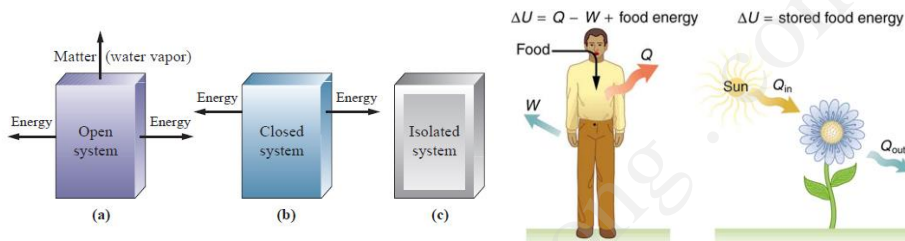


Hệ nhiệt động lực học (Thermodynamic system)

Hệ nhiệt động lực học là một vật hoặc tập hợp các vật có khả năng truyền năng lượng và chất với môi trường xung quanh.

Hệ nhiệt động lực học có thể là một thiết bị cơ học, hệ sinh học, một lượng vật chất... *TD Động cơ nhiệt: Hơi nước trong động cơ hơi nước, khí vận chuyển nhiệt trong máy lạnh...*

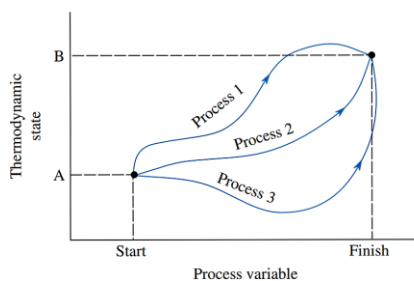


1

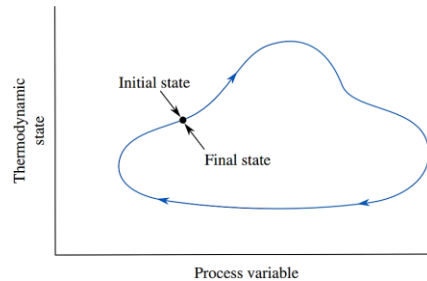
Quá trình nhiệt động lực học

Khi hệ nhận hoặc tỏa năng lượng ra môi trường xung quanh hoặc khi một hay nhiều tính chất của hệ thay đổi, tức là trạng thái của hệ thay đổi.

Quá trình hệ nhiệt động lực thay đổi các trạng thái kế tiếp nhau là **quá trình nhiệt động lực học** (Thermodynamic Process).



Quá trình (Process)



Chu trình (Cycle)

2

1. Nội năng (Internal energy)

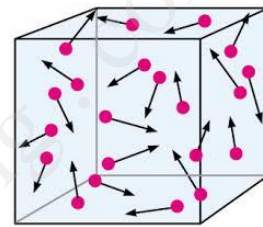
Nội năng là phần năng lượng bên trong của hệ.

Đối với khí lý tưởng, **nội năng** bao gồm động năng chuyển động tịnh tiến, quay, dao động của các phân tử. Bỏ qua năng lượng tương tác giữa các phân tử.

Nội năng chỉ phụ thuộc trạng thái của hệ nên là **hàm trạng thái**.

Theo thuyết động học phân tử chất khí, động năng tịnh tiến trung bình của phân tử:

$$\bar{w} = \frac{3}{2} kT$$

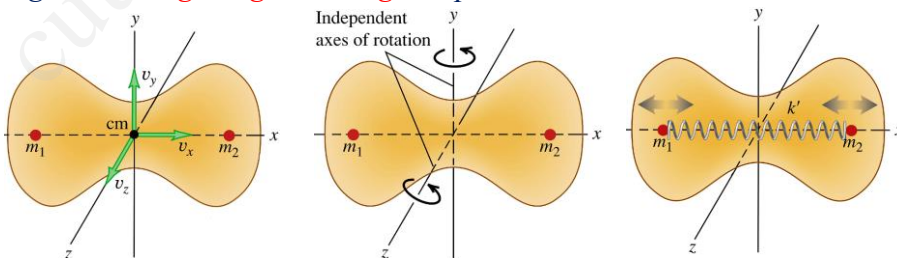


3

1. Nội năng (2)

Với phân tử đa nguyên tử (≥ 2), ngoài **động năng tịnh tiến** còn **động năng quay** của phân tử.

