

CHƯƠNG 5: NỘI NĂNG KHÍ LÝ TƯỞNG -NGUYÊN LÝ NHIỆT ĐỘNG HỌC

I. MỤC TIÊU BÀI HỌC:

Sau khi học xong bài học sinh viên phải:

- Nắm được các khái niệm bậc tự do, nội năng khí lý tưởng, phân biệt được khái niệm công và nhiệt.
- Biết cách vận dụng công thức của nguyên lý 1, nguyên lý 2 Nhiệt động lực học vào các quá trình biến đổi để xác định công trao đổi, nhiệt trao đổi, biến thiên nội năng của từng quá trình.

Để hoàn thành tốt bài học sinh viên cần thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Đọc trước bài: Nội năng khí lý tưởng- nguyên lý nhiệt động học.
- Theo dõi bài giảng của giảng viên
- Hoàn thành các bài tập cuối chương
- Bài giảng đang trong quá trình hoàn thiện, nếu có nội dung chưa hiểu, sinh viên liên hệ với giảng viên phụ trách.

II. NỘI DUNG

5.1. NỘI NĂNG KHÍ LÝ TƯỞNG.

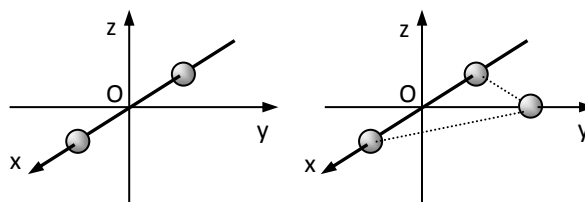
5.1.1. Định luật phân bố năng lượng theo bậc tự do

Bậc tự do của phân tử: Số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của phân tử trong không gian. Ký hiệu số bậc tự do là i .

- **Nếu phân tử đơn nguyên tử:** coi phân tử như một chất điểm chỉ tham gia chuyển động tịnh tiến do đó số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí nó trong không gian

là 3 tọa độ độc lập x, y, z nên phân tử đơn nguyên tử có bậc tự do bằng 3, He, Ne, Argon, ... ($i=3$)

- **Nếu phân tử lưỡng nguyên tử** nó vừa tham gia chuyển động tịnh tiến, vừa chuyển động quay. Giả sử tâm quay tức thời của hệ hai nguyên tử là nguyên tử thứ nhất, để xác định vị trí của hệ cần xác định vị trí tâm quay có 3 tọa độ x, y, z và xác định vị trí của nguyên tử thứ 2 so với tâm



Phân tử 2 nguyên tử và 3 nguyên tử

quay của nó cần 2 tọa độ độc lập nữa nên phân tử lưỡng nguyên tử có số bậc tự do bằng 5, như H_2, O_2, N_2, \dots ($i=5$).

- **Nếu phân tử đa nguyên tử** số bậc tự do bằng 6, CO_2, H_2S , hơi nước H_2O, \dots

Định luật phân bố năng lượng theo số bậc tự do:

Trong khi thiết lập phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử các chất khí, ta đã có một nhận xét rằng vận tốc chuyển động của các phân tử là hỗn loạn và không có phương ưu tiên nên trung bình bình phương vận tốc theo mọi phương là như nhau.

Theo đó, chuyển động tịnh tiến có 3 bậc tự do ứng với năng lượng $3kT/2$, nên mỗi bậc tự do có năng lượng là $kT/2$. Mở rộng quan niệm này cho các phân tử khí có các bậc tự do ứng với quá trình quay, Maxwell đã đi đến định luật phân bố đều năng lượng theo các bậc tự do: *Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các bậc tự do và động năng ứng với mỗi bậc tự do bằng $kT/2$.*

5.1.2. Nội năng của khí lý tưởng

Khái niệm nội năng:

Năng lượng trung bình chuyển động hỗn loạn phân tử khí bao gồm động năng trung bình của chuyển động hỗn độn các phân tử và thế năng tương tác $W=W_d + W_{tt}$.

