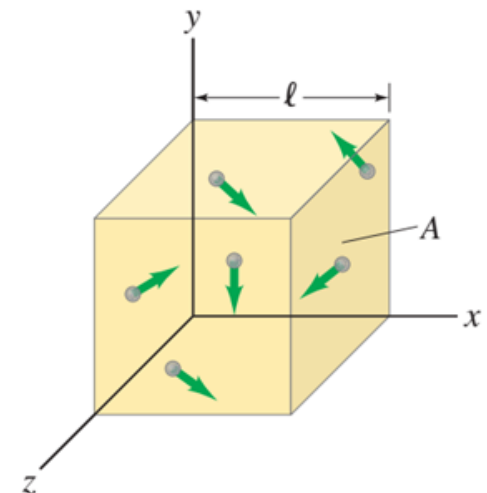
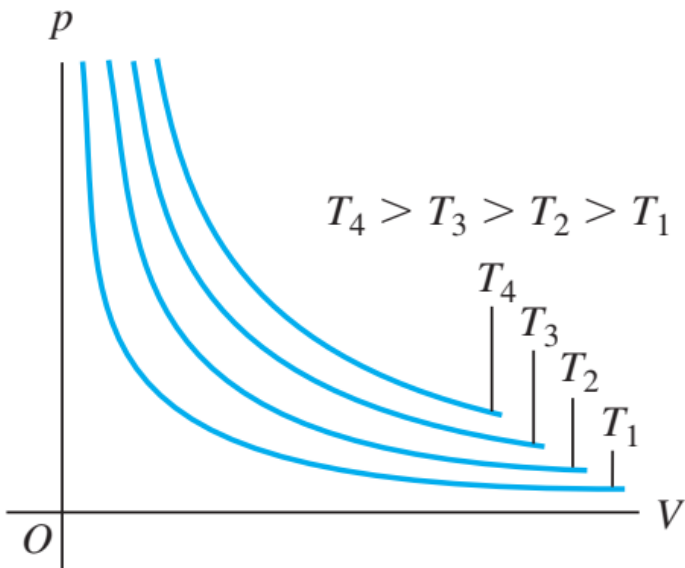


NHIỆT HỌC- Khí Lý Tưởng

PGS.TS. Lê Công Hảo



1.KHÍ LÝ TỬỞNG

+ Khí lý tửởng :

Các phân tử khí rất xa nhau → coi như không tửởng tác nhau .

+ Trạng thái một hệ (khối) khí đợc xác định bởi các thông số trạng thái: **P,V,T**

a/Áp suất

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

$$\frac{N}{m^2} = Pascal (Pa)$$

-Định luật Dalton :

$$\begin{aligned} 1at &= 9,81.10^4 \left(\frac{N}{m^2} \right) = 736mmHg \\ 1atm &= 1,01.10^5 \left(\frac{N}{m^2} \right) mmHg = Torr \\ 1bar &= 10^5 N / m^2 \quad Torr = 133 N/m^2 \\ 1mmHg &= \frac{1}{736} at = \frac{1}{760} atm \end{aligned}$$

“Áp suất một hỗn hợp khí bằng tổng áp suất riêng phần của từng chất khí thành phần “

$$P = \sum_i^n P_i$$

b/ Nhiệt độ: Đại lượng vật lý thể hiện mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử của vật (hay hệ vật) đang xét.

-Các nhiệt giai :

- **Nhiệt giai Celsius :** Điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước tinh khiết ở áp suất 1 atm. $t^{\circ}C$

Nhiệt giai Fahrenheit: Điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước tinh khiết ở áp suất 1 atm tương ứng là : $32^{\circ}F$ $212^{\circ}F$