Ở nhiệt độ cao, phân tử khí dao động mạnh nên nội năng còn bao gồm cả **động năng dao động** của phân tử.



Áp dụng khái niệm số bậc tự do của phân tử:

- Khí đơn nguyên tử chỉ có 3 bậc tự do tịnh tiến.
- Phân tử 2 nguyên tử có 3 tịnh tiến, 2 quay.
- Phân tử ≥ 3 nguyên tử không thẳng hàng có 3 tịnh tiến, 3 quay.

4

1. Nội năng (3)

Thực nghiệm chứng tỏ động năng trung bình của phân tử tỉ lệ với số bậc tự do của phân tử.

$$\bar{w} = \frac{i}{2} kT$$

Với i bằng tổng số bậc tự do tịnh tiến và số bậc tự do quay.

Nội năng khí lý tưởng (N phân tử, n mol):

$$U = N\bar{w} = N \frac{i}{2} kT = \frac{N}{N_A} \frac{i}{2} RT$$

$$\Rightarrow U = n \frac{i}{2} RT$$

U chỉ phụ thuộc nhiệt độ T

\Rightarrow **Độ biến thiên nội năng:**

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

Không xét động năng dao động.

$i = 3$: phân tử đơn nguyên tử

$i = 5$: phân tử 2 nguyên tử

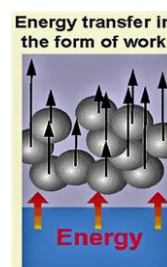
$i = 6$: phân tử ≥ 3 nguyên tử không thẳng hàng

5

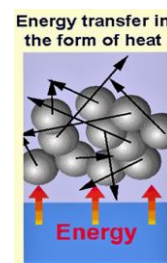
2. Công và nhiệt

Hệ nhiệt động truyền năng lượng với môi trường xung quanh dưới dạng **Công** (Work) và **Nhiệt** (Heat)

Công là dạng truyền năng lượng thông qua **chuyển động có trật tự của toàn bộ hệ**, liên quan đến sự thay đổi thể tích của hệ.



Nhiệt là dạng truyền năng lượng thông qua **chuyển động hỗn loạn và va chạm** của các phân tử bên trong hệ với các phân tử của môi trường xung quanh.

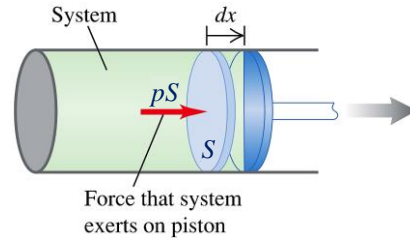


6

3. Công (Thermodynamic Work)

Xét xi lanh (Cylinder), tiết diện S chứa chất khí áp suất p .

- Lực do chất khí tác dụng lên piston: $F = pS$



- Công vi cấp dW do khí dịch chuyển piston một đoạn dx :

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{x} = F \cdot dx = pS \cdot dx = p dV$$

- Công W' do chất khí thực hiện: $W' = \int_{V_1}^{V_2} p dV$

→ Công W do chất khí nhận vào:

$$W = -W' = - \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

7

3. Công (2)

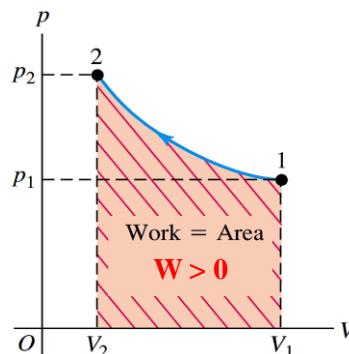
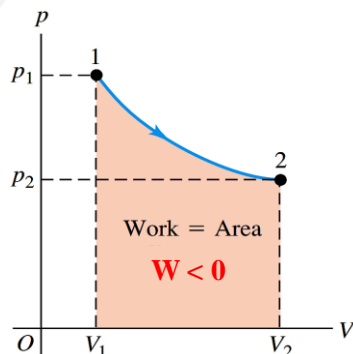
Công phụ thuộc vào quá trình biến đổi nên là **hàm quá trình**.

