



# BÀI GIẢNG

## Chương 5&6. KHÍ LÝ TƯỞNG.



NGUYỄN THỊ HUYỀN NGÀ  
Email: [nthnga@hcmus.edu.vn](mailto:nthnga@hcmus.edu.vn)

# Chương 5&6. **KHI LÝ TƯỞNG.** **PHÂN BỐ MAXWELL & BOLTZMANN**

5.1. Các khái niệm cơ bản

5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

5.3. Phương trình cơ bản của thuyết  
động học phân tử chất khí.

5.4. Phân bố MAXWELL & BOLTZMANN

5.5. Bài tập vận dụng.



## 5.1. Các khái niệm cơ bản

Mỗi trạng thái của một hệ được đặc trưng bởi các tính chất vật lý

Mỗi tính chất vật lý được đặc trưng bởi một đại lượng vật lý

Thể tích

Nhiệt độ

Áp suất

Thông số các trạng thái của hệ





## 5.1. Các khái niệm cơ bản

### 1. Nhiệt Độ ( $t$ , $T$ ):

- Nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho mức độ nóng lạnh của vật hay đặc trưng cho mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử của vật.
- Việc xác định nhiệt độ dựa vào khái niệm về **sự cân bằng nhiệt**

### Định luật thứ zero của nhiệt động học

“Nếu có hai vật mà mỗi vật cân bằng nhiệt với vật thứ 3 thì ta nói hai vật cân bằng nhiệt với nhau”.

**Vật cân bằng nhiệt**

Hai vật trao đổi năng lượng cho nhau

Năng lượng chạy từ vật có nhiệt độ cao đến vật có nhiệt độ thấp

Khi 2 vật cùng nhiệt độ thì không truyền năng lượng nữa



# Nhiệt độ (t, T)

- ❑ Theo quan điểm cổ điển, nhiệt độ đặc trưng mức độ nóng lạnh của một vật, thang đo nhiệt thường sử dụng là: thang nhiệt độ bách phân (**Celsius**):  $t^{\circ}\text{C}$  hoặc thang nhiệt độ **tuyệt đối (Kelvin)**:  $T^{\circ}\text{K}$ .
  - ❑ Liên hệ giữa thang nhiệt độ Kelvin và thang nhiệt độ Celsius là:  
$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273.$$
  - ❑ Như vậy nhiệt độ  $-273^{\circ}\text{C}$  ứng với  $0^{\circ}\text{K}$ , trong thang nhiệt độ **Kelvin không có nhiệt độ âm**.
- => Do đó thang nhiệt độ này còn được gọi là thang nhiệt độ tuyệt đối.



## 5.1. Các khái niệm cơ bản

### 2. Áp suất ( P):

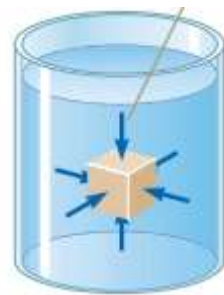
➤ Áp suất là một đại lượng vật lý có trị số bằng lực nén vuông góc lên một đơn vị diện tích

$$P = \frac{F}{S}$$

Đơn vị: Hệ SI:  $N/m^2 = 1Pa$  (Pascal)

Các đơn vị khác:

- Atmosphere (at):  $1at = 9,81 \cdot 10^4 N/m^2$
- Milimét thủy ngân:  $1at = 736 \text{ mmHg} = 9,81 \cdot 10^4 N/m^2$
- Atmosphere kỹ thuật (Áp suất khí quyển):  $1atm = 1,01 \cdot 10^5 N/m^2 = 760 \text{ mmHg}$
- Bar:  $1 \text{ bar} = 10^5 N/m^2$



**Định luật Dalton:** Nếu một hệ có n chất khí thì áp suất của hệ bằng tổng áp suất riêng phần của mỗi chất khí trong hệ.

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$





### 3. Thể tích (V):

Là miền không gian mà các phân tử khí chuyển động, đối với khí lý tưởng, thể tích của bình chứa là thể tích của khối khí.

$$1\text{lít} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

### 1. Khí lý tưởng là gì?

- là một loại chất khí tưởng tượng chứa các hạt giống nhau có kích thước vô cùng nhỏ (như chất điểm) so với thể tích của khối khí và **không tương tác với nhau**, chúng chỉ va chạm đàn hồi với tường bao quanh khối khí.

