

Chương 8.

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

8.1. Nội năng của một hệ nhiệt động. Công và Nhiệt

8.2. Phát biểu nguyên lý 1, các hệ quả và ý nghĩa

8.3. Khảo sát các quá trình cân bằng của khí lý tưởng

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

8.3.2. Khảo sát các quá trình đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt và đoạn nhiệt

8.1. Nội năng của một hệ nhiệt động. Công và nhiệt

8.1.1. Nội năng của một hệ nhiệt động

* *Nội năng của hệ nhiệt động:*

Năng lượng là đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất

- + Ở mỗi trạng thái có giá trị năng lượng xác định
- + Năng lượng là một hàm trạng thái

• **Năng lượng của hệ gồm: $W = W_d + W_t + U$**

- ✓ Động năng ứng với chuyển động có hướng của cả hệ
- ✓ Thế năng của hệ trong trường lực
- ✓ Nội năng của hệ - phần năng lượng ứng với vận động bên trong hệ

8.1.1. Nội năng của một hệ nhiệt động

* Nội năng của hệ nhiệt động:

Trong nhiệt động lực học:

+ Hệ không chuyển động ($W_d=0$)

+ Hệ không đặt trong trường lực ($W_t=0$)

Năng lượng của hệ là nội năng của hệ: $W = U$

• **Mốc tính nội năng: thường chọn $U=0$ tại $T=0K$**

8.1. Nội năng của một hệ nhiệt động. Công và nhiệt

8.1.2. Công và nhiệt

* Công là một đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng từ hệ này sang hệ khác thông qua chuyển động có hướng (có trật tự) của các phân tử trong hệ. (Đơn vị : J)

* Nhiệt là một đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua chuyển động hỗn loạn của các phân tử trong hệ.

VD: Khối khí giãn nở đẩy pittông => Nó sinh công => Nội năng giảm => trao đổi năng lượng dưới dạng thực hiện công.

VD: Nung nóng khối khí và giữ $V = \text{const}$ => Chuyển động hỗn loạn tăng => Nhiệt độ của khối khí tăng => Nội năng tăng => trao đổi năng lượng dưới hình thức nhận nhiệt.

8.1. Nội năng của một hệ nhiệt động. Công và nhiệt

8.1.2. Công và nhiệt

Lưu ý:

- ✓ Công và nhiệt các đại lượng đo mức độ trao đổi năng lượng, chúng không phải là năng lượng.
- ✓ Công và nhiệt là hàm quá trình, chỉ xuất hiện trong quá trình biến đổi trạng thái của hệ.
- ✓ Công liên quan tới chuyển động có trật tự, Nhiệt liên quan tới chuyển động hỗn loạn
- ✓ ***Giữa công và nhiệt có thể chuyển hóa cho nhau***

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} \quad (8.1)$$

Chương 8.

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

8.2. Phát biểu nguyên lý 1. Hệ quả và ý nghĩa

8.2.1. Nguyên lý 1 nhiệt động lực học

Nguyên lý 1 của nhiệt động học chính là định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng áp dụng cho các hệ vĩ mô.

*** Quy ước dấu:**

- +) $Q > 0$; $A > 0$: hệ nhận công, nhận nhiệt.
- +) $Q < 0$; $A < 0$: hệ tỏa nhiệt, sinh công
- +) $\Delta U > 0$: nội năng tăng
- +) $\Delta U < 0$: nội năng giảm

8.2. Phát biểu nguyên lý 1. Hệ quả và ý nghĩa

8.2.1. Nguyên lý 1 nhiệt động lực học

* *Nội dung nguyên lý 1*

- Xét hệ đứng yên và không tương tác với môi trường ngoài ($W_d=0$ và $W_t=0$)

$$W = U \Rightarrow \Delta W = \Delta U$$

- Theo định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng: “độ biến thiên năng lượng của hệ trong quá trình biến đổi bằng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó”

$$\Delta W = A + Q \Rightarrow \text{Nguyên lý 1:}$$

$$\Delta U = A + Q \quad (8.2)$$

8.2. Phát biểu nguyên lý 1. Hệ quả và ý nghĩa

8.2.1. Nguyên lý 1 nhiệt động lực học

$$\Delta U = A + Q$$

* Phát biểu nguyên lý 1: “trong một quá trình biến đổi, độ biến thiên nội năng của hệ bằng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó”

