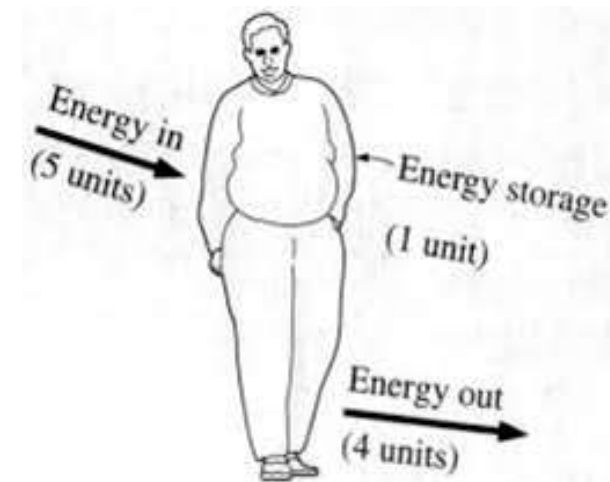
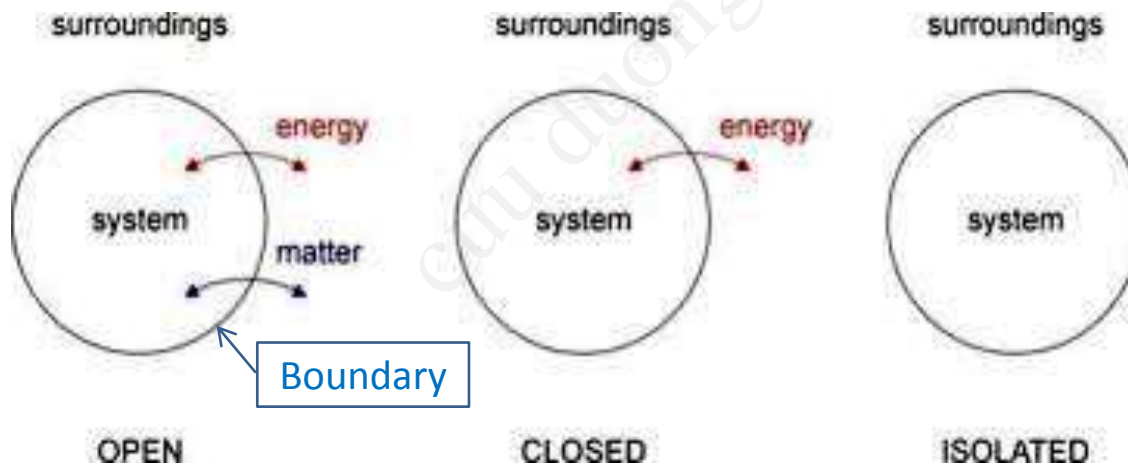


Nhiệt học : Nguyên lý thứ nhất

Hệ nhiệt động lực học (*Thermodynamic system*)

Là một vật hoặc tập hợp các vật tạo thành một hệ **có khả năng truyền năng lượng và chất** với môi trường xung quanh.

