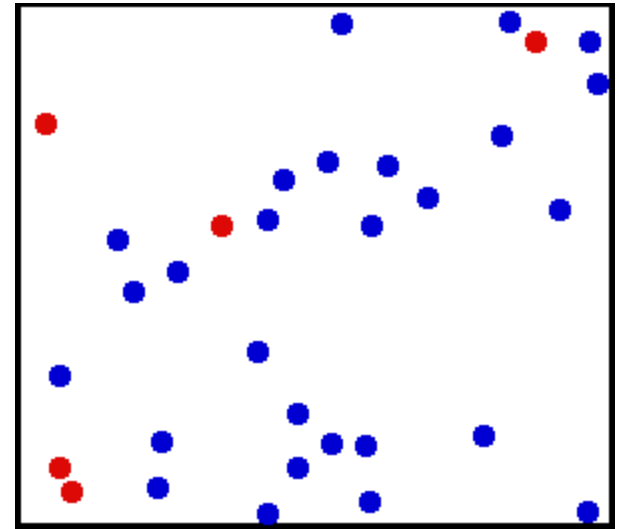
☞ Các phân tử CĐ hỗn loạn, ngẫu nhiên (CĐ Brown)

☞ Mỗi phân tử là một hệ mang điện \Rightarrow giữa các phân tử có tương tác (lực đẩy hoặc hút):

◆ Khoảng cách $r < 3 \cdot 10^{-10}$: các phân tử đẩy nhau

◆ Khoảng cách $r > 3 \cdot 10^{-10}$: các phân tử hút nhau

◆ Khoảng cách $r > 15 \cdot 10^{-10}$: có thể bỏ qua tương tác giữa các phân tử.



3. Thuyết động học phân tử chất khí

Nội dung (bao gồm các giả thuyết)

- ☞ Các chất cấu tạo gián đoạn và gồm một số rất lớn các phân tử (có dạng hình cầu) và áp suất khối khí tỷ lệ với mật độ phân tử.
- ☞ Các phân tử CĐ hỗn loạn không ngừng.
- ☞ Cường độ CĐ phân tử biểu hiện nhiệt độ của hệ.
- ☞ Kích thước của phân tử rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng (có thể bỏ qua kích thước và coi phân tử như là chất điểm trong một số tính toán).
- ☞ Các phân tử không tương tác với nhau trừ lúc va chạm. Sự va chạm giữa các phân tử với nhau cũng như giữa các phân tử với thành bình tuân theo những quy luật của va chạm đàn hồi.

3. Thuyết động học phân tử chất khí

Xây dựng phương trình cơ bản

☞ Xét bình khí hình lập phương:

◆ Mật độ phân tử khí TB: n_0

◆ Các phân tử khí có vận tốc TB như nhau (v) và có phương CĐ \perp thành bình

◆ Nếu F là lực tác dụng lên diện tích ΔS thành bình \Rightarrow áp suất:

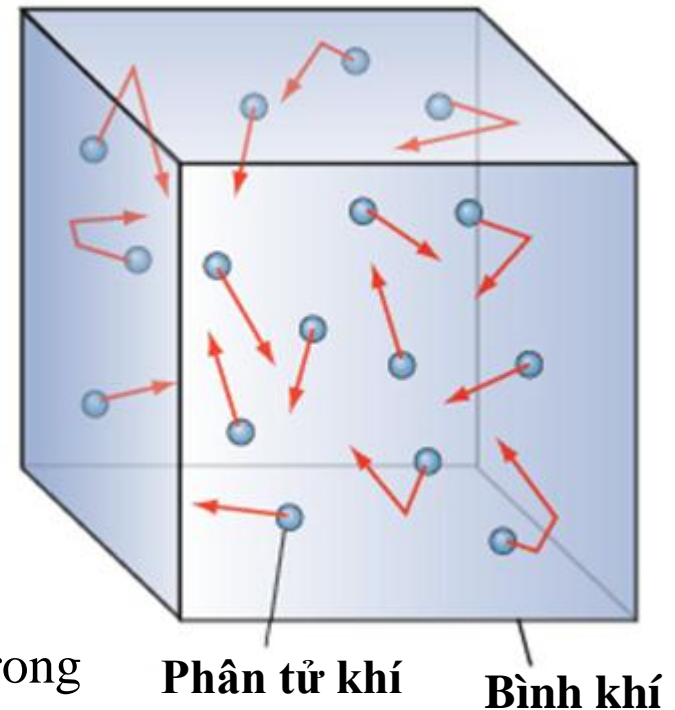
$$p = \frac{F}{\Delta S}$$

☞ Số phân tử có vận tốc v đến đập lên ΔS trong thời gian Δt :