- Nhiệt giai Kelvin: $T = t^{\circ}_C + 273(K)$

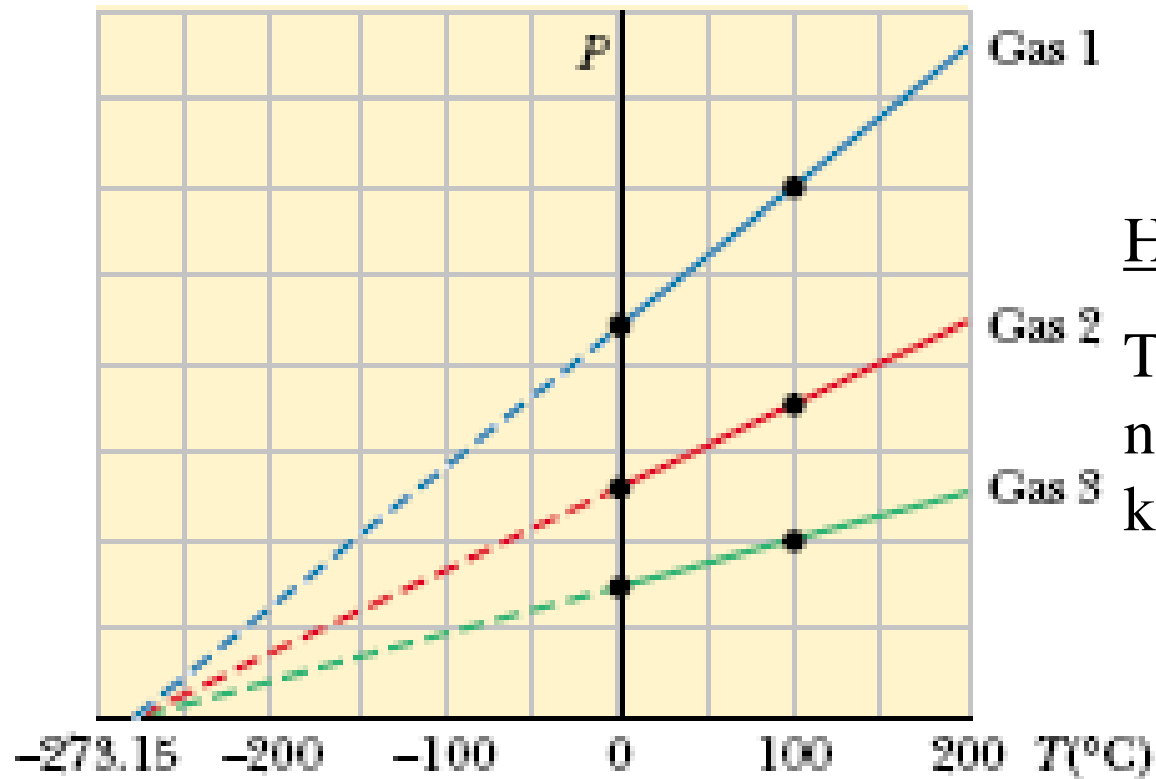
$$\frac{t^{\circ}C}{100} = \frac{T^{\circ}F - 32}{180}$$

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

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

c. Thể tích

- + Các phân tử chuyển động trong miền không gian $\rightarrow V$.
- + Khí lý tưởng: thể tích bình chứa = thể tích khối khí
- + $1l = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$



Hình (1.1):

Tương quan giữa áp suất và nhiệt độ đối với 3 loại khí khác nhau.

Nhận xét

→ Với mọi loại khí, đường ngoại suy $P \rightarrow 0$ với mọi loại khí đều gặp nhau tại $-273,15^\circ\text{C}$.

2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

$$f(P, V, T) = 0$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \quad (1.1)$$

Với 1 kmol khí :

$$V_0 = 22,4 \text{ m}^3 \quad N_A = 6,023 \cdot 10^{26} \text{ pt}$$

Trong điều kiện tiêu chuẩn: $p=1 \text{ atm}$; 0° C

$$\frac{PV}{T} = R \quad (1.2)$$

Hằng số khí lý tưởng :

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 8,31 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Joule}}{\text{kmol.K}} \right) = 8,31 \left(\frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right) \\ 0,0848 \left(\frac{\text{at.m}^3}{\text{kmol.K}} \right) = 0,0848 \left(\frac{\text{lit.at}}{\text{mol.K}} \right) \end{array} \right.$$

Với m (kg) khí :

μ : khối lượng của 1 kmol
 $\longrightarrow \frac{M}{\mu} (\text{kmol})$

$$PV = \frac{M}{\mu} RT \quad (1.3)$$

N : Tổ số phân tử chứa trong khối khí

N_A : Số phân tử trong 1 kmol.

$$\frac{N}{N_A} = \frac{M}{\mu} \longrightarrow PV = \frac{M}{\mu} RT = \frac{N}{N_A} RT$$

$$\frac{R}{N_A} = k_B \quad : \text{Hằng số Boltzman}$$

Hai chất khí đậm đặc như nhau: Chất khí nào có T lớn hơn thì P cao hơn

$$PV = Nk_B T \quad (1.4)$$

Hai chất khí cùng T nhau: Chất khí nào đậm đặc hơn thì P cao hơn

$$P = \frac{N}{V} k_B T = nk_B T \quad (1.5)$$

$$k_B = \frac{8,31 \cdot 10^3 \text{ (J / Kmol.K)}}{6,02310 \cdot 10^{26} \text{ (1 / Kmol)}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ (J / K)}$$