Công do hệ nhận vào W ngược dấu với công do hệ thực hiện W'

$$W = -W'$$

- Nếu hệ sinh công (thể tích tăng, giãn khí): $W < 0$

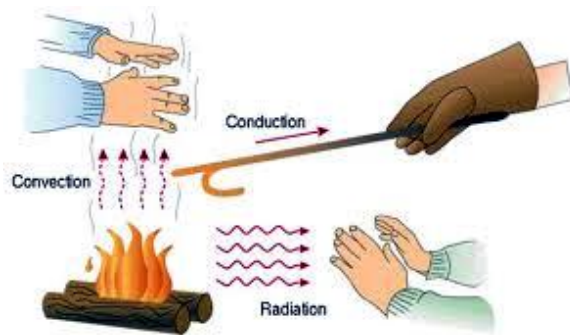
- Nếu hệ nhận công (thể tích giảm, nén khí): $W > 0$



8

4. Nhiệt (Heat, Quantity of heat)

Có 3 cách truyền nhiệt cơ bản: **dẫn nhiệt** (thermal conduction), **đối lưu nhiệt** (convection) và **bức xạ nhiệt** (radiation).



Dẫn nhiệt: Các phân tử bên trong vật ở nhiệt độ cao **va chạm** và **truyền động năng** cho các phân tử của vật ở nhiệt độ thấp hơn.

Đối lưu nhiệt: là truyền nhiệt do sự **di chuyển của vật chất (khí, chất lỏng)** từ vùng **nhiệt độ cao** đến vùng **nhiệt độ thấp** hơn.

Bức xạ nhiệt: là truyền nhiệt bởi **bức xạ (sóng) điện từ** phát ra từ nguồn nhiệt độ cao, không cần vật chất trung gian.

9

4. Nhiệt (2)

Khi hệ M (số mol n) nhận nhiệt lượng dQ , nhiệt độ của hệ tăng dT :

$$dQ = nC.dT \quad (C: \text{nhiệt dung mol})$$

Nhiệt lượng hệ nhận vào Q trong quá trình biến đổi 1 đến 2:

$$Q = n \int_1^2 C.dT$$

- Hệ nhận nhiệt: $Q > 0$
- Hệ tỏa nhiệt: $Q < 0$

Nếu nhiệt dung C không đổi: $Q = nC.\Delta T$

Nhiệt lượng hệ tỏa ra Q' : $Q' = -Q$

Tương tự như công, **nhiệt cũng là hàm quá trình**. Trạng thái của hệ không đổi thì không có công và nhiệt.

10

5. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học

Nguyên lý I: Độ biến đổi nội năng của hệ bằng tổng đại số công và nhiệt nhận vào.

$$\Delta U = W + Q$$

- Biến đổi nhỏ (Dạng vi cấp): $dU = dW + dQ$
- Dạng khác của nguyên lý I: $\Delta U = W - Q' = Q - W'$

Nguyên lý I là một trường hợp của nguyên lý bảo toàn năng lượng.

Công và nhiệt phụ thuộc quá trình nhưng độ biến thiên nội năng chỉ phụ thuộc trạng thái đầu và cuối mà không phụ thuộc quá trình biến đổi.

11

5. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (2)

- Trường hợp hệ biến đổi tuần hoàn, sau mỗi chu trình (*cycle*) hệ trở về trạng thái ban đầu.

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W' \text{ hay } W = Q'$$

Nhiệt nhận vào bằng công sinh ra hoặc công nhận vào bằng nhiệt tỏa ra. \Rightarrow Không thể chế tạo động cơ vĩnh cửu loại I.