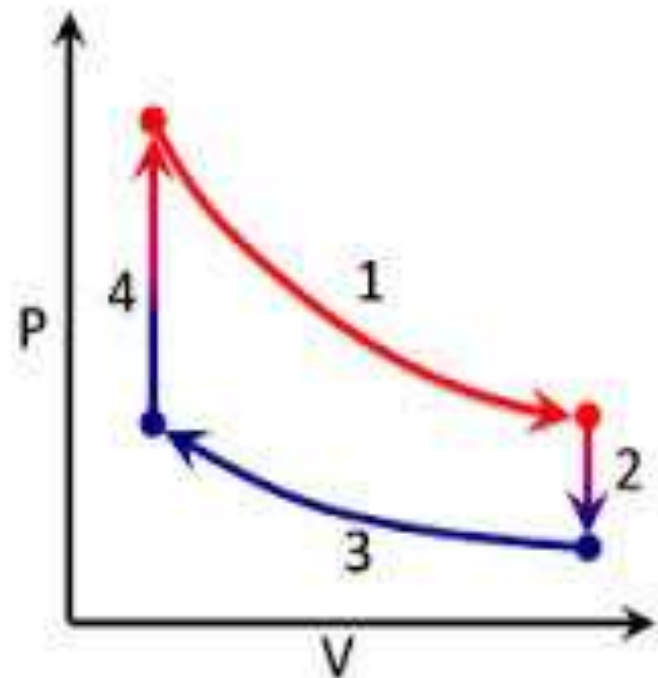
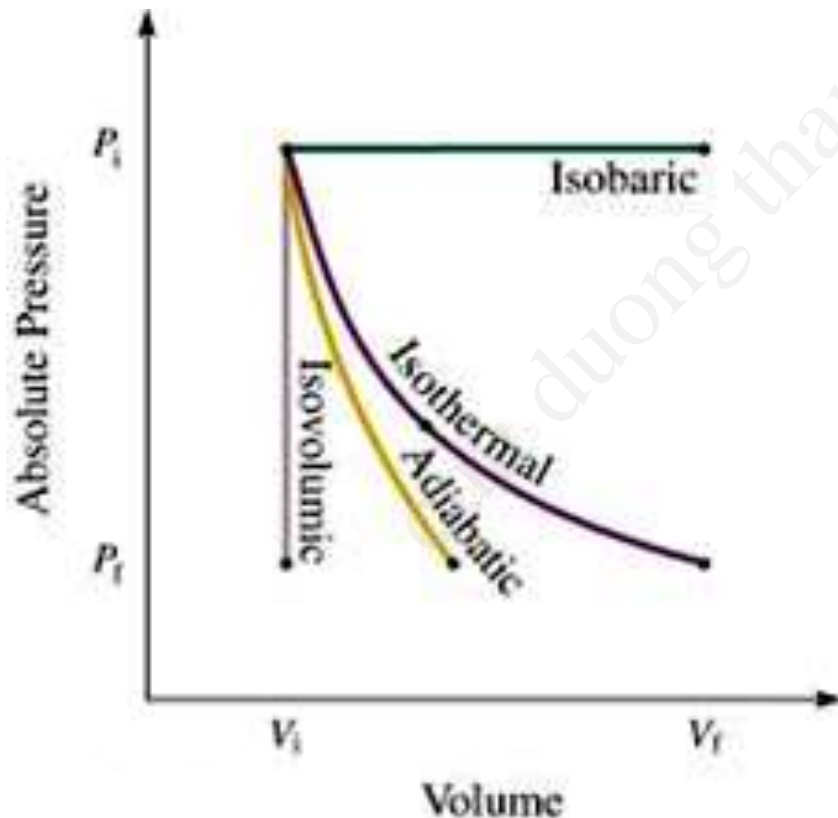
Hệ nhiệt động có thể là một thiết bị cơ học, hệ sinh học, một lượng vật chất... TD: Hơi nước trong động cơ hơi nước, hơi xăng trong động cơ đốt trong, khí vận chuyển nhiệt trong máy lạnh...



Quá trình nhiệt động lực học

Khi hệ nhận hoặc tỏa năng lượng ra môi trường xung quanh, các biến (thông số) trạng thái của hệ sẽ thay đổi.

Quá trình mà hệ nhiệt động thay đổi trạng thái là quá trình nhiệt động lực học.



Chu trình

1. Nội năng (Internal energy)

Phần năng lượng bên trong của hệ được gọi là **nội năng** của hệ.

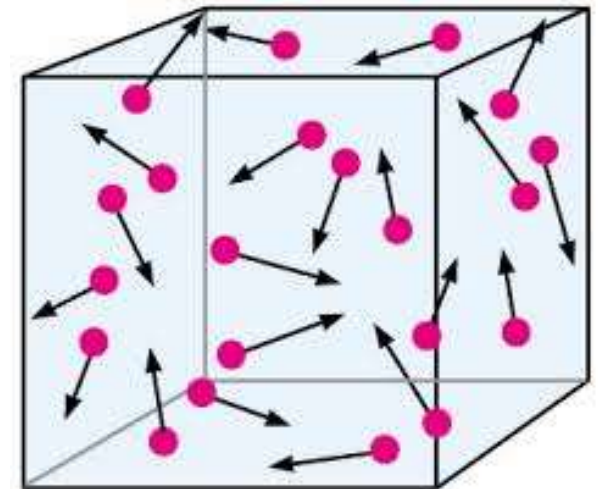
Cơ năng (gồm động năng dịch chuyển của cả hệ và thế năng tương tác trường ngoài) là **năng lượng bên ngoài của hệ**.

- Trong nhiệt động lực học **đối với khí lý tưởng, nội năng chỉ gồm năng lượng chuyển động nhiệt của các phân tử** (chuyển động tịnh tiến, quay, dao động). Bỏ qua năng lượng tương tác phân tử.