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

Các trường hợp riêng : Các định luật thực nghiệm.

$$T = \text{const}$$

$$PV = \text{const}$$

*Boyle-
Mariotte(1669)*

$$P = \text{const}$$

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

Gay-Lussac(1802)

$$V = \text{const}$$

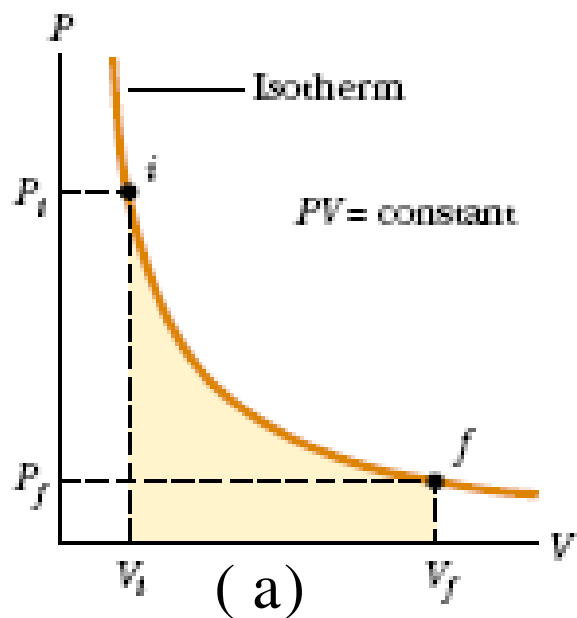
$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

Charles

$\alpha = \frac{1}{273} (1/^\circ\text{C})$: Hệ số dẫn nở nhiệt, cho mọi chất khí

$$\left| \begin{array}{l} V_{(t^{\circ}\text{C})} = V_{(0^{\circ}\text{C})} (1 + \alpha t) \\ V_{(T^{\circ}\text{K})} = V_{(0^{\circ}\text{C})} \cdot \alpha T_{(^{\circ}\text{K})} \sim T_{(^{\circ}\text{K})} \end{array} \right|$$

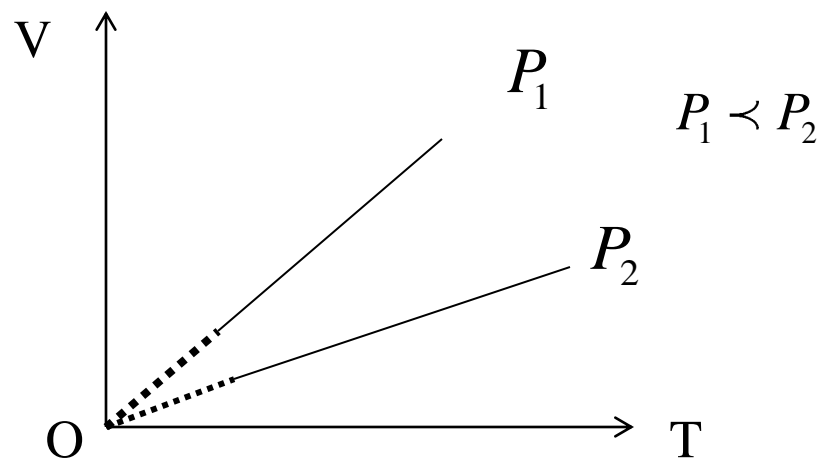
$$\left| \begin{array}{l} P_{(^{\circ}\text{C})} = P_{(0^{\circ}\text{C})} (1 + \alpha t) \\ P_{(^{\circ}\text{K})} = P_{(0^{\circ}\text{C})} \cdot \alpha T_{(^{\circ}\text{K})} \sim T_{(^{\circ}\text{K})} \end{array} \right|$$



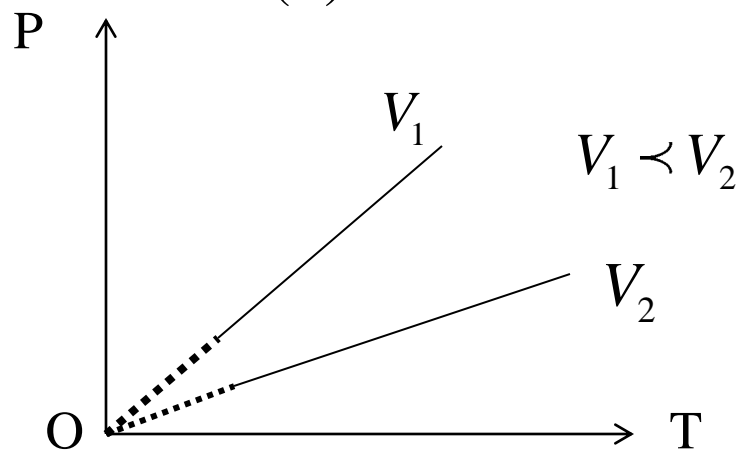
a/ Đường đẳng nhiệt, có dạng Hypecbol.