$$n = n_0 \cdot v \cdot \Delta t \cdot \Delta S$$

☞ Do CĐ hỗn loạn và số phân tử lớn \Rightarrow khả năng chỉ có $n/6$ phân tử thực sự tới được ΔS

$$\Delta n = \frac{n}{6} = \frac{1}{6} n_0 \cdot v \cdot \Delta t \cdot \Delta S$$



3. Thuyết động học phân tử chất khí

Xây dựng phương trình cơ bản

☞ Xung lượng của lực f mà thành bình tác dụng lên 1 phân tử trong thời gian va chạm:

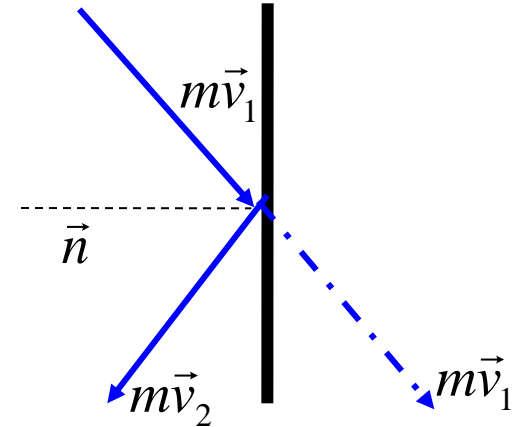
$$f.\Delta t = mv_2 - mv_1 = -mv - mv = -2mv$$

☞ ĐL 3 Newton \Rightarrow xung lượng của lực f mà 1 phân tử tác dụng lên thành bình trong thời gian va chạm đó có cùng độ lớn $= 2mv$.

☞ Trong thời gian Δt có Δn phân tử tác dụng lên thành bình \Rightarrow xung lượng tổng cộng:

$$F\Delta t = \Delta n.2mv = \frac{1}{6}n_0.v.\Delta t.\Delta S.2mv$$
$$\Rightarrow F = \frac{1}{3}n_0.\Delta S.mv^2$$

☞ Áp suất phân tử tác dụng lên thành bình: $p = \frac{1}{3}n_0.mv^2$



3. Thuyết động học phân tử chất khí

Động năng phân tử khí

☞ Thực tế, các phân tử CĐ với vận tốc khác nhau $\Rightarrow v^2$ được thay bằng trung bình bình phương vận tốc các phân tử: $\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n}$

♦ Khi đó: $p = \frac{1}{3} n_0 \cdot \overline{mv^2} = \frac{2}{3} n_0 \cdot \frac{\overline{mv^2}}{2}$

☞ Động năng tịnh tiến TB của các phân tử: $\overline{W} = \frac{\overline{mv^2}}{2}$

☞ *Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử: $p = \frac{1}{3} n_0 \cdot \overline{mv^2} = \frac{2}{3} n_0 \cdot \overline{W}$*

☞ Theo phương trình trạng thái đ/v 1 mol khí lý tưởng $p = \frac{RT}{V}$

♦ $\overline{W} = \frac{3}{2} \frac{RT}{n_0 V} = \frac{3}{2} \frac{R}{N} T = \frac{3}{2} kT \Rightarrow \text{CĐ phân tử là CĐ nhiệt}$

♦ k là hằng số Boltzmann, có giá trị: $k = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J / K}$

3. Thuyết động học phân tử chất khí

Vận tốc căn quân phương

☞ Còn gọi là vận tốc toàn phương TB - $\sqrt{v^2}$

☞ Có: $\bar{W} = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2}kT \Rightarrow v_c = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

vì: $k = \frac{R}{N}$ và $N.m = \mu$ } $v_c = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$

Mật độ phân tử

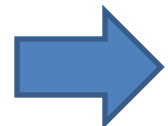
☞ Có: $n_0 = \frac{3p}{2\bar{W}}$ thay $\bar{W} = \frac{3}{2}kT \Rightarrow n_0 = \frac{p}{kT}$