### 2. Định luật Boyle - Mariot ( $T = \text{const}$ ; Nhiệt độ không đổi)

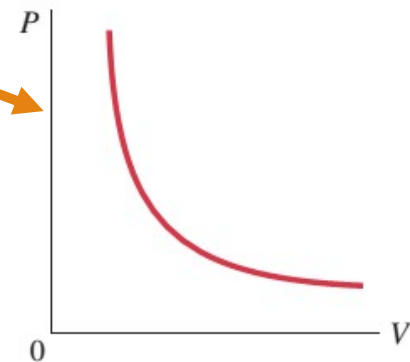
- **Phát biểu:** Đối với một lượng chất khí cho trước, thể tích của chất khí tỉ lệ nghịch với áp suất khi nhiệt độ được giữ không đổi.

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Thực nghiệm xác nhận:

$$PV = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$





## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

### 5. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

➤ Liên kết 3 định luật của Boyle – Mariod, Charles và Gay - Lussac

$$PV \propto T \text{ hay } \frac{PV}{T} = \text{const hay } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

Bạn thổi bong bóng sao cho áp suất và nhiệt độ không đổi thì thể tích tỉ lệ với khối lượng khí.

$$PV \propto mT$$

hay

$$PV = nRT = \frac{m}{M}RT$$

n là số mol của khối khí

$$n = \frac{m}{M}$$

R là hằng số khí

**Phương trình trạng thái khí lý tưởng**

$$R = 8.31 \frac{J}{mol.K} = 8.31.10^3 \frac{J}{Kmol.K}$$



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

### 6. Các ví dụ:

- Để giải các bài toán về định luật khí lý tưởng người ta thường tham chiếu đến các điều kiện tiêu chuẩn, hay nhiệt độ và áp suất chuẩn (STP).
- Ở điều kiện tiêu chuẩn:  $t^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$ , áp suất  $P = 1\text{atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{N/m}^2 = 101\text{kPa}$
- Ví dụ 1: a/ Xác định thể tích của 1mol khí bất kỳ ở điều kiện tiêu chuẩn.

➤ Từ phương trình trạng thái, ta có:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1\text{mol} \times 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 273 \text{ K}}{1,01 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 22,4 \times 10^{-3} \text{m}^3 = 22,4 \text{ lít}$$

b/ Thể tích của 1mol khí lý tưởng tại 546K và 2atm là

- a. 11,2 lít      b. 22,4 lít      c. 44,8 lít      d. 67,2 lít



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

- **Ví dụ 2:** Một quả bóng chứa khí helium có dạng hình cầu bán kính 18cm. Tại nhiệt độ phòng (20°C) áp suất của quả bóng là 1,05atm. Tìm số mol của khí helium trong quả bóng và khối lượng khí helium cần thiết để bơm phồng quả bóng đến các giá trị cho ở trên. Biết  $M(\text{He}) = 4\text{g}$

### Bài giải:

- Từ phương trình trạng thái:  $PV = nRT$

- Số mol của khối khí:
- $$n = \frac{PV}{RT} = \frac{P \frac{4}{3} \pi r^3}{RT} = \frac{1,05 \times 1,01 \cdot 10^5 \times \frac{4}{3} \pi \times 0,18^3}{8,31 \times (273 + 20)} = 1,06 \text{ mol}$$

- Khối lượng:  $m = n \cdot M = 1,06 \times 4 = 4,24 \text{ (g)}$



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

**Ví dụ 3:** Tính khối lượng của không khí trong một phòng có kích thước 5m x 3 m x 2,5 m ở đkc. Biết khối lượng phân tử của không khí  $M = 29 \text{ g}$

**Bài giải:** Chú ý: đkc:  $P_0 = 1 \text{ atm}$ ;  $T_0 = 273 \text{ K}$ .

➤ Số mol của không khí ở điều kiện tiêu chuẩn:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 5 \times 3 \times 2,5}{8,31 \times 273} = 1670 \text{ (mol)}$$

➤ Khối lượng không khí trong phòng:  $m = n \cdot M = 1670 \times 29 = 48416 \text{ (g)} = 48,4 \text{ (kg)}$



**Ví dụ 4:** Một vỏ xe hơi được bơm đầy có áp suất 311kPa tại 10°C. Sau khi chạy 100km nhiệt độ trong vỏ tăng lên 40°C. Tính áp suất của vỏ lúc này.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1} = 311 \times \frac{40 + 273}{10 + 273} = 344 \text{ (kPa)}$$