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

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

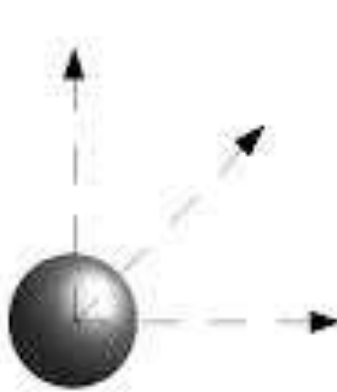
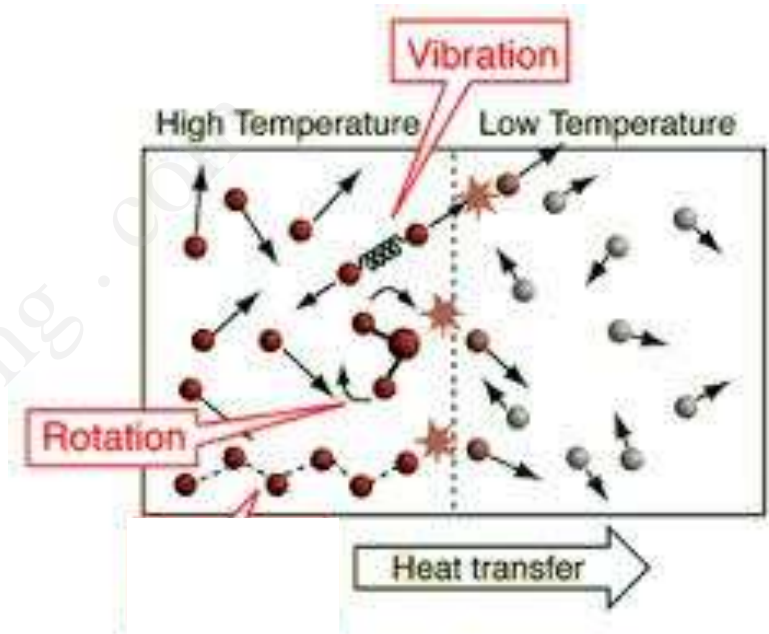
$$\bar{w} = \frac{3}{2} kT$$



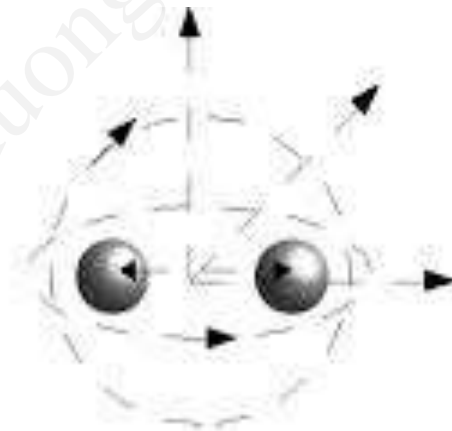
Nhiệt học : Nguyên lý thứ nhất

1. Nội năng (tt)

- Với phân tử đa nguyên tử, ngoài **động năng tịnh tiến** còn **động năng quay** của phân tử.
- Khí ở nhiệt độ cao, phân tử dao động mạnh nên nội năng bao gồm cả **động năng dao động** của phân tử.



Monatomic: only translational degrees of freedom.



Diatomic: translational, rotational, and vibrational degrees of freedom.

- + Khí đơn nguyên tử chỉ có 3 bậc tự do tịnh tiến.
- + Phân tử 2 nguyên tử có:
 - 3 bậc tự do tịnh tiến
 - 2 bậc tự do quay
 - 1 bậc tự do dao động

1. Nội năng (tt)

- Động năng trung bình của phân tử bao gồm động năng tịnh tiến, động năng quay và động năng dao động. Thực nghiệm chứng tỏ động năng trung bình của phân tử tỉ lệ với số bậc tự do của phân tử i .

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

Với i bằng tổng số bậc tự do tịnh tiến, số bậc tự do quay và 2 lần số bậc tự do dao động.

- Nội năng khí lý tưởng (N phân tử) U :

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

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

Không kể 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

U chỉ phụ thuộc nhiệt độ T

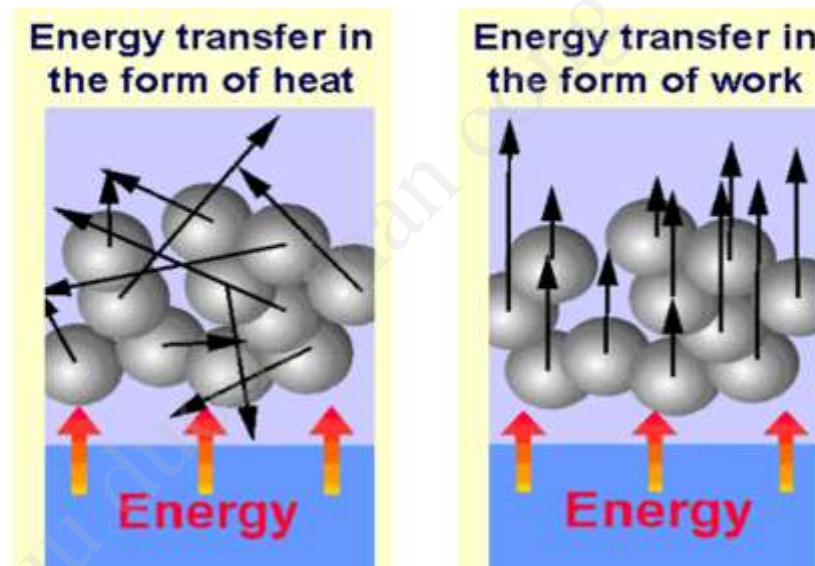
\Rightarrow Độ biến thiên nội năng:

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

2. Công

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

Heat and Work

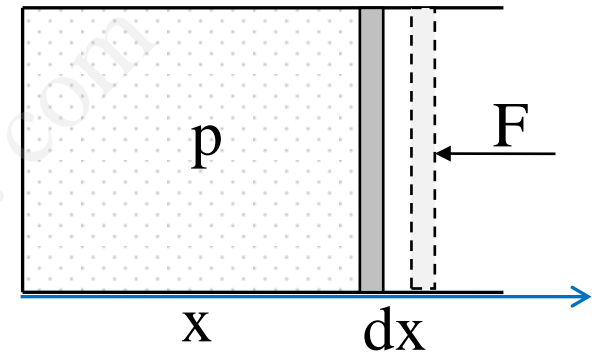


- + **Công** là dạng truyền năng lượng thông qua **chuyển động có trật tự của toàn bộ hệ**, liên quan đến sự thay đổi thể tích của hệ.
- + **Nhiệt** là dạng truyền năng lượng thông qua **chuyển động hỗn loạn của các phân tử bên trong hệ**.

2. Công (tt)

Xi lanh (Cylinder) chứa khí áp suất p .
Tác dụng lực F làm piston (tiết diện S) dịch chuyển chậm.

- Áp suất khí: $p = \frac{F}{S}$



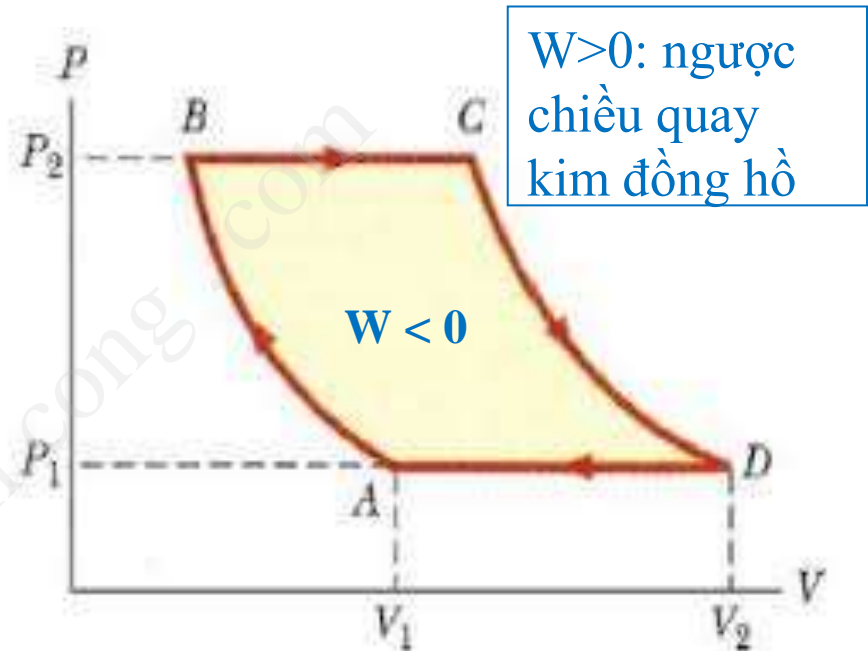
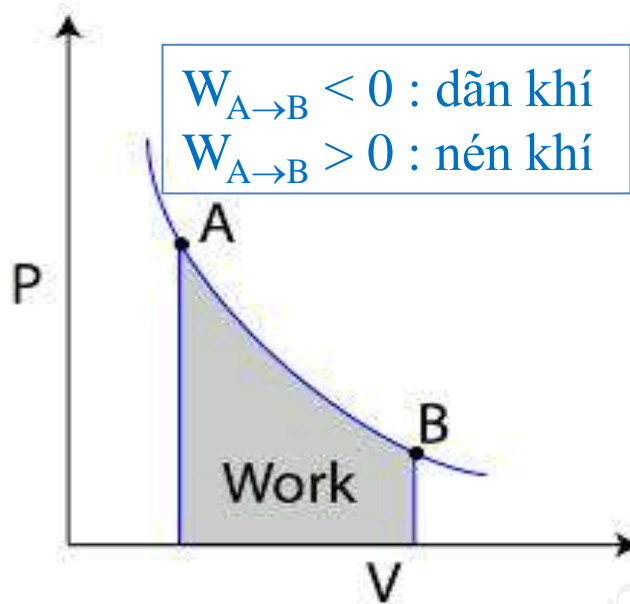
- Công vi cấp δW của lực F dịch chuyển một đoạn dx :