♦ Ở cùng 1 áp suất và nhiệt độ, mọi chất khí đều có cùng một mật độ phân tử

♦ ĐK chuẩn: $p_0 = 1,013.10^5$ Pa, $T_0 = 273$ K, 1 m³ khí chứa

$$n_0 = \frac{1.013.10^5}{1,38.10^{-23}.273} = 2,687.10^{25} \text{ (phân tử/m}^3\text{)}$$

♦ Ph/tr liên hệ giữa áp suất và nhiệt độ: $p = n_0.kT$



4. Định luật phân bố phân tử theo vận tốc

Xác suất và giá trị TB

☞ Số phân tử trong khối khí lớn và CĐ hỗn loạn \Rightarrow các đại lượng vật lý đặc trưng CĐ như vận tốc, động lượng, động năng ... khác nhau với mỗi phân tử \Rightarrow không thể khảo sát riêng rẽ mà xét CĐ của tập thể phân tử với các đại lượng TB đặc trưng CĐ

☞ Giá trị vận tốc TB của n_i phân tử có vận tốc v_i

$$\bar{v} = \frac{n_1 v_1 + n_2 v_2 + \dots + n_n v_n}{n} = \frac{n_1 v_1 + n_2 v_2 + \dots + n_n v_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} = \frac{\sum_i n_i v_i}{\sum_i n_i}$$
$$\Rightarrow \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_i n_i v_i = \sum_i \frac{n_i}{n} v_i = \sum_i P_i v_i$$

♦ $P_i = \sum_i \frac{n_i}{n}$: xác suất để tìm thấy phân tử có vận tốc là v_i , có giá trị từ 0 đến 1

♦ Áp dụng xác định giá trị vận tốc TB toàn phương: $\overline{v^2} = \sum_i P_i v_i^2$

4. Định luật phân bố phân tử theo vận tốc

Nội dung

☞ Vận tốc các phân tử của 1 khối khí có giá trị từ $0 \rightarrow \infty$ và biến thiên liên tục \Rightarrow khó xác định giá trị nhất định của vận tốc, mà chỉ có thể xác định số phân tử có vận tốc trong 1 khoảng nào đó

☞ Nếu dn số phân tử của một khối khí (n phân tử) có giá trị vận tốc trong khoảng $(v, v+dv) \Rightarrow$ tỉ lệ phân tử có vận tốc trong khoảng này đc xác định:

$$\frac{dn}{n} = F(v)dv \quad (*) \text{ với } F(v) \text{ gọi là hàm phân bố vận tốc.}$$

☞ Ý nghĩa của dn/n : $(*) \Leftrightarrow dn = nF(v)dv \Rightarrow$ lấy tích phân 2 vế cho cả khối khí,

$$\int_0^n dn = n \int_0^\infty F(v)dv \quad (**)$$

với $(**)$: $VT = n \Rightarrow \int_0^\infty F(v)dv = 1$ là khả năng để hạt có vận tốc v xác định.

♦ dn/n được coi là xác suất để phân tử có vận tốc trong khoảng $(v, v+dv)$.

☞ Hàm phân bố vận tốc Maxwell: $F(v) = \text{const.} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$

$$\Rightarrow \frac{dn}{n} = F(v)dv = \text{const.} \cdot v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \cdot dv : \text{Định luật phân bố phân tử theo vận tốc.}$$

4. Định luật phân bố phân tử theo vận tốc

Nội dung

☞ Hằng số của hàm phân bố vận tốc Maxwell: $const = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2}$

$$\Rightarrow \frac{dn}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \cdot dv$$