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

### 7. Cách biểu diễn khác của phương trình trạng thái khí lý tưởng

- Số phân tử (hay Nguyên tử) trong 1mol chất bất kỳ bằng số Avogadro

$$N_A = 6,02.10^{23} \text{ phân tử /mol}$$

- Số phân tử trong n mol:  $N = n.N_A$

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A} RT = Nk_B T$$

$$k_B = \frac{R}{N_A} = 1,38.10^{-23} \frac{J}{K}$$

Hằng số Boltzmann

Số phân tử khí

**Ví dụ 5:** Có bao nhiêu phân tử không khí mà bạn thở ra được 1 lít =  $10^{-3} \text{ m}^3$  không khí ở điều kiện tiêu chuẩn?

$$N = \frac{PV}{k_B T} = \frac{1,01.10^5 \times 10^{-3}}{1,38.10^{-23} \times 273} = 2,7.10^{22} \text{ phân tử}$$





## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

### 1. Nội dung của thuyết động học phân tử chất khí:

- + Các chất khí có cấu tạo gián đoạn và gồm một số rất lớn các phân tử.
- + Các phân tử chuyển động hỗn lộn không ngừng (do nhiệt độ), chúng va chạm với nhau (chất khí lý tưởng thì bỏ qua) và va chạm vào thành bình.
- + Cường độ chuyển động của các phân tử biểu hiện ở nhiệt độ tuyệt đối của khối khí. Nhiệt độ tuyệt đối tỉ lệ với động năng tịnh tiến trung bình của các phân tử.

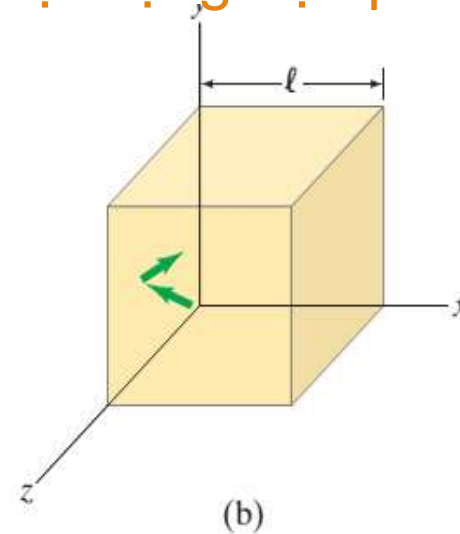
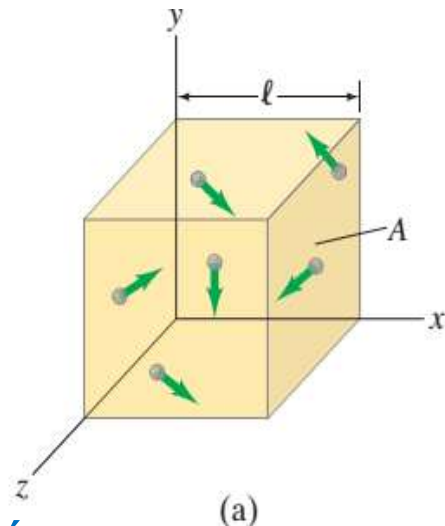
$$T = B \cdot \bar{K} = B \cdot \frac{1}{2} m \overline{v^2} \quad . \text{với } B \text{ là hằng số.}$$

- + Kích thước của các phân tử rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng, các phân tử xem như chất điểm.
- + Các phân tử không tương tác với nhau trừ khi chúng va chạm. Va chạm giữa các phân tử với thành bình là va chạm đàn hồi.



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

### 2. Phương trình cơ bản của thuyết nhiệt động học phân tử khí



➤ Độ biến thiên động lượng:  $\Delta p = 2mv_x$

➤ Thời gian mà 1 phân tử di chuyển từ thành bình này đến thành bình đối diện và trở lại thành bình ban đầu:

$$\Delta t = \frac{2l}{v_x}$$



□ Trung bình của bình phương vận tốc khối khí gồm N phân tử:

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2$$

$\overline{v^2}$  được gọi là trung bình của bình phương vận tốc của khối khí.

trong đó:  $v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_N$ : lần lượt là vận tốc của các phân tử trong khối khí.



