

BÀI GIẢNG (Vật lý đại cương 1)  
CƠ VÀ NHIỆT



HUỲNH TRÚC PHƯƠNG  
Email: [htphuong@hcmus.edu.vn](mailto:htphuong@hcmus.edu.vn)

# CHƯƠNG 5

## KHÍ LÝ TƯỞNG

5.1. Các khái niệm cơ bản

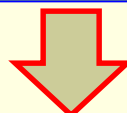
5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

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



## 5.1. 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

**Nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho mức độ nóng lạnh 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.**

Không có định luật zero thì không thể xác định nhiệt độ.

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 chảy năng lượng nữa

**Vật cân bằng nhiệt**

## 5.1. Các khái niệm cơ bản

### 1) NHIỆT ĐỘ

Thang đo nhiệt độ:

- Thang nhiệt độ Celcius (°C)

- Thang nhiệt độ Fahrenheit (°F)

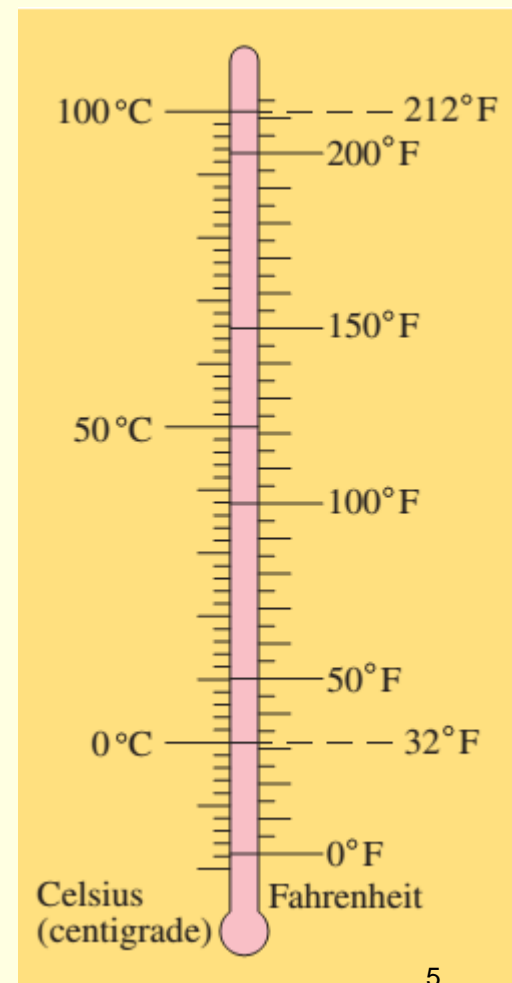
$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} (T(^{\circ}\text{F}) - 32)$$

Hay

$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} T(^{\circ}\text{C}) + 32^{\circ}$$

Thang nhiệt độ Kelvin (K) (Nhiệt độ tuyệt đối)

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



## 5.1. Các khái niệm cơ bản

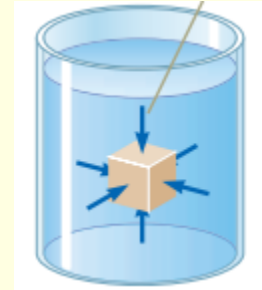
### 2) ÁP SUẤT

*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:  $\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$  (Pascal)

Các đơn vị khác:



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

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

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

## 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 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 - Mariotte (Nhiệt độ không đổi)

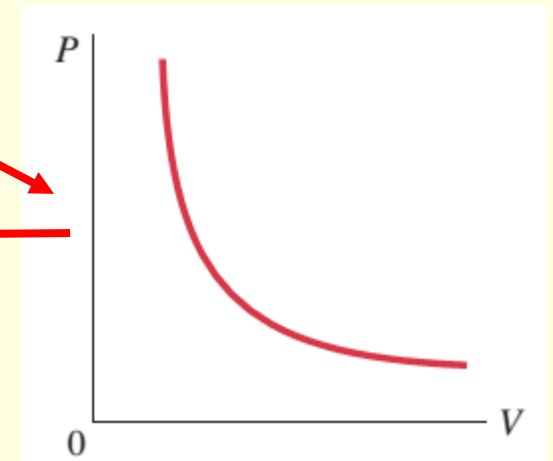
**Phát biểu:** Đối với một lượng chất khí cho trước, thể tích của chất khí tỉ lệ nghịch với áp suất khi nhiệt độ được giữ không đổi.