- Trường hợp hệ cô lập: $W = Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$

Nội năng của hệ cô lập không đổi (bảo toàn).

Hệ cô lập chứa 2 vật có trao đổi nhiệt với nhau:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2$$

\rightarrow Nhiệt do vật này nhận vào bằng nhiệt do vật kia tỏa ra.

12

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học

- **Trạng thái cân bằng** của hệ là trạng thái mà **mọi biến trạng thái của hệ được xác định**. Nếu môi trường xung quanh không đổi thì trạng thái của hệ cũng không đổi.

- **Quá trình cân bằng** là quá trình biến đổi của hệ đi qua các trạng thái cân bằng. Đây là quá trình lý tưởng. Các quá trình thực tế biến đổi chậm có thể xem gần đúng là quá trình cân bằng.

Trên đồ thị các biến trạng thái, mỗi trạng thái cân bằng được biểu diễn bởi một điểm xác định, quá trình cân bằng được biểu diễn bởi một đường liền nét từ trạng thái đầu đến cuối.

13

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (2)

Bốn quá trình cân bằng khí lý tưởng: **đẳng tích** (Isochoric), **đẳng áp** (Isobaric), **đẳng nhiệt** (Isothermal), **đoạn nhiệt** (Adiabatic).

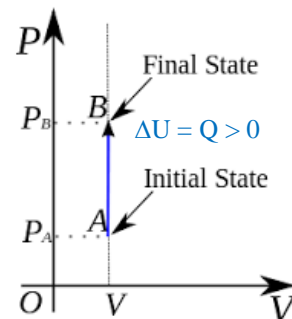
1) Quá trình đẳng tích

Quá trình biến đổi mà thể tích không đổi

$$\boxed{V = \text{const}} \rightarrow \frac{p}{T} = n \frac{R}{V} = \frac{p_0}{T_0} = \text{const}$$

- Công nhận vào: $\boxed{W = 0}$

- Nhiệt nhận vào: $\boxed{Q = \Delta U = nC_V \Delta T}$



Mà $\Delta U = n \frac{i}{2} R \Delta T \Rightarrow$ Nhiệt dung mol đẳng tích: $\boxed{C_V = \frac{i}{2} R}$

14

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (3)

2) Quá trình đẳng áp

Quá trình biến đổi mà áp suất không đổi

$$p = \text{const} \rightarrow \frac{V}{T} = n \frac{R}{p} = \frac{V_0}{T_0} = \text{const}$$

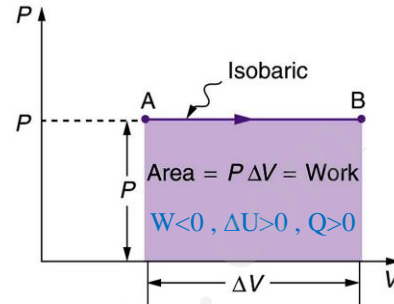
- Công nhận vào:

$$W = -p\Delta V = p(V_1 - V_2)$$

- Nhiệt nhận vào: $Q = nC_p\Delta T$

C_p : Nhiệt dung mol đẳng áp

- Nội năng: $\Delta U = nC_V\Delta T = nC_p\Delta T - p\Delta V$



15

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (4)

2) Quá trình đẳng áp (tt)

$$\Delta U = nC_V\Delta T = nC_p\Delta T - nR\Delta T$$

$$\Rightarrow C_V = C_p - R \quad \text{hay} \quad C_p = C_V + R$$

$$C_V = \frac{i}{2}R \Rightarrow C_p = \frac{i+2}{2}R$$

- Tỷ số nhiệt dung mol γ : $\gamma = \frac{C_p}{C_V} > 1$

Thí dụ khí gồm phân tử 2 nguyên tử

$$C_V = \frac{5}{2}R; C_p = \frac{7}{2}R; \gamma = \frac{7}{5}$$

16

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (5)