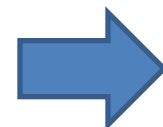
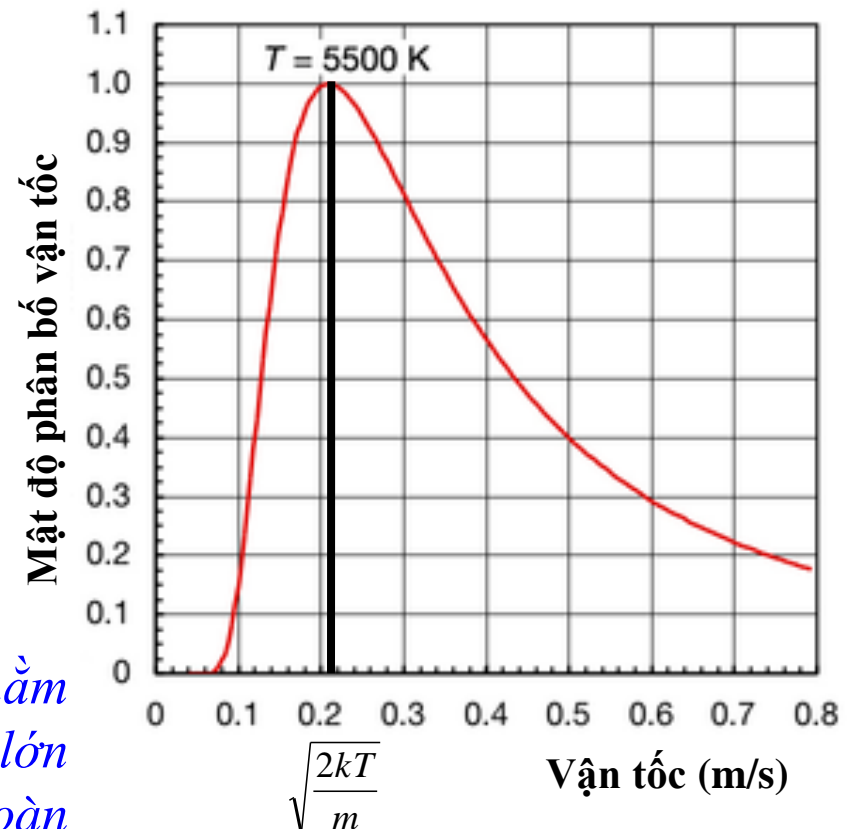
♦ Cực đại tương ứng giá trị vận tốc

$$v_{xs} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

♦ v_{xs} : vận tốc có xác suất lớn nhất là vận tốc mà đa số phân tử đạt được.

☞ Vận tốc TB : $\bar{v} = n \int_0^{\infty} F(v) v dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$

♦ $v_{xs} < \bar{v} < v_c$: *trị số của vận tốc TB nằm giữa vận tốc có xs lớn nhất và vận tốc toàn phương TB.*



5. Nội năng khí lý tưởng

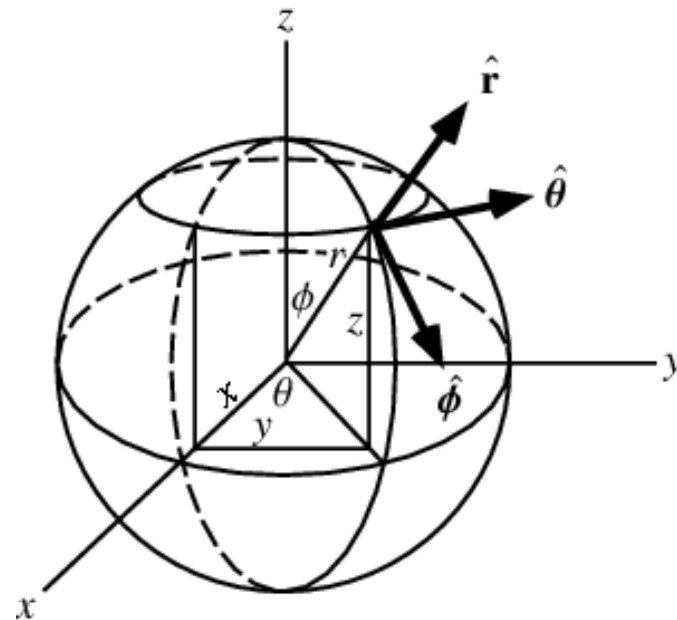
Bậc tự do (degree of freedom – DOF)

☞ Số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của vật thể trong không gian.

♦ Phân tử 1 nguyên tử \Leftrightarrow chất điểm \Rightarrow chỉ có CĐ tịnh tiến \Rightarrow cần 3 tọa độ độc lập (x, y, z) để mô tả vị trí \Rightarrow phân tử có 3 bậc tự do.

♦ Phân tử 2 nguyên tử \Leftrightarrow hệ 2 chất điểm cách nhau 1 đoạn cố định \Rightarrow có CĐ tịnh tiến và CĐ quay \Rightarrow cần 3 tọa độ độc lập (x, y, z) để mô tả vị trí nguyên tử thứ nhất và 2 tọa độ cực độc lập (θ, ϕ) để mô tả vị trí nguyên tử thứ hai \Rightarrow phân tử có 5 bậc tự do.