Đối với khí lý tưởng các phân tử không tương tác nhau do đó thế năng tương tác giữa các phân tử bằng không.

Mà động năng trung bình chuyển động hỗn độn phân tử khí $W_d = \frac{i}{2} kT$

do vậy $W = W_d = \frac{i}{2} kT$.

Nội năng của 1 kmol khí lý tưởng:

Trong một kmol khí bất kì đều chứa N_A phân tử, mỗi phân tử có năng lượng $\frac{i}{2} kT$

Năng lượng tổng cộng của các phân tử có trong một kmol đó được gọi là nội năng của một kmol, kí hiệu là U_0 thì biểu thức của U_0 là:

$$U_0 = N_A \frac{i}{2} kT;$$

$$U_0 = \frac{i}{2} RT ; R = kN_A$$

Nội năng của khối lượng khí lý tưởng bất kì:

Trong khối lượng m khí lý tưởng bất kì có chứa n kmol khí, mỗi kmol khí có khối lượng M , do vậy $n = \frac{m}{M}$.

Năng lượng tổng cộng của các phân tử có trong khối lượng m đó được gọi là nội năng của khối lượng khí bất kì, kí hiệu là U thì biểu thức của U là:

$$U = nU_0 = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT.$$

5.1.3. Độ biến thiên nội năng của khí lý tưởng.

Xét khối lượng khí bất kì ở hai trạng thái nhiệt độ là T_1 và T_2 , nội năng tương ứng với hai trạng thái đó là U_1 và U_2 .

Ta có: $U_1 = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R T_1,$

$$U_2 = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R T_2,$$

Độ biến thiên nội năng giữa hai trạng thái là:

$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \Delta T.$$

5.1.4. Các định luật phân bố phân tử

Do tính chất chuyển động hỗn độn và không đồng đều của các phân tử khí nên trạng thái các phân tử khí không hoàn toàn giống nhau. Bằng phương pháp thống kê và tính toán trên thực nghiệm, người ta chỉ có thể xác định được thông số trạng thái có tính xác suất. Dưới đây là kết quả về sự phân bố xác suất của một số đại lượng đặc trưng cho trạng thái của chất khí.

a) Định luật phân bố áp suất theo độ cao h:

$$p_h = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}; \quad p_0 \text{ là áp suất tại mặt đất.}$$

b) Định luật phân bố mật độ hạt theo độ cao h:

$$n_h = n_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}; \quad n_0 \text{ là mật độ hạt tại mặt đất.}$$

c) Quãng đường tự do trung bình:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n_0} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P}; \quad d \text{ là đường kính phân tử.}$$

5.2 NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

5.2.1. Năng lượng, Nhiệt và Công

Năng lượng:

Năng lượng là đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất. Khi trạng thái của hệ thay đổi thì năng lượng của hệ cũng thay đổi theo. Do đó năng lượng là hàm của trạng thái.

Hai dạng truyền năng lượng: đó là công và nhiệt. Công và nhiệt đều là những đại lượng đo mức độ trao đổi năng lượng nhưng chúng không phải là một dạng của năng lượng do vậy nó được gọi là hàm biến đổi.

Trong nhiệt động học ta chỉ khảo sát năng lượng ở bên trong hệ, năng lượng đó chính bằng nội năng của hệ.

Nhiệt và công:

Nhiệt và công cùng là thước đo mức năng lượng truyền từ hệ này cho hệ khác, hoặc từ dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác.

Công và nhiệt lượng là hai đại lượng khác nhau nhưng nó tương đương nhau, ví dụ muốn làm cho một khối lượng khí nóng lên (nội năng tăng), ta có thể tiến hành theo hai cách truyền nhiệt và sinh công.

5.2.2. Nguyên lý thứ nhất

Nội dung: Trong một quá trình biến đổi, độ biến thiên nội năng của hệ có giá trị bằng tổng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q.$$

Các đại lượng ΔU , A , Q có thể dương hay âm.