Đặt: $A' = -A$ là công sinh ra; $Q' = -Q$ là nhiệt hệ tỏa ra:

$$Q = \Delta U + A' \quad (8.3)$$

* Phát biểu lại nguyên lý 1: “nhiệt truyền cho hệ trong một quá trình bằng độ biến thiên nội năng và công do hệ sinh ra trong quá trình đó”

Đối với quá trình biến đổi vô cùng nhỏ:

$$dU = \delta A + \delta Q \quad (8.4)$$

8.2. Phát biểu nguyên lý 1. Hệ quả và ý nghĩa

8.2.2. Hệ quả - Ý nghĩa $\Delta U = A + Q$

1. Hệ quả

a. Hệ cô lập:

* $A = Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow U = \text{const}$

* Nếu xét hệ cô lập gồm hai vật:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2 = Q_2' \text{ hoặc } Q_2 = -Q_1 = Q_1'$$

(Nhiệt lượng do vật này sinh ra bằng nhiệt lượng do vật kia thu vào)

8.2. Phát biểu nguyên lý 1. Hệ quả và ý nghĩa

8.2.2. Hệ quả - Ý nghĩa

$$\underline{\Delta U = A + Q}$$

1. Hệ quả

b. Trong một chu trình: $\Delta U = 0$

$$A = -Q = Q' \text{ hoặc } Q = -A = A'$$

(Trong một chu trình, công mà hệ sinh ra có giá trị bằng nhiệt do hệ nhận vào và ngược lại)

2. Ý nghĩa: Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 1 (đây có thể xem là cách phát biểu khác của nguyên lý 1.

Chương 8.

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

8.3. Khảo sát các quá trình cân bằng của khí lý tưởng

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

1. Định nghĩa

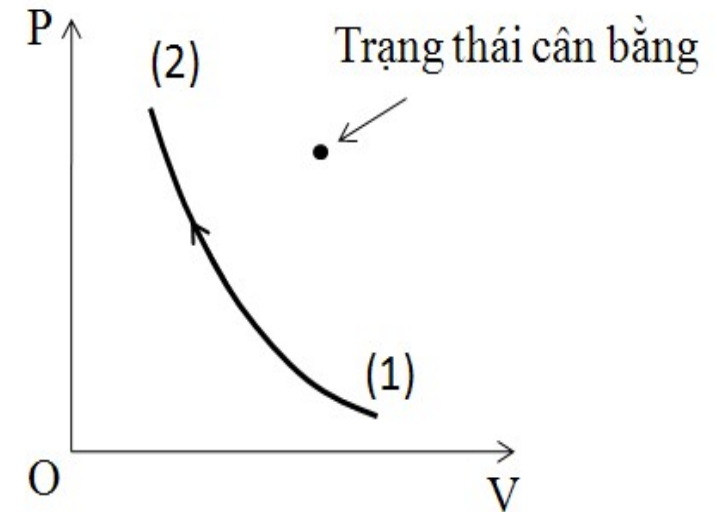
* **Trạng thái cân bằng:** là trạng thái mà các thông số trạng thái không thay đổi theo thời gian, và nó không phụ thuộc vào quá trình biến đổi của môi trường xung quanh.

* **Quá trình cân bằng (QTCB):** là quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng

8.3. Khảo sát các quá trình cân bằng của khí lý tưởng

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

+ Trên đồ thị P - V : quá trình cân bằng được biểu diễn bằng một đường cong liên tục; trạng thái cân bằng được biểu diễn bằng dấu “.”



+ Trên thực tế không quá trình hoàn toàn cân bằng.