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

### 2. Phương trình cơ bản của thuyết nhiệt động học phân tử khí

- Lực nén của 1 phân tử lên thành bình:

$$f = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{2l/v_x} = \frac{mv_x^2}{l}$$

- Lực nén của N phân tử lên thành bình:

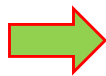
$$F = \frac{m}{l} (v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + \dots + v_{x_N}^2) = \frac{m}{l} N \overline{v_x^2}$$

$$F = \frac{m}{l} N \frac{\overline{v^2}}{3}$$

- Áp suất trên thành bình:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{1}{3} \frac{Nm \overline{v^2}}{S \cdot l} = \frac{1}{3} \frac{Nm \overline{v^2}}{V}$$

$$PV = \frac{2}{3} N \left( \frac{m \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} N \cdot \bar{K}$$



phương trình cơ bản của thuyết  
động học phân tử khí

$$\begin{aligned} v^2 &= v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \\ \overline{v^2} &= \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \\ \overline{v_x^2} &= \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} \\ \Rightarrow \overline{v^2} &= 3\overline{v_x^2} \end{aligned}$$



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

Phương trình cơ bản của thuyết  
động học phân tử khí

$$PV = \frac{2}{3} N \left( \frac{m \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} N \cdot \bar{K}$$

Trong đó: P = Áp suất trên thành bình.

V = Thể tích của khối khí.

N = Số phân tử khí.

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

$\bar{K} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$  = Động năng trung bình của 1 phân tử.

với m là khối lượng của 1 phân tử khí.

$\overline{v^2}$  là trung bình của bình phương vận tốc của các phân tử khí



## ❖ Các hệ quả rút ra từ ptr cơ bản thuyết động học phân tử:

❑ Từ ptr trạng thái: 
$$PV = \frac{M}{\mu} RT = \frac{N}{N_A} RT$$

Trong đó: N là số phân tử của khối khí,  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  (số phân tử/1mol)

$k_B = \frac{R}{N_A} = 1,37 \cdot 10^{-23} \text{ (J/}^0\text{K)}$  là hằng số Boltzmann  $\Rightarrow PV = Nk_B T$

❑ Từ pt cơ bản thuyết động học phân tử khí :

$$PV = \frac{2}{3} N \left( \frac{m \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} N \cdot \overline{K}$$

➤ Suy ra hệ quả 1:

$$\overline{K} = \frac{3}{2} k_B T$$

❑ Như vậy động năng trung bình của một phân tử chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ (tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối). Nhiệt độ càng cao thì chuyển động nhiệt càng mạnh





## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

➤ Động năng trung bình:

$$\bar{K} = \frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} k_B \cdot T \quad (2)$$

Động năng trung bình của phân tử trong chuyển động tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối của khí

➤ **Hệ quả 2: vận tốc căn quân phương**

Từ (2) Vận tốc của các phân tử khí (vận tốc căn quân phương):

$$k_B = \frac{R}{N_A} \Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3RT}{m \cdot N_A}$$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$v$  là vận tốc căn bậc hai của phân tử,  $k_B$  là hằng số Boltzmann,  $T$  là nhiệt độ tuyệt đối của chất khí và  $m$  là khối lượng của phân tử.

$$v_{RMS} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

vận tốc căn quân  
phương =  $v(RMS)$  – Root Mean  
Square



## ❑ Ý nghĩa của vận tốc căn quân phương: $v(\text{RMS})$

- Vận tốc căn bậc hai (hay còn gọi là vận tốc RMS) trong chất khí là một khái niệm quan trọng để đo lường tốc độ trung bình của các phân tử chất khí trong một không gian nhất định.
- Vận tốc này có ý nghĩa là đại diện cho tốc độ trung bình của các phân tử chất khí, trong đó mỗi phân tử chuyển động theo một hướng ngẫu nhiên với tốc độ và hướng ngẫu nhiên khác nhau.



## 2. Định Luật phân bố đều năng lượng theo các bậc tự do

### a) Bậc tự do (i)

Bậc tự do của các phân tử khí là số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của phân tử đó ở trong không gian. Ký hiệu bậc tự do là  $i$ .