$$\delta W = \vec{F} \cdot d\vec{x} = -F \cdot dx = -pS \cdot dx = -pdV \quad (\vec{F} \rightleftharpoons \vec{x})$$

- Công của lực F làm thể tích khí thay đổi từ V_1 đến V_2 là
Công W do khí nhận được:

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

2. Công (tt)



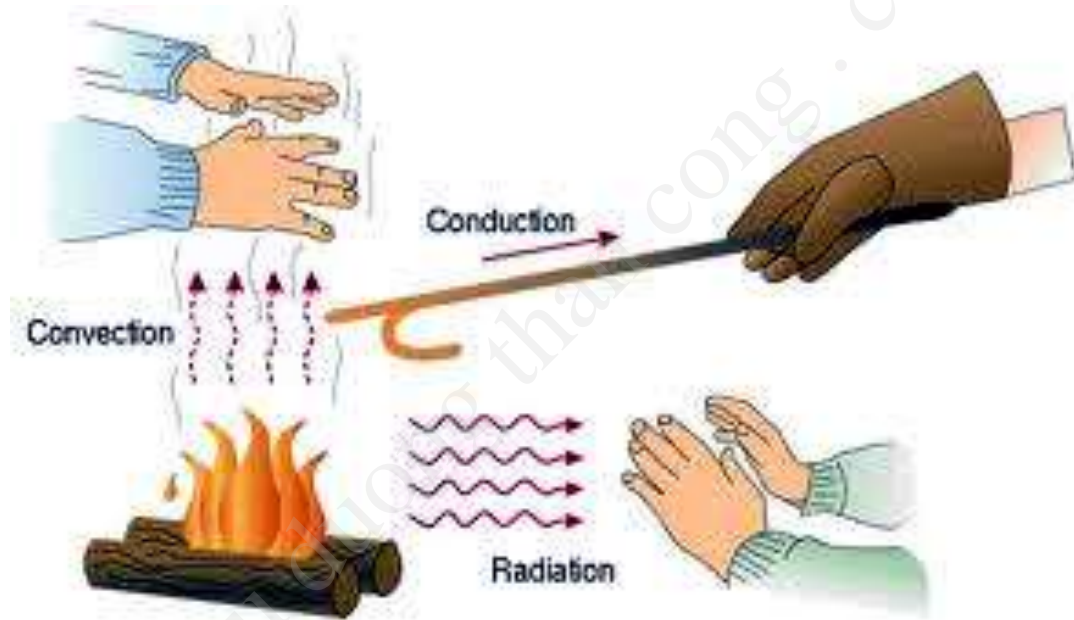
Công chu trình

- + **Công** phụ thuộc vào quá trình biến đổi nên **là hàm quá trình**.
- + **Công do hệ thực hiện** (sinh ra) W' **trái dấu** với **công do hệ nhận vào** W :
$$W' = -W$$

- Hệ thực sự nhận công (thể tích giảm): $W > 0$, $W' < 0$.
- Hệ thực sự sinh công (thể tích tăng): $W < 0$, $W' > 0$.

3. Nhiệt

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



+ **Dẫn nhiệt**: Hai vật (chất khí) có nhiệt độ khác nhau, tiếp xúc nhau, các phân tử bên trong vật ở nhiệt độ cao có động năng lớn hơn và chạm và truyền động năng cho các phân tử của vật hay thành bình ở nhiệt độ thấp hơn.

3. Nhiệt (tt)

+ Khi hệ khối lượng M , khối lượng mol μ nhận vào nhiệt lượng δQ , nhiệt độ của hệ tăng dT :

$$\delta Q = \frac{M}{\mu} C. dT$$

C : nhiệt dung mol hay nhiệt dung phân tử.

+ **Nhiệt lượng hệ nhận vào Q** trong quá trình biến đổi từ trạng thái 1 đến 2:

$$Q = \frac{M}{\mu} \int_1^2 C. dT$$

- Hệ thực sự nhận nhiệt: $Q > 0$

- Hệ thực sự tỏa nhiệt: $Q < 0$

+ **Nhiệt lượng hệ tỏa ra Q'** trái dấu với nhiệt lượng hệ nhận vào:

$$Q' = - Q$$

+ Tương tự như công, **nhiệt cũng là hàm quá trình**. Khi trạng thái của hệ không đổi thì không xuất hiện công và nhiệt.

4. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học

+ Khi hệ nhận công W và nhận nhiệt Q thì nội năng của hệ biến đổi ΔU :

$$\Delta U = W + Q$$

+ Phát biểu nguyên lý I: **Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng đại số công và nhiệt nhận vào.**

+ Dạng vi cấp (Biến đổi nhỏ) : $dU = \delta W + \delta Q$

+ Dạng khác của nguyên lý I: $\Delta U = W - Q' = Q - W'$

+ Nguyên lý I là một dạng 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.

4. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

+ Trường hợp hệ biến đổi tuần hoàn, sau mỗi chu trình (cycle) hệ trở về trạng thái đầu. Như vậy:

$$\Delta U = 0 \Rightarrow U_2 = U_1 \Rightarrow Q = -W = W' \text{ hay } W = Q'$$

Nhiệt nhận vào bằng công sinh ra hoặc công nhận vào bằng nhiệt tỏa ra.

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

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

- Trường hợp hệ cô lập chứa 2 vật có trao đổi nhiệt với nhau:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2 = Q'_2$$

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

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất 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 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 .

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

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**

$$V = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{M R}{\mu V} = \frac{p_0}{T_0} = \text{const}$$

- Công nhận vào:

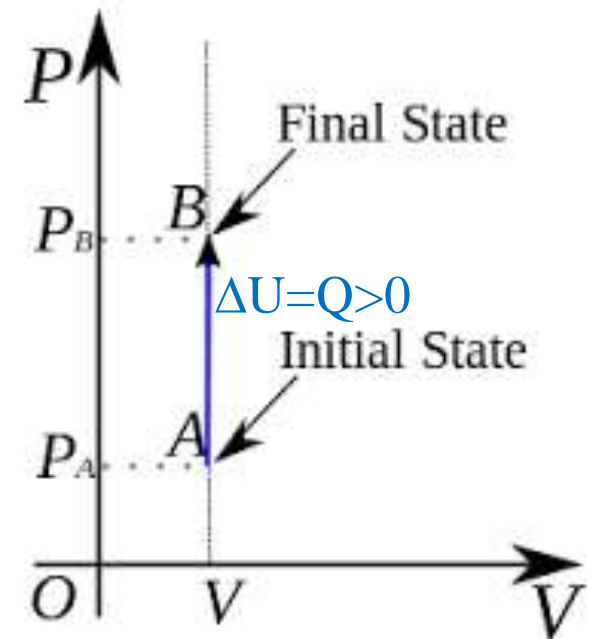
$$W = 0$$

- Nhiệt nhận vào:

$$Q = \Delta U = \frac{M}{\mu} C_V \Delta T$$

\Rightarrow Nhiệt dung mol đẳng tích:

$$C_V = \frac{i}{2} R$$



5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

2) Quá trình đẳng áp

Quá trình biến đổi mà **áp suất không đổi**

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} = \text{const}$$

- Công nhận vào:

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

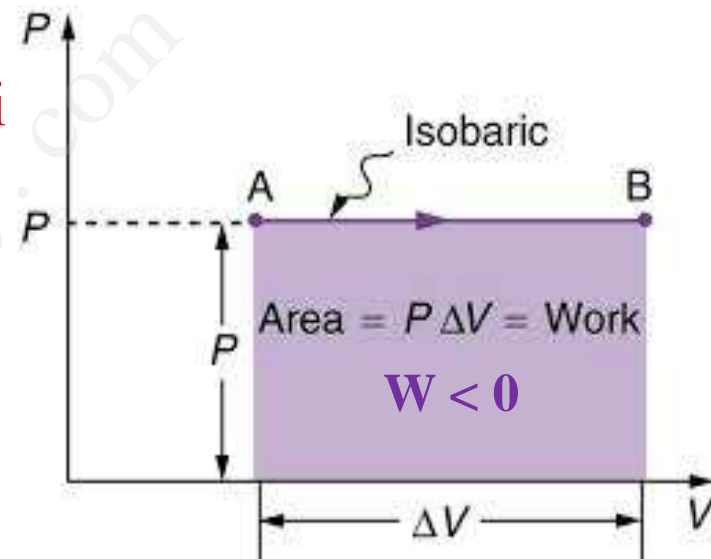
- Nhiệt nhận vào:

$$Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T$$

C_p : Nhiệt dung mol đẳng áp

- Nội năng:

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} C_V \Delta T = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T - p\Delta V$$



Dẫn khí
 $W < 0$
 $Q > 0$
 $\Delta U > 0$

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

2) Quá trình đẳng áp (tt)

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} C_V \Delta T = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T - \frac{M}{\mu} R \Delta T$$

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

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

- Tỉ số nhiệt dung mol γ :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{c_p}{c_V} > 1$$

Thí dụ khí gồm phân tử 2 nguyên tử:

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

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

3) Quá trình đẳng nhiệt

Quá trình biến đổi mà **nhiệt độ không đổi**

$$T = \text{const} \Rightarrow pV = p_0 V_0 = \text{const}$$

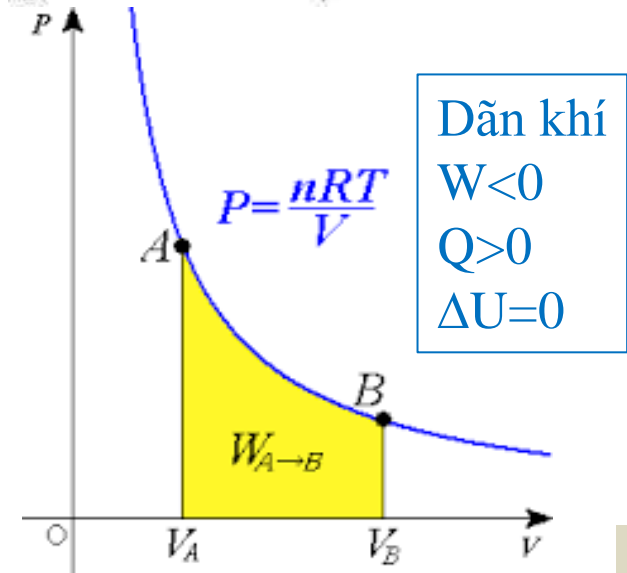
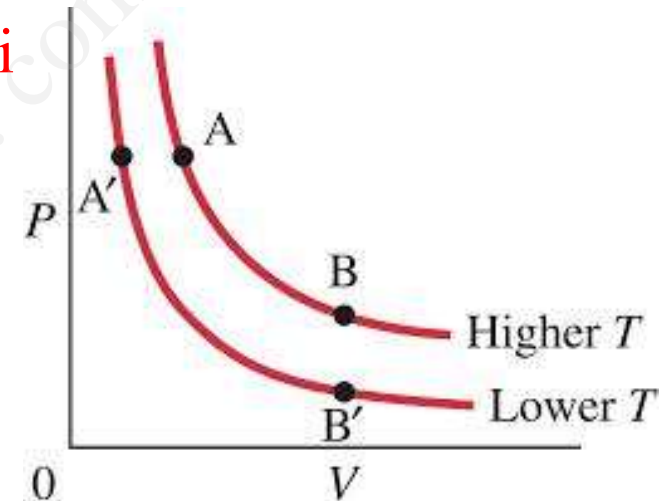
$$\Rightarrow p = \frac{M}{\mu} \frac{RT}{V}$$

- Công nhận vào:

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

- Nội năng: $\Delta U = 0$

\Rightarrow Nhiệt nhận vào: $Q = -W$



5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

4) Quá trình đoạn nhiệt

Quá trình **không truyền nhiệt** với môi trường xung quanh.

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

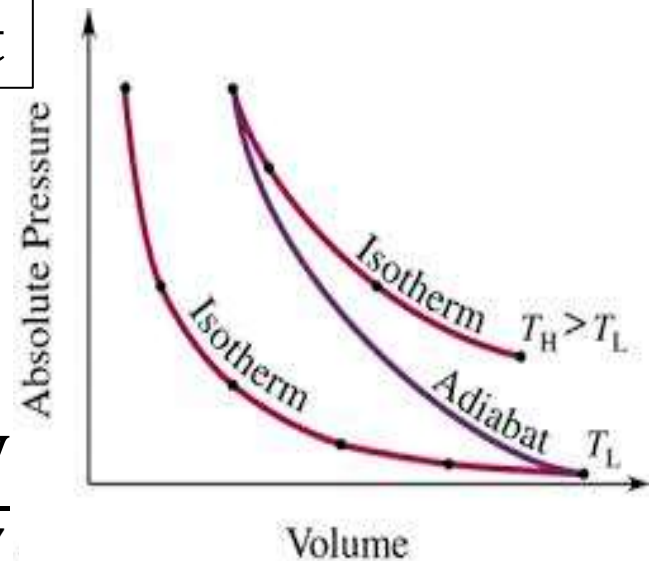
$$\Rightarrow pV^\gamma = \text{const} \quad \text{hay} \quad TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