+ Hệ không tương tác với ngoại vật thì bao giờ cũng tự chuyển về TTCB và tồn tại mãi mãi ở trạng thái đó

+ Hệ thay đổi trạng thái khi tương tác với ngoại vật dẫn đến trao đổi năng lượng dưới dạng công và nhiệt

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

2. Công và nhiệt trong quá trình cân bằng

a, Công nhận được trong QTCB

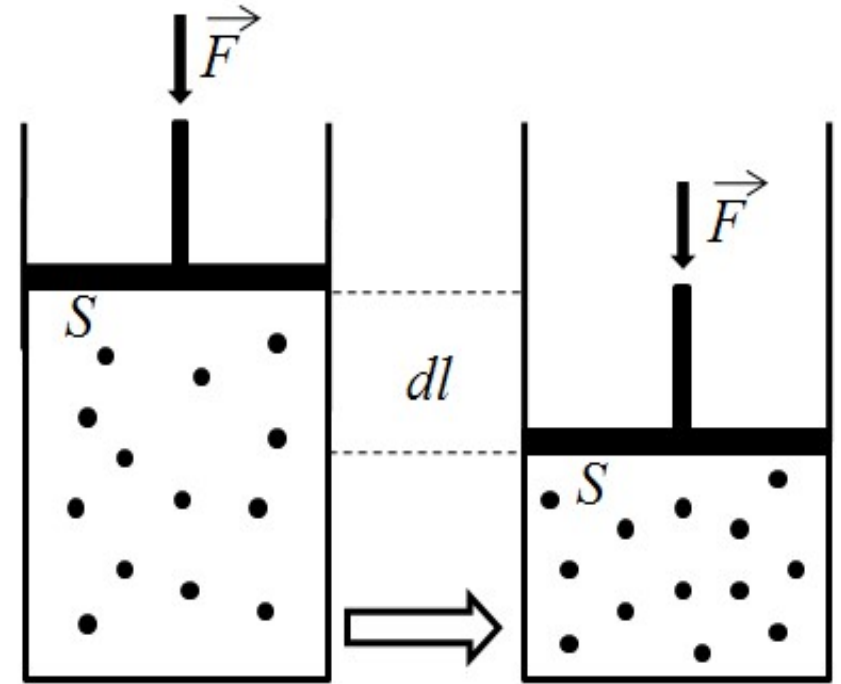
* Nén khí trong xi lanh có pittong (rất chậm), thể tích thay đổi $V_1 \rightarrow V_2$

+ Khối khí nhận được công:

$$\delta A = - F dl$$

+ Lực nén vuông góc lên pittong: $F = pS$

$$\Rightarrow \delta A = - F dl = - pS dl = - p dV$$



(Pittong dịch chuyển đoạn dl ; dấu "–" do hệ nén nên nhận; $\delta A > 0$; $dl < 0$)

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

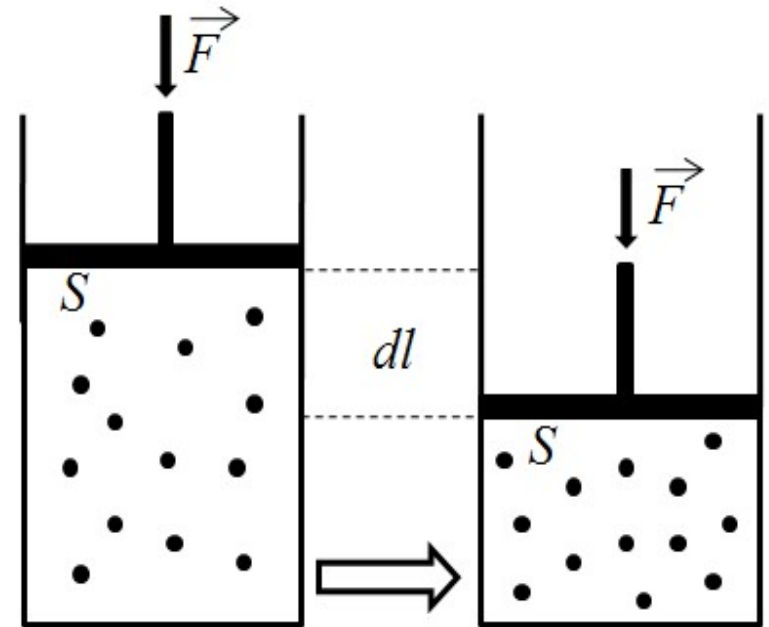
2. Công và nhiệt trong quá trình cân bằng