- ❑ Trường hợp phân tử chỉ có một nguyên tử (các hơi kim loại) thì bậc tự do của chúng là  $i = 3$  vì vị trí của nguyên tử được xác định bởi 3 tọa độ  $(x, y, z)$ . VD: He
- ❑ Trường hợp phân tử gồm hai nguyên tử (các khí oxy, nitơ, hydro, ...) thì phân tử được xem như là hai chất điểm nằm cách nhau một khoảng không đổi. Vị trí của nguyên tử thứ nhất được xác định bởi ba tọa độ  $(x, y, z)$ , nguyên tử thứ hai do chỉ có thể chuyển động trên mặt cầu mà tâm là nguyên tử thứ nhất, do đó được xác định bởi hai tọa độ  $\theta, \varphi$  (hệ tọa độ cầu).

Vậy bậc tự do của phân tử gồm hai nguyên tử là  $i = 3 + 2 = 5$ .

- ❑ Lý luận tương tự cho phân tử ba nguyên tử là nguyên tử thứ ba quay quanh trục là hai nguyên tử kia, do đó bậc tự do  $i = 6$ .
- ❑ Nguyên tử nhiều phân tử hơn ba ta vẫn lấy  $i = 6$ .



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

### 2. Luật phân bố đều năng lượng theo các bậc tự do

**Vậy: Bậc tự do:** Bậc tự do của các phân tử khí là số các tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của phân tử đó ở trong không gian:

- Phân tử gồm 01 nguyên tử: Bậc tự do  $i = 3$
- Phân tử gồm 02 nguyên tử: Bậc tự do  $i = 5$
- Phân tử gồm 03 nguyên tử trở lên: Bậc tự do  $i = 6$ .



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

Ta biết động năng trung bình của một phân tử, một nguyên tử bằng (theo 3 chiều):

$$\overline{K} = \frac{1}{2} m \overline{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$$

### b. Luật phân bố đều năng lượng

Ta biết: do tính hỗn loạn, không có phương ưu tiên trg công nhiệt nên:

$$\overline{v_x^2} = \frac{\overline{v^2}}{3} ; \overline{v_y^2} = \frac{\overline{v^2}}{3} ; \overline{v_z^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}$$

Theo 1 chiều:



$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m \overline{v_x^2} &= \frac{1}{2} k_B T \\ \frac{1}{2} m \overline{v_y^2} &= \frac{1}{2} k_B T \\ \frac{1}{2} m \overline{v_z^2} &= \frac{1}{2} k_B T \end{aligned}$$

Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các i bậc tự do của phân tử

Tóm lại: Phân tử có bậc tự do i sẽ có năng lượng:

$$K = \frac{i}{2} k_B T$$



## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

3. Nội năng của khí lý tưởng  $U$ : là phần năng lượng ứng với những chuyển động bên trong của vật.

**NỘI NĂNG  $U$  = ĐỘNG NĂNG + THẾ NĂNG**

➤ Đối với khí lý tưởng: THẾ NĂNG XEM NHƯ' = 0

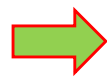
➔ **NỘI NĂNG = ĐỘNG NĂNG ➔  $U = K$**

➤ Với khối khí chứa  $N$  phân tử khí thì nội năng khối khí là:

$$U = N \frac{i}{2} k_B T$$

➤ Vì

$$k_B = \frac{R}{N_A} = 1,37 \cdot 10^{-23} (\text{J}/^\circ\text{K})$$



$$U = n \frac{i}{2} R \cdot T$$

Hay:

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R T$$



Độ biến thiên nội năng

$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \Delta T$$

$R = 8,31 (\text{J}/\text{mol} \cdot \text{K})$  = là hằng số khí;  $i$  là bậc tự do





**Ví dụ 6:** Một bình chứa đầy khí helium ( $3_{He}$ ) với khối lượng 8g ở nhiệt độ  $20^{\circ}\text{C}$ , áp suất 2atm.

a) Tính nội năng của hệ

b) Nung nóng đẳng tích đến áp suất 4atm. Tính độ biến thiên nội năng của hệ

**Bài làm:** Vì He là một ngu nên bậc tự do  $i = 3$

a) Nội năng của khối khí: 
$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{8}{3} \times \frac{3}{2} \times 8,31 \times (20 + 273) = 7304 \text{ (J)}$$

b/ Vì Nung nóng đẳng tích:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_1 = \frac{4}{2} \times (20 + 273) = 586 \text{ (K)}$$

➤ Độ biến thiên nội năng: 
$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R (T_2 - T_1)$$
  

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{8}{4} \times \frac{3}{2} \times 8,31 \times (586 - 293) = 7304 \text{ (J)}$$