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

- Công hệ nhận vào:

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

$$\Rightarrow W = - \frac{p_1 V_1^\gamma}{\gamma - 1} (V_1^{1-\gamma} - V_2^{1-\gamma}) = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$



5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

4) Quá trình đoạn nhiệt (tt)

$$Q = 0 \Rightarrow W = \Delta U = \frac{M}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$$

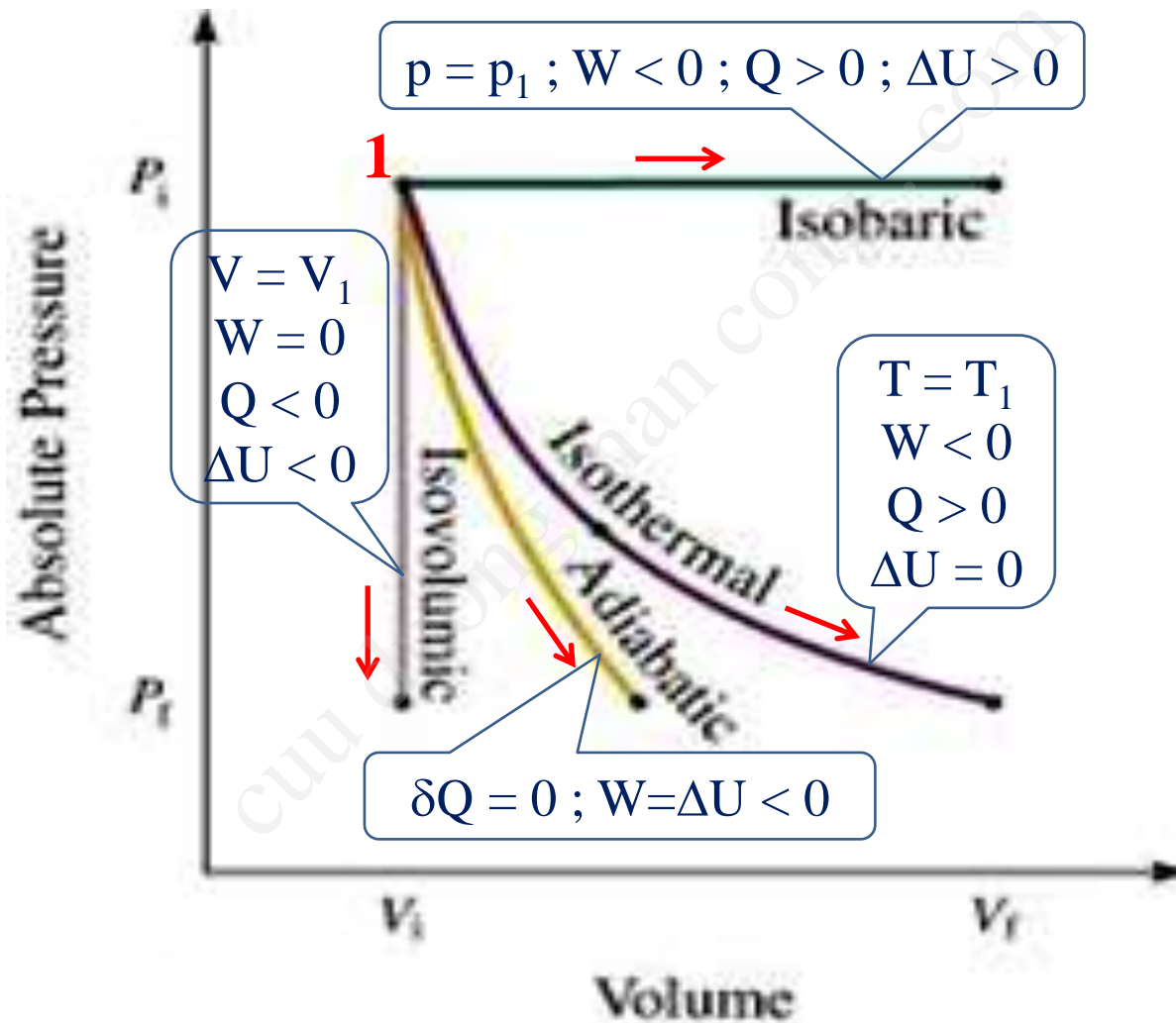
$$\text{Từ } pV = \frac{M}{\mu} RT \Rightarrow T = \frac{pV}{\frac{M}{\mu} R}$$

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

$$W = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{\gamma - 1} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

Nhiệt học : Nguyên lý thứ nhất

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)



Nhiệt học : Nguyên lý thứ nhất

5. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (tt)