a, Công nhận được trong QTCB

+ Công nhận được trong quá trình $V_1 \rightarrow V_2$:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} \delta A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

(8.5)



8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

2. Công và nhiệt trong quá trình cân bằng

b, Nhiệt trong quá trình cân bằng- Nhiệt dung

+ Nhiệt dung riêng c (J/kgK): là 1 ĐLVL, có giá trị bằng nhiệt lượng cần thiết truyền cho 1 đơn vị khối lượng để nhiệt độ của nó tăng thêm 1 độ.

$$c = \frac{\delta Q}{m dT} \Rightarrow \delta Q = m c dT \quad (8.6)$$

Đơn vị: J/kg K

8.3.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

2. Công và nhiệt trong quá trình cân bằng

b, Nhiệt trong quá trình cân bằng- Nhiệt dung

+ Nhiệt dung mol (nhiệt dung phân tử) C (J/molK): là 1 ĐLVL, có giá trị bằng nhiệt lượng cần thiết truyền cho 1 mol chất để nhiệt độ của nó tăng thêm 1 độ.

$$C = \mu c \Rightarrow \delta Q = \frac{m}{\mu} C dT \quad (8.7) \quad \text{Đơn vị: J/mol K}$$

$C = C_V$: quá trình đẳng tích

$C = C_p$: quá trình đẳng áp

8.3. Khảo sát các quá trình cân bằng của khí lý tưởng

8.3.2. Khảo sát các quá trình: đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt, đoạn nhiệt

a) Quá trình đẳng tích:

* **Định luật Charles:** $V = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}$

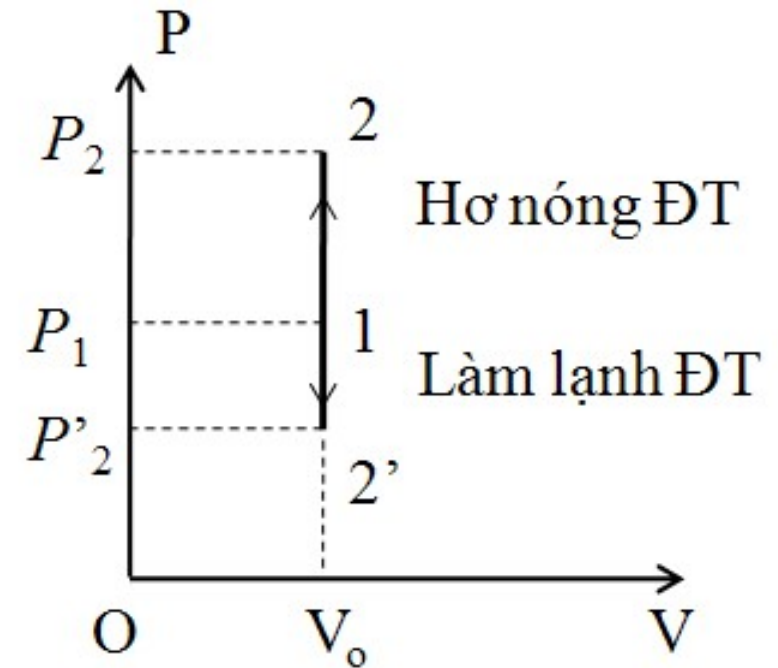
+ **Công nhận:** $\delta A = 0 \Rightarrow A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = 0$

+ **Nhiệt nhận:** $Q = \int \delta Q = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m}{\mu} C_v dT = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T$