♦ Phân tử có số nguyên tử $\geq 3 \Leftrightarrow$ cần 5 tọa độ độc lập để mô tả vị trí 2 nguyên tử đầu tiên và 1 tọa độ cực độc lập (α) xoay quanh trục đi qua 2 nguyên tử đầu để mô tả vị trí nguyên tử thứ ba \Rightarrow phân tử có 6 bậc tự do.



5. Nội năng khí lý tưởng

Khái niệm

☞ Vật chất cấu tạo từ phân tử và nguyên tử. Các phân tử và nguyên tử cấu tạo từ các hạt cơ bản. Các hạt này có động năng và thế năng (tương tác)

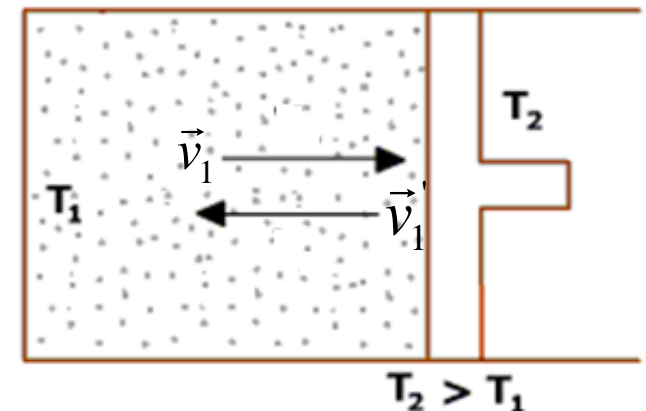
◆ *Nội năng: Phần NL ứng với CĐ bên trong của vật, gồm tổng động năng của phân tử và thế năng tương tác giữa chúng*

◆ *Với khí lý tưởng, các phân tử không tương tác với nhau \Rightarrow nội năng chỉ gồm tổng động năng của các phân tử.*

Nội năng khối khí (nhiệt độ T_1) đựng trong 1 xy-lanh

☞ Nhiệt độ vách xy-lanh $T_2 > T_1$ và piston được giữ cố định:

◆ Các phân tử khí CĐ nhiệt (vận tốc v_1) sẽ tới va chạm phân tử của vách xy-lanh và bật trở lại (vận tốc v_1')



5. Nội năng khí lý tưởng

Nội năng khối khí (nhiệt độ T_1) đựng trong 1 xy-lanh

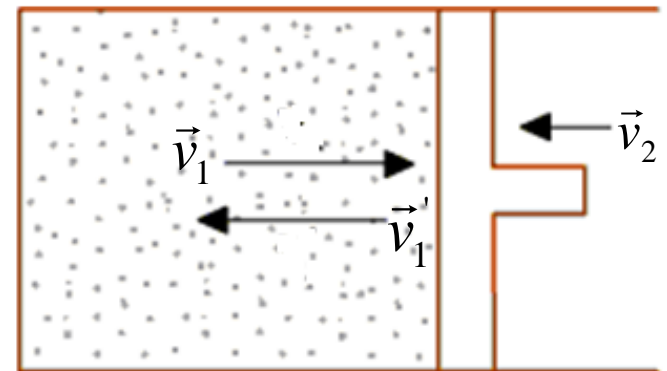
♦ Động năng TB của phân tử vách xy-lanh lớn hơn động năng TB phân tử khí (do $T_2 > T_1$).

♦ Sau va chạm: các phân tử khí nhận thêm NL từ các phân tử của vách xy-lanh \Rightarrow nội năng của khối khí tăng.

☞ Vách xy-lanh có cùng nhiệt độ của khối khí, nhưng piston được cho CĐ để nén khối khí với vận tốc v_2 :

♦ Phân tử khí va chạm với piston khi CĐ tới.

♦ Sau va chạm: vận tốc phân tử khí tăng (coi va chạm là đàn hồi: $v_1' = v_1 + v_2$) \Rightarrow nội năng các phân tử khí tăng.



5. Nội năng khí lý tưởng

Định luật phân bố đều năng lượng theo bậc tự do

☞ Phân tử CD tịnh tiến có 3 DOF, và $\bar{W} = \frac{3}{2}kT$

♦ Ứng với 1 DOF, $\bar{W} = \frac{1}{2}kT$

♦ Ứng với i DOF, $\bar{W} = \frac{i}{2}kT$

Định luật: Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các bậc tự do của phân tử.