Nếu $A > 0$ và $Q > 0$ thì $\Delta U > 0$ nghĩa là hệ nhận công và nhiệt từ bên ngoài nội năng của hệ tăng.

Nếu $A < 0$ và $Q < 0$ thì $\Delta U < 0$ nghĩa là hệ sinh công và tỏa nhiệt ra bên ngoài nội năng của hệ giảm.

Hệ quả của nguyên lý thứ nhất:

- Quá trình biến đổi trạng thái theo một chu trình kín:

$$U_1 = U_2, \text{ do vậy } A + Q = 0 \rightarrow A = -Q.$$

Như vậy: Hệ nhận công để truyền nhiệt, hoặc hệ nhận nhiệt để thực hiện công.
Điều này cho biết: Muốn sinh công thì hệ phải nhận nhiệt lượng từ ngoài vào. Không có máy thực hiện công mà không cần tiêu thụ năng lượng (không có động cơ vĩnh cửu loại một).

- Xét hệ cô lập gồm hai vật chỉ trao đổi nhiệt với nhau:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \text{ ta có } Q_1 = -Q_2.$$

Như vậy: Nếu vật này tỏa nhiệt thì vật kia phải thu nhiệt : “Trong một hệ cô lập nhiệt lượng tỏa ra bằng nhiệt lượng thu vào”.

5.2.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất

Trạng thái cân bằng: Là trạng thái trong đó mọi thông số của hệ được xác định và tồn tại không đổi.

Quá trình cân bằng: Là một quá trình biến đổi, gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng. Thực tế không có quá trình cân bằng, vì trong quá trình biến đổi: khi trạng thái cân bằng trước đó bị phá vỡ thì trạng thái cân bằng sau lại được thiết lập. Tuy nhiên nếu quá trình biến đổi xảy ra rất chậm thì có thể xem như một quá trình cân bằng.

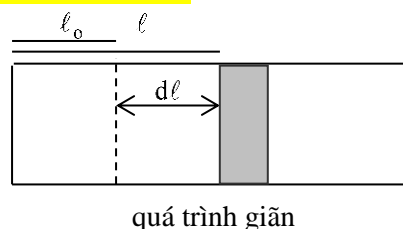
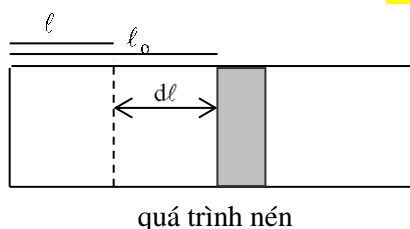
Công trao đổi của hệ trong quá trình cân bằng: Xét hệ là một khối lượng khí nhất định đựng trong xi lanh được giới hạn bởi pít tông, biến đổi trạng thái theo quá trình cân bằng.

+ Nếu khí đó giãn nở: Độ lớn công trong một sự dịch chuyển nhỏ của pít tông $dA = Fd\ell = pSd\ell = pdV$. Để vừa thoả mãn $dV > 0$ (do giãn nở), vừa thoả mãn $dA < 0$ (hệ nhận công) thì viết biểu thức giá trị đại số công trong quá trình nén đó là $dA = -pdV$.

+ Nếu khí đó bị nén: độ lớn công trong một sự dịch chuyển nhỏ của pít tông $dA = Fd\ell = pSd\ell = pdV$. Để vừa thoả mãn $dV < 0$ (do bị nén), vừa thoả mãn $dA > 0$ (hệ nhận công) thì viết biểu thức giá trị đại số công trong quá trình nén đó là $dA = -pdV$.

Vậy xét một cách tổng quát, biểu thức giá trị đại số công trong một quá trình cân bằng là:

$$A_{12} = \int_{12} dA = - \int_{12} p.dV,$$



Quá trình p thay đổi thì phải biểu diễn p như là một hàm số T hoặc V.