3) Quá trình đẳng nhiệt

Quá trình biến đổi mà nhiệt độ không đổi

$$T = \text{const} \rightarrow pV = nRT = p_0V_0 = \text{const}$$

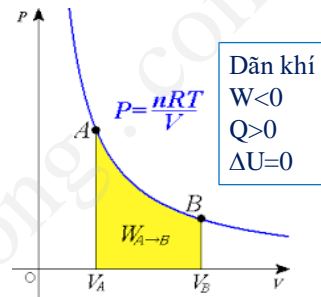
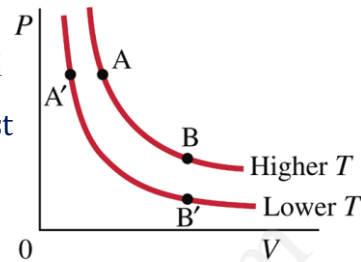
$$\Rightarrow p = n \frac{RT}{V}$$

- Công nhận vào:

$$W = - \int_1^2 n \frac{RT}{V} dV = nRT \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}$$

- Nội năng: $\Delta U = 0$

\Rightarrow Nhiệt nhận vào: $Q = W'$



17

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (6)

4) Quá trình đoạn nhiệt

Quá trình không truyền nhiệt với môi trường xung quanh.

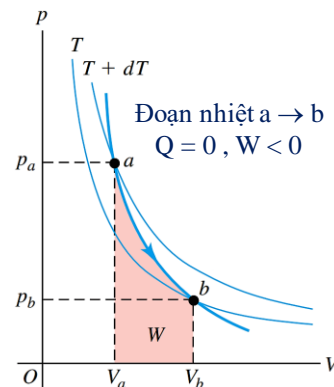
$$dQ = 0, Q = 0 \Rightarrow \Delta U = W$$

Phương trình: $pV^\gamma = \text{const}$

hay $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ $TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$

$$\Rightarrow p = \frac{p_1 V_1^\gamma}{V^\gamma}$$

- Công nhận vào:



$$W = - \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{p_1 V_1^\gamma}{V^\gamma} \right) dV = -p_1 V_1^\gamma \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma} = -\frac{p_1 V_1^\gamma}{\gamma-1} (V_1^{1-\gamma} - V_2^{1-\gamma})$$

18

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (7)

4) Quá trình đoạn nhiệt (tt)

$$Q = 0 \Rightarrow W = \Delta U = nC_V(T_2 - T_1)$$

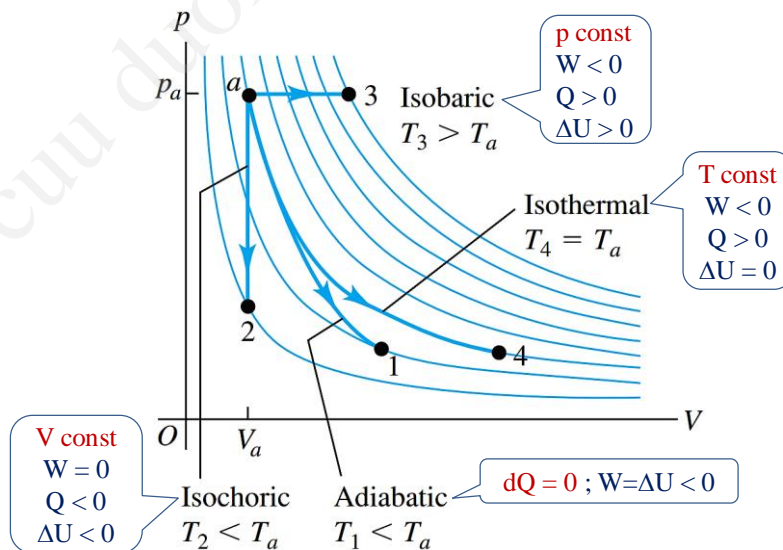
$$\text{Từ } pV = nRT \Rightarrow T = \frac{pV}{nR}$$

Thay T_1 và T_2 vào biểu thức W trên, ta được:

$$W = \frac{C_V}{R}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{\gamma - 1}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

19

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (8)



20

6. Ứng dụng nguyên lý I nhiệt động lực học (9)