## 5.4. SỰ PHÂN BỐ VẬN TỐC CỦA CÁC PHÂN TỬ KHÍ (tự học)

### 5.4.1. Phân bố Maxwell ( Nhà vật lý Maxwell - 1859)

- ❑ Hàm phân bố Maxwell là một phương trình toán học mô tả **phân bố xác suất của vận tốc của các phân tử chất khí trong một môi trường ở nhiệt độ nhất định.**
- ❑ Hàm phân bố Maxwell cho phép tính toán xác suất để một phân tử chất khí di chuyển với một vận tốc nhất định. Điều này rất hữu ích trong việc dự đoán hành vi của chất khí ở các điều kiện nhiệt độ và áp suất khác nhau, cũng như trong nghiên cứu các quá trình vận chuyển của chất khí.
- ❑ Hàm phân bố Maxwell có 3 dạng, **tương ứng với phân bố của các phân tử chất khí trong các hướng khác nhau (x, y, z).**
- ❑ Hàm phân bố Maxwell cho hướng x là:  $f(v_x) = (m/(2\pi kT))^{1/2} * \exp(-mv_x^2/(2kT))$ .
- ❑ Trong đó,  $f(v_x)$  là hàm phân bố của vận tốc theo hướng x, m là khối lượng của phân tử chất khí, k là hằng số Boltzmann, T là nhiệt độ tuyệt đối của chất khí và  $v_x$  là vận tốc của phân tử theo hướng x.
- ❑ Hàm phân bố Maxwell cho phép tính toán các giá trị liên quan đến chất khí như vận tốc trung bình, vận tốc RMS, độ lệch chuẩn của vận tốc, và xác suất để một phân tử chất khí có vận tốc nào đó.
- ❑ Hàm này cũng rất hữu ích trong việc mô phỏng các quá trình vận chuyển và tương tác của chất khí trong môi trường khác nhau.



## 5.4. SỰ PHÂN BỐ VẬN TỐC CỦA CÁC PHÂN TỬ KHÍ

### 5.4.1. Phân bố Maxwell

Xét một chất khí lý tưởng ở trạng thái cân bằng nhiệt và theo dõi sự phân bố theo vận tốc của chúng. Để đơn giản, trước tiên chúng ta hãy xét sự phân bố theo thành phần  $v_x$  của vận tốc các phân tử khí, rồi sau đó ta sẽ mở rộng cho sự phân bố theo vận tốc  $v$ .

Gọi :

$f(v_{x_i})$  là xác suất mà phân tử khí có vận tốc là  $v_{x_i}$

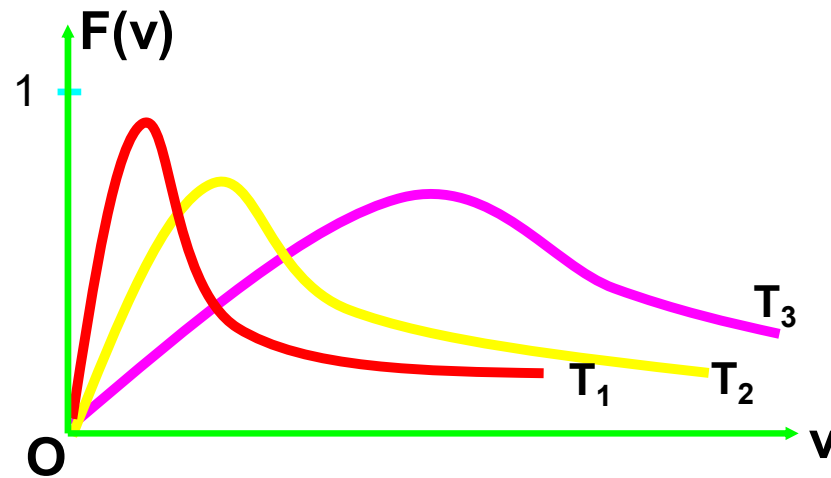


## *Hàm phân bố Maxwell theo độ lớn của vận tốc.*

$$F(v) = 4\pi v^2 f(v) = \pi v^2 \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} \exp\left( -\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$



Ta nhận thấy khi  $v = 0$  thì  $F(v) = 0$ . Do thừa số  $e^{-\alpha v^2}$  giảm nhanh hơn thừa số  $4\pi v^2$  nên hàm  $F(v)$  bắt đầu từ 0 tăng lên đến cực đại và sau đó giảm dần rồi tiệm cận đến 0.