Nhiệt lượng trao đổi của hệ trong quá trình cân bằng: Nhiệt lượng trao đổi cho vật thay đổi nhiệt độ T_1 thành T_2 phương trình thực nghiệm của quá trình này là:

+ $dQ = cm(T_2 - T_1)$; Với c là nhiệt dung riêng của vật có khối lượng m.

+ $dQ = cmdT$,

đặt $C=cM$ ta có thể viết lại phương trình: $dQ = \frac{m}{M} C dT$, với C là nhiệt dung phân tử của hệ. Nếu xét trong một quá trình phức tạp từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 thì:

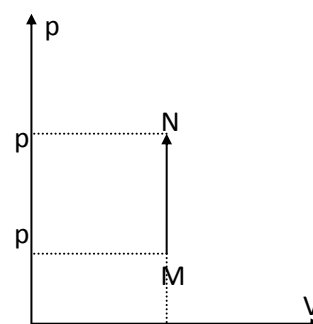
$$Q_{12} = \int_{12} dq = \frac{m}{M} C \int_{12} dT.$$

Ứng dụng nguyên lý thứ nhất:

Quá trình đẳng tích:

+ Thể tích không đổi $V_1=V_2$, áp suất và nhiệt độ thay đổi.

+ Phương trình trạng thái: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.



+ Công trong quá trình: Từ trạng thái 1 đến trạng thái 2: $A_{12} = -\int_1^2 p dV = 0$ do $dV=0$.

+ Độ biến thiên nội năng (khí lý tưởng): $\Delta U = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} \Delta T$.

+ Nhiệt lượng trao đổi: Áp dụng nguyên lý thứ nhất: $\Delta U = Q + A = Q$, vì $A=0$, mỗi vế của đẳng thức trên là: $Q = \frac{m}{M} C_V \Delta T$ và $\Delta U = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} \Delta T$, do đó biểu thức nhiệt

dung mol phân tử trong quá trình đẳng tích là: $C_V = \frac{iR}{2}$.

Quá trình đẳng áp:

+ Áp suất không đổi $p_1= p_2$, thể tích và nhiệt độ thay đổi.

+ *Phương trình trạng thái:* $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

+ *Công trong quá trình:* Từ trạng thái 1 đến trạng thái 2:

$$A_{12} = -\int_1^2 p dV = -(pV_2 - pV_1) \text{ có } pV_1 = \frac{m}{M}RT_1 \text{ và } pV_2 = \frac{m}{M}RT_2$$

$$A_{12} = -\frac{m}{M}R(T_2 - T_1) = -\frac{m}{M}R\Delta T.$$

+ *Độ biến thiên nội năng (khí lý tưởng):* $\Delta U = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} \Delta T.$

+ *Nhiệt lượng trao đổi:* Áp dụng nguyên lý thứ nhất: $\Delta U = A + Q \rightarrow Q = \Delta U - A$

$$Q = \Delta U - A = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} \Delta T - \left(-\frac{m}{M}R\Delta T \right) = \frac{m}{M} \left(\frac{iR}{2} + R \right) \Delta T.$$

Mặt khác: $Q = \frac{m}{M} C_p \Delta T$, đồng nhấtai biểu thức trên, rút ra nhiệt dung mol phân

tử trong quá trình đẳng áp:

$$C_p = \frac{iR}{2} + R.$$

Quá trình đẳng nhiệt:

+ Nhiệt độ không đổi $T_1 = T_2$, áp suất và thể tích thay đổi.

+ *Phương trình trạng thái:* $p_1 V_1 = p_2 V_2 = pV.$

+ *Công trong quá trình:* Từ trạng thái 1 đến trạng thái 2:

$$A_{12} = - \int_{12} p.dV = - \int_{12} \frac{m}{M} RT. \frac{dV}{V} = - \frac{m}{M} RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V};$$

$$A_{12} = - \frac{m}{M} RT. \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

+ *Độ biến thiên nội năng (khí lý tưởng):* $\Delta U = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} \Delta T = 0$ vì $T = \text{const.}$

+ *Nhiệt lượng trao đổi:* Áp dụng nguyên lý thứ nhất $\Delta U = A + Q = 0 \rightarrow Q = -A.$

+ *Nhiệt lượng trao đổi:* $Q_{12} = -A = \frac{m}{M} RT. \ln \frac{V_2}{V_1}.$

Quá trình đoạn nhiệt:

+ *Định nghĩa:* Là quá trình hệ biến đổi nhưng không trao đổi nhiệt với bên ngoài.