c/ Đường đẳng tích (Charles).

b / Đường đẳng áp (Gay Lussac)



(b)



(c)

MỘT SỐ VÍ DỤ - NHIỆT HỌC

Câu 1. Một khối khí được nhốt trong một xilanh và pittông ở áp suất $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Nén pittông để thể tích còn $1/3$ thể tích ban đầu (nén đẳng nhiệt). Áp suất của khối khí trong bình lúc này là bao nhiêu? **ĐS : $45 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($T_2 = T_1$)**

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p_1 V_1}{\frac{1}{3} V_1} = 3 \cdot p_1 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ at}$$

Câu 2. Bơm không khí có áp suất $p = 1 \text{ at}$ vào một quả bóng có dung tích bóng không đổi là $V = 2,5 \text{ lít}$ Mỗi lần bơm ta đưa được 125 cm^3 không khí vào trong quả bóng đó. Biết rằng trước khi bơm bóng chứa không khí ở áp suất 1 at và nhiệt độ không đổi. Sau khi bơm 12 lần, áp suất bên trong quả bóng là bao nhiêu ?

Đs: $1,6 \text{ atm}$

$$\begin{cases} p_1 = 1at \\ V_1 = 2,5 + 125.12.10^{-3} = 4l \\ p_2 = ? \\ V_2 = 2,5l \end{cases}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{1.4}{2,5} = 1,6at$$

Câu 3. Một lượng khí có áp suất lớn được chứa trong một bình có thể tích không đổi. Nếu có 50% khối lượng khí ra khỏi bình và nhiệt độ tuyệt đối của bình tăng thêm 50% thì áp suất khí trong bình thay đổi như thế nào? **Đs : 0,75p**

$$PTTTKLT : \begin{cases} p_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT_1 \\ p_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2} \frac{T_1}{T_2} = \frac{m_1}{0,5m_1} \frac{T_1}{1,5T_1} = \frac{1}{0,75}$$

$$\Rightarrow p_2 = 0,75p_1$$

MỘT SỐ VÍ DỤ - NHIỆT HỌC

Câu 4: Có 1g ôxy ở áp suất 3at sau khi hơi nóng đẳng áp, nó chiếm thể tích 1 lít. Tìm nhiệt độ sau khi hơi nóng. Coi khí oxy là khí lý tưởng. $R=8,31 \text{ J/mol.K}$. **Đs: 1155K**

$$pV = \frac{m}{\mu} RT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{pV \mu}{mR} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 32}{8,31} = 1155K$$

Câu 5: Một bình chứa khí ở 300K và áp suất $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, khi tăng nhiệt độ lên gấp đôi thì áp suất trong bình là bao nhiêu?
ĐS : $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = 2p_1 = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

3. Thuyết động học phân tử khí lý tưởng

a. Các phân tử trong chất khí

Các phân tử chất khí luôn chuyển động hỗn loạn không ngừng, nhiệt độ càng cao các phân tử chuyển động càng nhanh.

b. Thuyết động học phân tử

-Các chất khí cấu tạo gián đoạn và bao gồm một số rất lớn các phân tử

-Các phân tử chuyển động hỗn loạn. Khi chuyển động chúng va chạm vào nhau và va vào thành bình chứa.

-Độ lớn chuyển động biểu hiện ở nhiệt độ của khối khí. Chuyển động phân tử càng mạnh thì nhiệt độ càng cao. Nhiệt độ tuyệt đối tỉ lệ với động năng trung bình của phân tử.

-Kích thước các phân tử rất nhỏ so với khoảng cách. Bỏ qua kích thước của phân tử.

-Các phân tử không tương tác trừ trường hợp chúng va chạm. Sự va chạm tuân theo quy luật va chạm đàn hồi.

c. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử

Giả sử có N phân tử trong hộp có hình khối hộp các cạnh l_x, l_y, l_z .