**Hình 5.3 Hàm phân bố Maxwell của các phân tử  
theo độ lớn của vận tốc ứng với các nhiệt độ  
 $T_1 > T_2 > T_3$**



## 5.4. Phân bố vận tốc của phân tử khí

### 1. Phân bố Maxwell

Hàm phân bố số phân tử  $N(v)$  theo vận tốc của khối khí

$$N(v) = 4\pi N \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 \exp \left( -\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$

#### ➤ Vận tốc trung bình

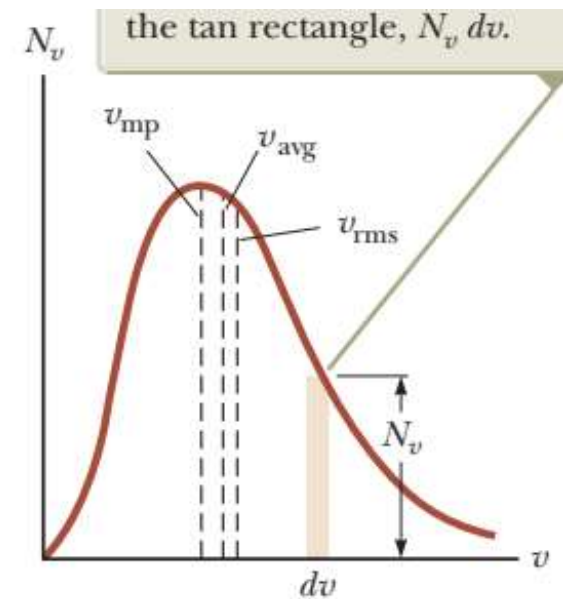
$$\bar{v} = v_{avg} = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}} = 1,6 \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$

#### ➤ Vận tốc có xác suất phân bố lớn nhất

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}} = 1,41 \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$

#### ➤ Vận tốc căn quân phương

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = 1,73 \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$





## 5.4. Phân bố vận tốc của phân tử khí

2. Phân bố Boltzmann: là pttrinh toán học mô tả phân bố xác suất của các phân tử khí trng một mtruong ở nhdo nhất định.

Đối với một hệ mở, ví dụ khí quyển trái đất

➤ Phân bố mật độ theo độ cao  $\left\{ \begin{array}{l} n(h) \text{ là mật độ phân tử khí ở độ cao } h \\ n_0 \text{ là mật độ phân tử khí ở mặt đất.} \end{array} \right.$

$$n(h) = n_0 \exp\left(-\frac{mgh}{k_B T}\right)$$

➤ Phân bố áp suất theo độ cao  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Càng lên cao nhiệt độ càng giảm} \\ \text{Càng lên cao mật độ khí càng giảm} \end{array} \right.$

$$p(h) = p_0 \exp\left(-\frac{mgh}{k_B T}\right)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Càng lên cao nhiệt độ càng giảm} \\ \text{Càng lên hàm lượng khí nhẹ càng nhiều} \end{array} \right.$

➤ Phân bố mật độ theo thế năng

$$n(h) = n_0 \exp\left(-\frac{u}{k_B T}\right)$$



# Bài tập trắc nghiệm

**Bài 1:** Một mol khí lý tưởng trong một bình kín ở nhiệt độ 100°C. Khi nhiệt độ là 200°C thì áp suất của khí:

- a. Không thay đổi    **b. Tăng thêm khoảng 25%**    c. Tăng gấp đôi    d. Tăng gấp ba

**Bài giải:** 
$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 = P_1 \frac{200 + 273}{100 + 273} = 1,26P_1 = P_1 + 0,26P_1 \Rightarrow \text{gần } 25\%$$

**Bài 2:** Khi khí lý tưởng được đun nóng từ 20°C đến 40°C thì nhiệt độ tuyệt đối sẽ tăng:

- a. 2 lần    **b. 1,07 lần**    c. 0,5 lần    D. phụ thuộc thang nhiệt độ

**Bài giải** 
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{40 + 273}{20 + 273} = 1,07$$



# Bài tập trắc nghiệm

**Bài 3:** Hai lọ A và B có cùng nhiệt độ và chứa cùng chất khí. Nếu thể tích lọ B gấp đôi lọ A và có chứa số phân tử khí bằng  $\frac{1}{2}$  số phân tử khí lọ A thì áp suất lọ B so với lọ A là:

- a.  $P_B = P_A/2$     b.  $P_B = 2P_A$     c.  $P_B = P_A/4$     d.  $P_B = 2P_A$     e.  $P_B = P_A$

Bài giải:

$$\begin{cases} P_A V_A = N_A k_B T \\ P_B V_B = N_B k_B T \end{cases} \Rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{V_A N_B}{V_B N_A} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

**Bài 4:** Khi nhiệt độ của một khí lý tưởng tăng. Phát biểu nào sau đây là đúng?

- a. Áp suất phải giảm    b. Áp suất phải tăng  
c. Áp suất tăng trong khi thể tích giảm  
d. Thể tích tăng trong khi áp suất giảm  
e. Áp suất tăng, hoặc thể tích tăng hoặc cả hai đều tăng



# Bài tập trắc nghiệm

**Bài 5:** Một khí lý tưởng trong bình kín. Động năng trung bình của các phân tử khí phụ thuộc mạnh vào

- a. Kích thước của bình chứa.
- b. số phân tử trong bình chứa
- c. Nhiệt độ bình của khí
- d. Khối lượng của phân tử trong bình

**Bài 6:** Một hỗn hợp gồm khí oxy và helium. Phát biểu nào sau đây là đúng?

- a. Tính trên trung bình, các nguyên tử He chuyển động nhanh hơn O
- b. Cả hai chuyển động cùng tốc độ
- c. Tính trên trung bình, nguyên tử O chuyển động nhanh hơn nguyên tử He
- d. Động năng của He lớn hơn động năng của O
- e. Không có câu nào đúng.

$$K = \frac{i}{2} k_B T$$

**Bài 7:** Phát biểu nào sau đây không đúng về khí lý tưởng?

- a. Động năng trung bình của các phân tử khí tăng khi nhiệt độ tăng
- b. Thể tích của khí lý tưởng tăng theo nhiệt độ nếu áp suất giữ không đổi
- c. Áp suất của khí lý tưởng tăng theo nhiệt độ nếu thể tích giữ không đổi
- d. Tất cả các phân tử khí có cùng tốc độ tại một nhiệt độ nhất định
- e. Các phân tử khí được giả sử là khá xa so với kích thước của chúng



## Bài tập trắc nghiệm

**Bài 8:** Một khối khí  $3,5 \text{ m}^3$  ban đầu ở áp suất và nhiệt độ chuẩn. Khi tăng áp suất lên  $3,2 \text{ atm}$  thì nhiệt độ tăng lên đến  $38^\circ\text{C}$ . Thể tích của khối khí lúc này là:

- a.  $2,25 \text{ m}^3$     **b.  $1,25 \text{ m}^3$**     c.  $3,5 \text{ m}^3$     d.  $1,5 \text{ m}^3$

Bài giải:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{1}{3,2} \times \frac{38 + 273}{273} = 0,356 \Rightarrow V_2 = 1,25 \text{ m}^3$$

**Bài 9:** Trong một động cơ đốt trong, áp suất không khí là  $1 \text{ at}$  và nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$ . Động cơ được nén bằng piston đến thể tích bằng  $1/9$  thể tích ban đầu, khi đó áp suất là  $40 \text{ at}$ . Nhiệt độ của khối khí lúc này là:

- a.  $1000^\circ\text{C}$     **b.  $1029^\circ\text{C}$**     c.  $2000^\circ\text{C}$     d.  $2029^\circ\text{C}$

Bài giải

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = (20 + 273) \frac{40 \times 1}{9} = 1302 \text{ (K)}$$



# Bài tập trắc nghiệm

**Bài 10:** Một bình chứa 21,6kg khí nitơ ( $N_2$ ) có áp suất 3,45at. Khi thay khí  $N_2$  bằng khí  $CO_2$  có cùng khối lượng và giữ nguyên nhiệt độ thì áp suất trong bình là:

- a. 3,2 at    b. 3,0 at    c. 2,2 at    d. 1,2 at

Bài giải:

$$\begin{cases} P_N V = \frac{m}{28} RT \\ P_{CO_2} V = \frac{m}{44} RT \end{cases} \Rightarrow \frac{P_{CO_2}}{P_N} = \frac{28}{44} \Rightarrow P_{CO_2} = 3,45 \times \frac{28}{44} = 2,2$$





Thank you



**NGUYỄN THỊ HUYỀN NGÀ**

Email:

[nthnga@hcmus.edu.vn](mailto:nthnga@hcmus.edu.vn)