+ *Nhiệt lượng trao đổi* $Q=0.$

+ *Xét trong quá trình nhỏ:* $dU = dA + dQ = dA.$

trong đó: $dU = \frac{m}{M} \frac{iR}{2} dT = \frac{m}{M} C_V dT$ và $dA = -p.dV.$

thay vào ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m}{M} C_V dT = -p dV = - \frac{mRT}{M} \frac{dV}{V} \\ \rightarrow \frac{dT}{T} + \frac{R}{C_V} \frac{dV}{V} = 0 \rightarrow \int_{T_1}^T \frac{dT}{T} + \frac{R}{C_V} \int_{V_1}^V \frac{dV}{V} = 0, \end{array} \right.$$

lấy tích phân và biến đổi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln T - \ln T_1 + \frac{R}{C_V} \ln V - \frac{R}{C_V} \ln V_1 = 0 \\ \rightarrow \ln T + \frac{R}{C_V} \ln V = \ln T_1 + \frac{R}{C_V} \ln V_1 \\ \rightarrow \ln \left(TV^{\left(\frac{R}{C_V}\right)} \right) = \ln \left(T_1 V_1^{\left(\frac{R}{C_V}\right)} \right) \rightarrow T.V^{\left(\frac{R}{C_V}\right)} = \text{const}, \\ \frac{R}{C_V} = \frac{C_P - C_V}{C_V} = \frac{C_P}{C_V} - 1 = \gamma - 1, \end{array} \right.$$

với γ là hệ số Poisson, thay vào trên ta được phương trình theo V,T:

$$\left\{ \begin{array}{l} T.V^{(\gamma-1)} = \text{const}^{***} \\ \leftrightarrow T_1.V_1^{(\gamma-1)} = T_2.V_2^{(\gamma-1)} = \dots\dots\dots = T.V^{(\gamma-1)}, \end{array} \right.$$

ta thay $T = \frac{pVM}{mR}$ biến đổi ta được phương trình theo p,V:

$$\left\{ \begin{array}{l} T.V^{(\gamma-1)} = \frac{M}{mR} pV.V^{(\gamma-1)} = \text{const}^{***} \\ p.V^\gamma = \text{const} \rightarrow p_1.V_1^\gamma = p_2.V_2^\gamma = \dots\dots\dots = p.V^\gamma. \end{array} \right.$$

+ Công trong quá trình đoạn nhiệt:

Theo biểu thức tính công: $A = - \int_{V_1}^{V_2} p.dV,$

$$\text{thay } p = \frac{pV^\gamma}{V^\gamma} \text{ vào: } \begin{cases} A = -pV^\gamma \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma} = -pV^\gamma \frac{V^{1-\gamma}}{(1-\gamma)} \Big|_{V_1}^{V_2}; \\ A = \frac{1}{(\gamma-1)} (p_2 V_2^\gamma \cdot V_2^{1-\gamma} - p_1 V_1^\gamma \cdot V_1^{1-\gamma}); \\ A = \frac{(p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)}{(\gamma-1)}. \end{cases}$$

Ví dụ 1 : 160g khí oxi được nung nóng từ nhiệt độ 50°C đến 60°C. Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong quá trình

- Đẳng tích,
- Đẳng áp.