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}; t = \frac{2l_x}{v_x} \quad \text{Động lượng theo phương } x \text{ thay đổi một lượng } 2mv_x. \text{ Ta có:}$$

$$F_x = \frac{2mv_x}{t} = \frac{2mv_x}{\frac{2l_x}{v_x}} = \frac{mv_x^2}{l_x} \Rightarrow p_x = \frac{F_x}{l_y l_z} = \frac{mv_x^2}{l_x l_y l_z} = \frac{mv_x^2}{V}; p_y = \frac{mv_y^2}{V}; p_z = \frac{mv_z^2}{V}$$

$$P_x = p_{x1} + p_{x2} + \dots + p_{xN} = \frac{mv_{x1}^2}{V} + \frac{mv_{x2}^2}{V} + \dots + \frac{mv_{xN}^2}{V} = \frac{m}{V} (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2)$$

$$P_x = \frac{Nm}{V} \langle v_x^2 \rangle; \langle v_x^2 \rangle = \frac{(v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2)}{N}$$

$$\rightarrow P_y = \frac{Nm}{V} \langle v_y^2 \rangle; P_z = \frac{Nm}{V} \langle v_z^2 \rangle \quad \text{Áp suất gây trên mọi phương là như nhau nên:}$$

$$P_x = P_y = P_z = P \rightarrow \frac{Nm}{V} \langle v_x^2 \rangle = \frac{Nm}{V} \langle v_y^2 \rangle = \frac{Nm}{V} \langle v_z^2 \rangle$$

$$\Leftrightarrow \langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle$$

c. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \rightarrow \frac{v^2}{N} = \frac{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}{N}$$

$$\rightarrow v_1^2 = v_{x1}^2 + v_{y1}^2 + v_{z1}^2$$

(Vận tốc của một hạt nói chung)

$$\Rightarrow \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} = \frac{v_{x1}^2 + v_{y1}^2 + v_{z1}^2 + v_{x2}^2 + v_{y2}^2 + v_{z2}^2 + \dots + v_{xN}^2 + v_{yN}^2 + v_{zN}^2}{N}$$

$$\frac{v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2 + v_{y1}^2 + v_{y2}^2 + \dots + v_{yN}^2 + v_{z1}^2 + v_{z2}^2 + \dots + v_{zN}^2}{N}$$

$$= \frac{v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2}{N} + \frac{v_{y1}^2 + v_{y2}^2 + \dots + v_{yN}^2}{N} + \frac{v_{z1}^2 + v_{z2}^2 + \dots + v_{zN}^2}{N}$$

$$\Leftrightarrow \langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle = 3 \langle v_x^2 \rangle \rightarrow \langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle v^2 \rangle$$

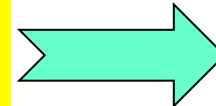
$$\Rightarrow P = P_x = \frac{Nm}{V} \langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3} \frac{Nm}{V} \langle v^2 \rangle = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle$$

Áp suất

Số phân tử trong một đơn vị thể tích



$$n = \frac{N}{V}$$



$$\Rightarrow P = \frac{1}{3} n.mv^2$$

d. Động năng

$$E_d = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + \dots + \frac{1}{2}mv_N^2$$
$$= \frac{1}{2}Nm\left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}\right) = \frac{1}{2}Nm\langle v^2 \rangle$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Lythuyet : } p = \frac{1}{3} \frac{Nm}{V} \langle v^2 \rangle \Rightarrow pV = \frac{1}{3} Nm \langle v^2 \rangle \\ \text{PTTTKLT : } pV = nRT \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{1}{3} Nm \langle v^2 \rangle = nRT$$

$$Nm \langle v^2 \rangle = 3nRT \Leftrightarrow \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3nRT}{2N} = \frac{3nRT}{2nN_A} = \frac{3RT}{2N_A} \Rightarrow \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

Nếu xem động năng tịnh tiến trung bình có giá trị như trên thì thực nghiệm và lý thuyết trùng nhau.

$$n = \frac{N}{V}$$

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E_d}$$

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

Luật phân bố điều năng lượng theo các bậc tự do

Qui ước bậc tự do

- Phân tử khí 1 nguyên tử $i = 3$
- Phân tử khí 2 nguyên tử $i = 5$
- Phân tử khí 3 nguyên tử trở lên $i = 6$.
- Mỗi bậc tự do của phân tử khí có năng lượng $0,5 k_B T$
- Phân tử khí có bậc tự do là i thì năng lượng là $\frac{i}{2} k_B T$

Vậy bậc tự do chỉ nhận các giá trị $i=3, 5$ và 6

Nội năng của khối khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của khối khí ấy theo công thức:

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

Độ biến thiên nội năng 

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T$$
$$\Delta T = T_2 - T_1$$