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

Thực nghiệm xác nhận:

$$PV = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

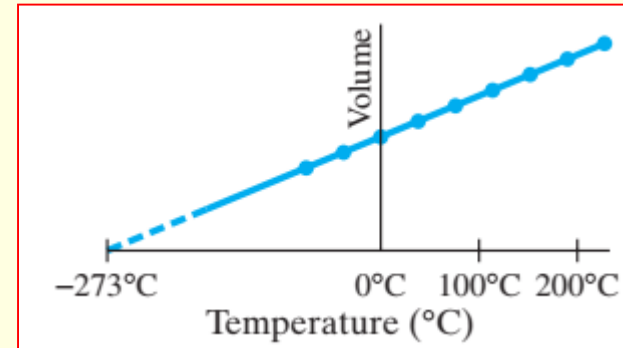


## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

### 3) Định luật Charles (Áp suất không đổi)

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

$$V \propto T \quad \text{hay} \quad \frac{V}{T} = \text{const.} \quad \text{hay} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



### 4) Định luật Gay-Lussac (Thể tích không đổi)

**Phát biểu:** Đối với một lượng chất khí cho trước, nếu thể tích của chất khí không đổi thì áp suất tỉ lệ thuận với nhiệt độ của khối khí đó.

$$P \propto T \quad \text{hay} \quad \frac{P}{T} = \text{const.} \quad \text{hay} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



**Điều gì xảy ra nếu bạn quăng lọ thủy tinh rỗng, đầy chặt nắp, vào lửa? Tại sao?**



## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

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

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

$$PV \propto T$$

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

$$PV \propto mT$$



$n$  là số mol của khối khí

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

hay

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

$R$  là hằng số khí

$$R = 8,31 \text{ J / (mol.K)}$$

**Phương trình trạng thái khí lý tưởng**

## 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:  $t^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{C}$ , áp suất  $P = 1\text{atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 101 \text{ kPa}$

**Ví dụ 5.1:** Xác định thể tích của 1mol khí bất kỳ ở điều kiện tiêu chuẩn.



**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

### 6) Các ví dụ:

**Ví dụ 5.2:** Một quả bóng chứa khí helium có dạng hình cầu bán kính 18cm. Tại nhiệt độ phòng ( $20^{\circ}\text{C}$ ) áp suất của quả bóng là 1,05 atm. 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  $M(\text{He}) = 4$

**Bài giải:**

## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

### 6) Các ví dụ:

**Ví dụ 5.3:** Tính khối lượng của không khí trong một phòng có kích thước 5 m x 3 m x 2,5 m ở STP. Biết khối lượng phân tử của không khí  $M = 29$  g

**Bài giải:**

**Ví dụ 5.4:** Một vỏ xe hơi được bơm đầy có áp suất 311 kPa tại 10°C. Sau khi chạy 100 km nhiệt độ trong vỏ tăng lên 40°C. Tính áp suất của vỏ lúc này.

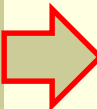
## 5.2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

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

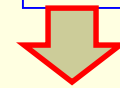
Số phân tử trong 1mol chất bất kỳ bằng số Avogadro

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

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


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

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

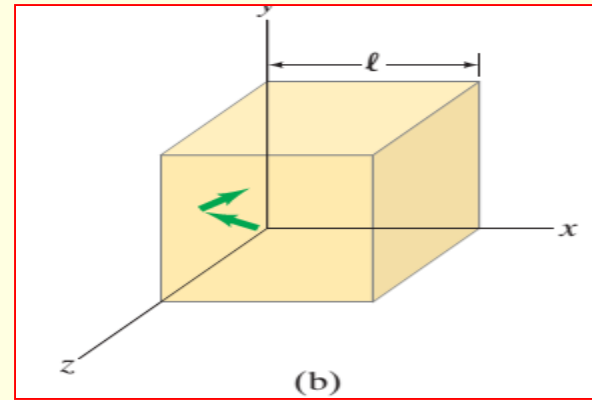
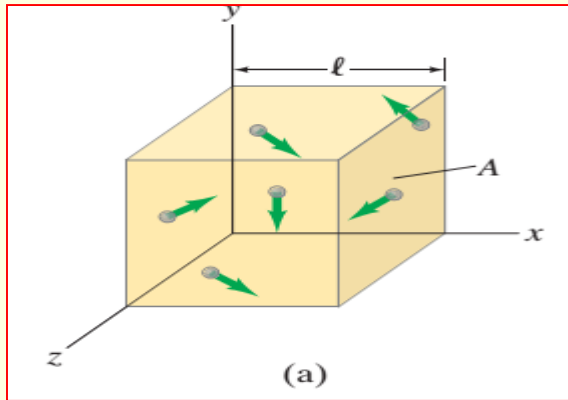


**Hằng số Boltzmann**

**Ví dụ 5.5:** Có bao nhiêu phân tử không khí mà bạn thở ra được 1 lít không khí ở điều kiện tiêu chuẩn?

## 5.3. Thuyết động học phân tử chất khí

### 5.3.1. 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:

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

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

Lực nén của 1 phân tử lên thành bình:

$$f = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv_x^2}{\ell}$$

Lực nén của N phân tử lên thành bình:

$$F = \frac{m}{\ell} (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2) = \frac{m}{\ell} N \overline{v_x^2}$$



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

Áp suất trên thành bình:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1}{3} \frac{Nm \overline{v^2}}{A\ell} = \frac{1}{3} \frac{Nm \overline{v^2}}{V}$$

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

(phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí)

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

**Động năng trung bình:**

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

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



Nhiệt độ là thông số phản ánh mức độ vận động của các phân tử cấu tạo nên vật. Nhiệt độ càng cao thì chuyển động nhiệt càng mạnh.