Hướng dẫn

- Quá trình đẳng tích, nhiệt lượng trao đổi

$$Q = \Delta U - A = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{5}{2} R \Delta T = \frac{160}{32} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.31 \cdot (60 - 50) \approx 1040J \approx 250cal$$

- Quá trình đẳng áp, độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = 250cal$$

Nhiệt lượng khí nhận vào:

$$Q = n C_p \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{7}{2} R \Delta T$$

$$\text{Thay số: } Q = \frac{160}{32} \cdot \frac{7}{2} \cdot 8.31 \cdot (60 - 50) \approx 1454J \approx 350cal$$

Ví dụ 2: Một bình kín chứa 14g khí Nito ở áp suất 1at và nhiệt độ 27°C. Sau khi hơi nóng, áp suất trong bình lên tới 5at. Hỏi:

- a. Nhiệt độ của khí sau khi hơi nóng?
- b. Thể tích của bình?
- c. Độ tăng nội năng của khí?

Hướng dẫn:

- a. Quá trình đẳng tích, nhiệt độ khối khí sau khi nóng là T_2

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = 1500K$$

- b. Thể tích bình:

$$V = \frac{mRT_1}{\mu p_1} = 12,72l$$

- c. Độ tăng nội năng của khối khí

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} \frac{5}{2} R \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right) T_1 = 12,46kJ$$

(N_2 khí lưỡng nguyên tử $i=2$, $C_v = 5R/2$)

Ví dụ 3: Hơi nóng 16 gam khí oxi trong một bình khí giãn nở kém ở nhiệt độ $37^{\circ}C$, từ áp suất $10^5 N/m^2$ lên tới $3 \cdot 10^5 N/m^2$ tìm:

- a. Nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng;
- b. Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

Hướng dẫn:

- a. Bình kín, giãn nở kém, quá trình biến đổi trạng thái khí coi là đẳng tích:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{3 \cdot 10^5}{10^5} (273 + 37) = 930K$$

- b. Nhiệt lượng đã cung cấp cho khí bằng độ biến thiên nội năng khí nhận được trong quá trình đẳng tích trên

$$Q = \Delta U = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right)$$

$$Q = \frac{16}{32} \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (273 + 37) \left(\frac{3 \cdot 10^5}{10^5} - 1 \right) \approx 6,4 \text{ kJ}$$

Ví dụ 4: 6,5g hydro ở nhiệt độ 27°C, nhận nhiệt lượng giãn nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính:

- Công mà khí sinh ra
- Độ biến thiên nội năng của khối khí
- Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí

Hướng dẫn

- Công sinh ra

$$A' = -A = p(V_2 - V_1) = p(2V_1 - V_1) = \frac{m}{m} R T_1 = \frac{6,5}{2} \cdot 8,31 \cdot (273 + 27) \approx 8,1 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \left(\frac{m}{\mu} R T_2 - \frac{m}{\mu} R T_1 \right) = \frac{i}{2} (2pV_1 - pV_1) = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T_1$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{6,5}{2} \cdot 8,31 \cdot (273 + 27) \approx 20,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí

Theo nguyên lý I

$$Q = \Delta U - A = 8,1 \cdot 10^3 + 20,2 \cdot 10^3 = 28,3 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

Ví dụ 5: 10g khí oxi ở nhiệt độ 10°C, áp suất $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Sau khi hơi nóng đẳng áp, thể tích khí tăng lên 10 lít. Tìm:

- Nhiệt lượng mà khối khí nhận được
- Nội năng của khối khí trước và sau khi hơi nóng

Hướng dẫn :

a. Nhiệt lượng mà khối khí nhận được trong quá trình đẳng áp:

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1) = \frac{i+2}{2} \left(\frac{m}{\mu} R T_2 - \frac{m}{\mu} R T_1 \right) = \frac{i+2}{2} \left(p V_2 - \frac{m}{\mu} R T_1 \right)$$

$$Q = \frac{5+2}{2} \left(3 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - \frac{10}{32} \cdot 8,31 \cdot (273 + 10) \right) \approx 7,9 \cdot 10^3 J$$

b. Nội năng của khối khí trước khi hơi nóng

(oxi có bậc tự do $i=5$)

$$U_1 = \frac{m}{\mu} C_v T_1 = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R T_1 = \frac{10}{32} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (273 + 10) = 1,8 \cdot 10^3 J$$