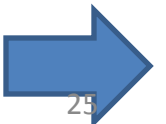
Biểu thức nội năng

☞ đ/v 1 mol khí lý tưởng có N phân tử: Nội năng là tổng động năng của các phân tử:

$$U_0 = N \frac{ikT}{2} = \frac{iRT}{2} \quad \left(\text{do } k = \frac{R}{N} \right)$$

♦ Nội năng khối lượng m khí lý tưởng: $U = \frac{m}{\mu} U_0 = \frac{m}{\mu} \frac{iRT}{2}$

♦ *Nội năng của khí lý tưởng chỉ phụ thuộc nhiệt độ của khối khí.*



6. Định luật phân bố theo thế năng

Công thức khí áp

☞ Ý nghĩa: xác định áp suất khí quyển theo độ cao

☞ Xét cột không khí (KK)

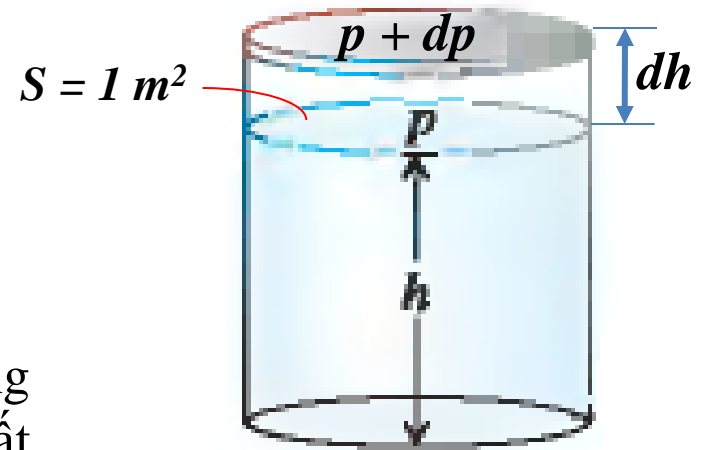
♦ Cao dh , diện tích đáy 1 m^2 , ở độ cao h

♦ Áp suất đáy dưới: p

♦ Áp suất đáy trên: $p + dp$ (do đáy trên không chịu lực nén của trọng lượng cột khí \Rightarrow áp suất đáy trên $<$ áp suất đáy dưới $\Rightarrow dp < 0$)

♦ $dp = -dP$ (trọng lượng cột KK)

☞ Số phân tử nằm trong cột dh : $dn = n_0 \cdot S \cdot dh = n_0 \cdot dh$



6. Định luật phân bố theo thế năng

Công thức khí áp

☞ Trọng lượng cột dh : $dP = dn \cdot mg = mg \cdot n_0 \cdot dh$ hay: $dp = -mg \cdot n_0 \cdot dh$

$$\blacklozenge \quad dp = -\frac{mg}{kT} p dh \Leftrightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{mg}{kT} dh$$

$$\Rightarrow \int_{\text{mặt đất}}^h \frac{dp}{p} = \int_0^h -\frac{mg}{kT} dh \Rightarrow \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = -\frac{mgh}{kT} \Rightarrow p_h = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

(Áp suất giảm khi độ cao tăng)

Định luật phân bố Boltzmann

☞ Do $p \sim$ mật độ phân tử \Rightarrow có: $\frac{n_{oh}}{p_h} = \frac{n_{0_mặt đất}}{p_0} e^{-\frac{mgh}{kT}}$

☞ Phân bố phân tử theo độ cao: $n_{oh} = n_{0_mặt đất} e^{-\frac{mgh}{kT}}$

$$\blacklozenge \text{ Vì: } W_t = mgh \Rightarrow n_{oh} = n_{0_mặt đất} e^{-\frac{W_t}{kT}}$$

Những nội dung cần lưu ý

- 1. Thuyết động học phân tử và phương trình trạng thái khí lý tưởng (trong đó có phương trình liên hệ giữa áp suất và nhiệt độ của khối khí).**
- 2. Công thức tính áp suất của khí quyển phụ thuộc độ cao và phân bố Boltzmann.**
- 3. Khái niệm và công thức nội năng khí lý tưởng.**
- 4. Định luật phân bố đều năng lượng theo các bậc tự do của phân tử.**
- 5. Định luật phân phân tử theo vận tốc của Maxwell.**
- 6. Ý nghĩa các công thức tính vận tốc có xác suất lớn nhất, vận tốc trung bình và vận tốc căn quân phương.**