**Vận tốc của các phân tử khí**

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



**vận tốc căn quân phương**



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


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

#### 1. 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  **$i = 6$**

#### 2. Luật phân bố đều năng lượng

Ta biết:  $\overline{v_x^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}; \overline{v_y^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}; \overline{v_z^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}$    $\frac{1}{2} m \overline{v_x^2} = \frac{1}{2} k_B T; \frac{1}{2} m \overline{v_y^2} = \frac{1}{2} k_B T; \frac{1}{2} m \overline{v_z^2} = \frac{1}{2} k_B T$

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

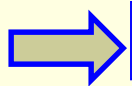
**Tóm lại:** Phân tử có bậc tự do  **$i$**  sẽ có năng lượng:  $\frac{i}{2} k_B T$

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

### 5.3.3. Nội năng của khí lý tưởng

**NỘI NĂNG = ĐỘNG NĂNG + THẾ NĂNG**

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



**NỘI NĂNG = ĐỘNG NĂNG**

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

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

Hay:

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$$



Độ biến thiên nội năng

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

**Ví dụ 5.6:** Một bình chứa đầy khí helium (He) với khối lượng 8g ở nhiệt độ 20°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

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

### 5.3.3. Nội năng của khí lý tưởng

**Bài làm:**

a)

b) Độ biến thiên nội năng:

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

### 5.4.1. Phân bố Maxwell

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

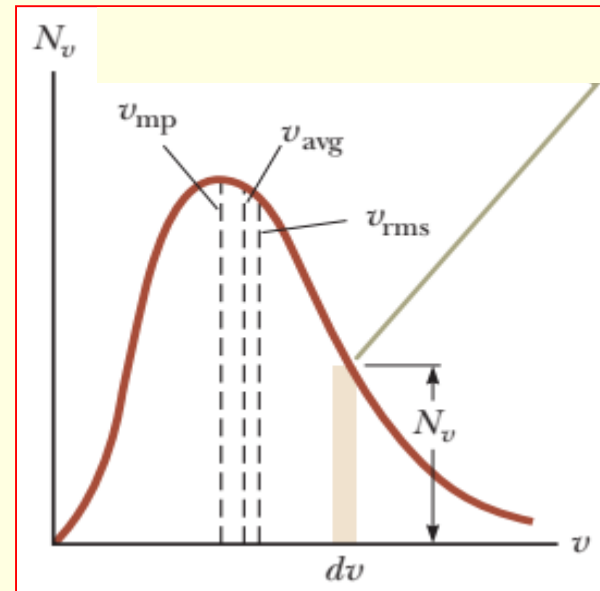
$$N(v) = 4\pi N \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 \exp \left( -\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$

❖ Vận tốc trung bình

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

❖ Vận tốc có xác suất phân bố lớn nhất

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



❖ Vận tốc căn quân phương

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

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

### 5.4.2. Phân bố Boltzmann

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

❖ Phân bố mật độ theo độ cao

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

- Càng lên cao nhiệt độ càng giảm
- Càng lên cao mật độ khí càng giảm

❖ Phân bố áp suất theo độ cao

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

- Càng lên cao áp suất càng giảm
- Càng lên hàm lượng khí nhẹ càng nhiều

❖ 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  $100^{\circ}\text{C}$ . Khi nhiệt độ là  $200^{\circ}\text{C}$  thì áp suất của khí:

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

**Bài giải:**

$$P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1} = P_1 \frac{200 + 273}{100 + 273} = 1,26P_1$$

**Bài 2:** Khi khí lý tưởng được đun nóng từ  $20^{\circ}\text{C}$  đến  $40^{\circ}\text{C}$  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.  $P_B = 4P_A$       e.  $P_B = P_A$

**Bài giải:**

$$\left. \begin{array}{l} P_A V_A = N_A k_B T \\ P_B V_B = N_B k_B T \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{V_A}{V_B} \frac{N_B}{N_A} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

**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.

**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:**

$$\left. \begin{aligned} P_1 V_1 &= \frac{m}{M} k_B T_1 \\ P_2 V_2 &= \frac{m}{M} k_B T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{1}{3,2} \times \frac{38 + 273}{273} = 0,356 \Rightarrow V_2 = 1,25 \text{ m}^3$$

**Bài 9:** Trong một động cơ đốt trong, áp suất không khí là  $1 \text{ atm}$  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  $40 \text{ atm}$ . 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:**

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

# 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. 3,2at

b. 3,0at

c. 2,2at

d. 1,2at

**Bài giải**

$$\left. \begin{array}{l} P_N V = \frac{m}{28} RT \\ P_{CO_2} V = \frac{m}{44} RT \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_{CO_2}}{P_N} = \frac{28}{44} \Rightarrow P_{CO_2} = 3,45 \times 28 / 44 = 2,2$$