Nội năng của khối khí sau khi hơi nóng

$$U_2 = \frac{m}{\mu} C_v T_2 = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R T_2 = \frac{i}{2} p V_2 = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 7,5 \cdot 10^3 J$$

Ví dụ 6: Một khối khí N_2 ở áp suất $p_1=1\text{at}$ có thể tích $V_1=10$ lít được giãn nở tới thể tích gấp đôi. Tìm áp suất cuối cùng và công do khí sinh ra nếu giãn nở đó là:

- Đẳng áp
- Đẳng nhiệt
- Đoạn nhiệt

Hướng dẫn:

a. Quá trình đẳng áp , áp suất cuối $p_2= p_1=1\text{at}$

$$\text{Công do khí sinh ra là: } A = p_1 \Delta V = 1,981 \cdot 10^4 \cdot (2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) \approx 980 J$$

b. Quá trình đẳng nhiệt , áp suất cuối p_2 : $p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{V_1}{V_2} p_1 = 0,5\text{at}$

Công do khí sinh ra: $A = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1.9,81.10^4.10.10^{-3} \cdot \ln 2 = 680J$

c. Quá trình đoạn nhiệt

Ta có $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \rightarrow p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$ với N_2 có $\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{5+2}{2} = 1,4$

Nên $p_2 = 1/2^{1,4} = 0,38at$

Công do khí sinh ra:

$$Q = A' + \Delta U \rightarrow A' = -\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_2) = \frac{i}{2} \left(\frac{m}{\mu} R T_1 - \frac{m}{\mu} R T_2 \right)$$

$$A' = \frac{i}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{i}{2} \left(p_1 V_1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma V_2 \right) = \frac{i}{2} p_1 V_1 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right)$$

$$A' = \frac{5}{2} 9,81.10^4.10.10^{-3} (1 - 2^{-0,4}) \approx 590J$$

BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG

Bài 1. Một bình khí chứa 14g khí N_2 ở áp suất 1at và nhiệt độ $27^\circ C$. Sau khi hơi nóng, áp suất khí trong bình lên tới 5at. Hỏi

- Nhiệt độ của khí sau khi hơi nóng.
- Thể tích của bình.
- Độ tăng nội năng của khí.

Bài 2. 160 gam khí oxy được nung nóng từ nhiệt độ $50^\circ C$ đến nhiệt độ $60^\circ C$. Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong hai quá trình

- Đẳng tích.
- Đẳng áp.

Bài 4. Nén đẳng tích 3 lít không khí ở áp suất 1at. Tìm nhiệt tỏa ra biết rằng thể tích cuối cùng bằng 1/10 thể tích ban đầu.

Bài 5. Một bình kín thể tích 5 lít đựng 32 gam khí oxy ở nhiệt độ 20°C. Sau khi hơi nóng áp suất khí trong bình lên tới 10⁵ mmHg. Tìm nhiệt lượng mà khối khí nhận được, biết rằng bình giãn nở kém.

Bài 2. Tìm nhiệt dung riêng đẳng áp của một chất khí, biết rằng khối lượng của 1kmol khí đó là $\mu=30\text{kg/kmol}$. Hệ số Poisson $\gamma=1,4$.

Bài 6. Một khối khí oxy ở áp suất 3at và thể tích 10 lít, được giãn nở tới thể tích 20 lít. Tìm áp suất cuối cùng và công do khí sinh ra nếu giãn nở đó là

- a. Đẳng áp.
- b. Đẳng nhiệt.
- c. Đoạn nhiệt.

Bài 6. 1kg không khí ở nhiệt độ 30°C và áp suất 1,5at được giãn đoạn nhiệt đến áp suất 1at. Hỏi:

- a. Thể tích của không khí tăng lên mấy lần.
- b. Nhiệt độ không khí sau khi giãn.
- c. Công do khối khí sinh ra sau khi giãn nở.