+ **Biến thiên nội năng:** $\Delta U = A + Q$

$$\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T$$

$(\Delta T = T_2 - T_1); C_v = \frac{iR}{2}$: nhiệt dung mol đẳng tích



b) Quá trình đẳng áp:

* **Định luật Gay-Lussac:** $p = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$

+ **Công nhận:** $A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = - p(V_2 - V_1)$

+ **Nhiệt nhận:** $Q = \int \delta Q = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m}{\mu} C_p dT = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T$

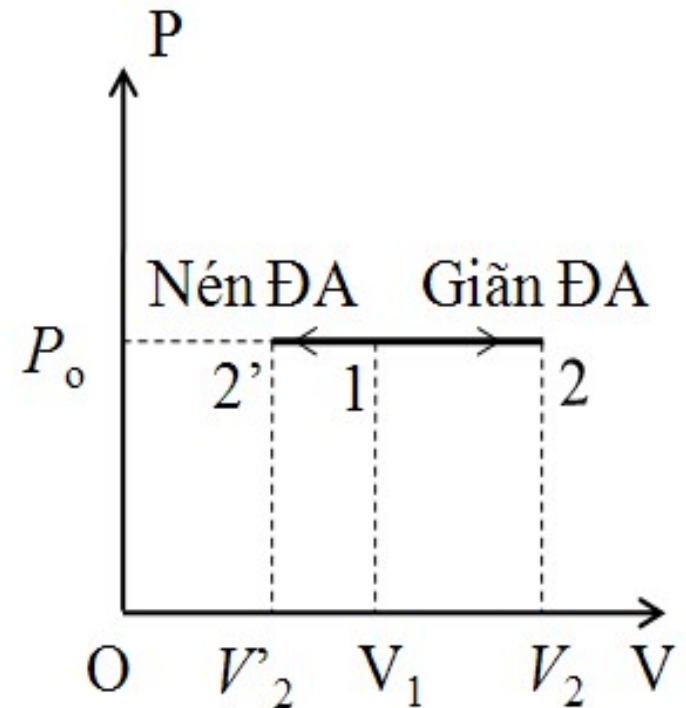
+ **Biến thiên nội năng:** $\Delta U = A + Q$

$$\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = - p(V_2 - V_1) + \frac{m}{\mu} C_p \Delta T$$

$$\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = - \frac{m}{\mu} R \Delta T + \frac{m}{\mu} C_p \Delta T$$

\downarrow
 C_v

$$\text{do } pV = \frac{m}{\mu} RT$$



$C_p = \frac{(i+2)R}{2}$: nhiệt dung mol đẳng áp

$\Rightarrow C_p - C_v = R$ (hệ thức Mayer);

$\Rightarrow \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ (hệ số Poisson)

c) Quá trình đẳng nhiệt:

* **Định luật Boyle-Mariotte:** $T = \text{const} \Rightarrow pV = \text{const}$

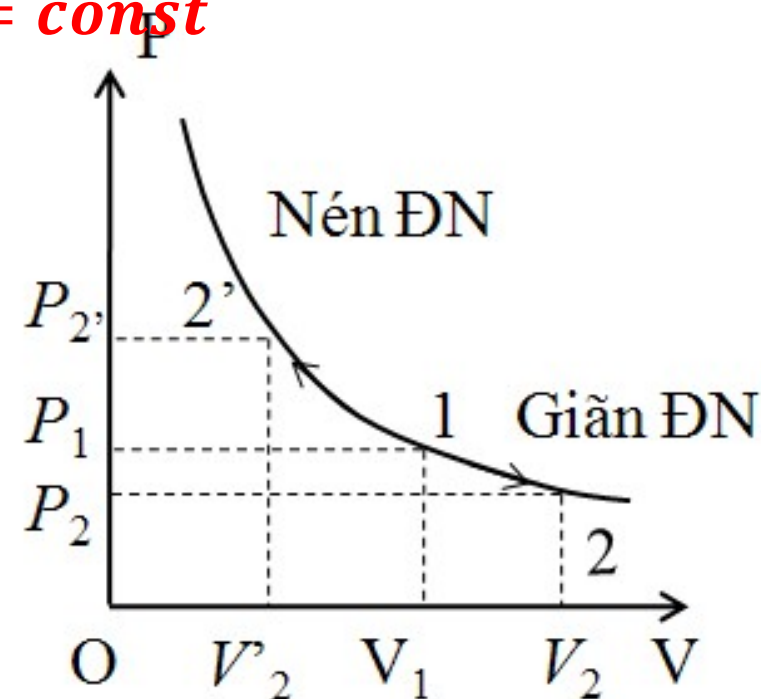
+ **Biến thiên nội năng:** $\Delta U = 0$ nên $A = -Q$

+ **Công nhận:** $A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV =$

$$= - \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV = - \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = - \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

+ **Nhiệt nhận:**

$$Q = \Delta U - A = -A = A' = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$



* **Trong quá trình đẳng nhiệt, nội năng không đổi**

+ quá trình 12: giãn đẳng nhiệt: sinh công và nhận nhiệt

+ quá trình 12': nén đẳng nhiệt: nhận công và tỏa nhiệt

d) Quá trình đoạn nhiệt:

⇒ **Phương trình vi phân của quá trình đoạn nhiệt:**

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_v} \frac{dV}{V} = 0$$

*** Từ phương trình này ta có các phương trình của quá trình đoạn nhiệt**

✓

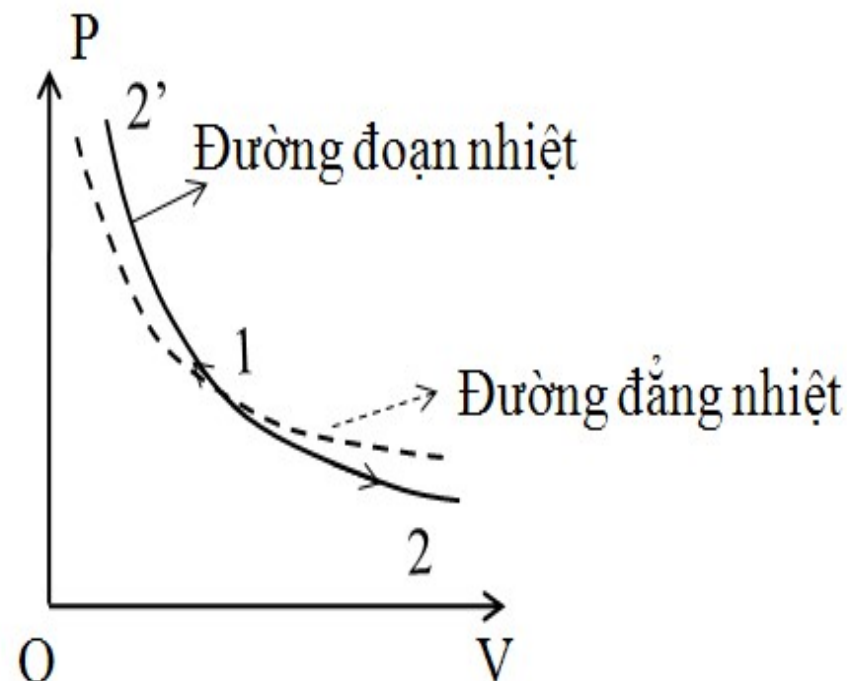
$$TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

✓

$$PV^{\gamma} = \text{const}$$

✓

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



d) Quá trình đoạn nhiệt:

* Quá trình hệ không trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh: $\delta Q = 0 \Rightarrow Q = 0$

+ **Biến thiên nội năng:**

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

$$\Rightarrow dU = \delta A = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R dT = -p dV$$

+ **Công nhận:**
$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$$
$$= \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} - 1 \right] = \frac{m}{\mu} \frac{R T_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1 - \gamma} - 1 \right]$$

