

Bài giảng chương 3

CÁC NGUYÊN LÝ NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

❖ **Năng lượng:** là một hàm trạng thái

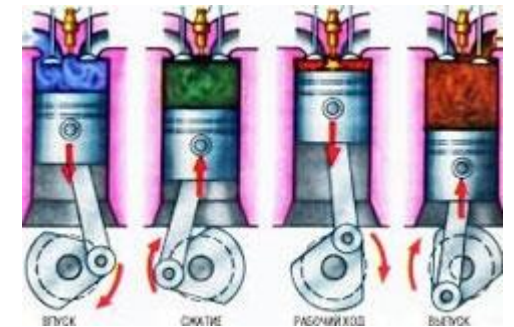
Năng lượng toàn phần bao gồm:

- ❑ Động năng: liên quan đến chuyển động của hệ
- ❑ Thế năng : liên quan giữa hệ với trường lực bên ngoài
- ❑ Nội năng: năng lượng tương tác và chuyển động của các hạt cấu thành hệ

❖ **Công:** không phải là hàm trạng thái mà là hàm của quá trình biến đổi

Cơ học: công \longleftrightarrow dịch chuyển vật
Nhiệt động lực: công \longleftrightarrow sự thay đổi thể tích của hệ

- ✓ Công được tính theo đơn vị của năng lượng (J, cal).
- ✓ Công là hình thức trao đổi năng lượng giữa các hệ.

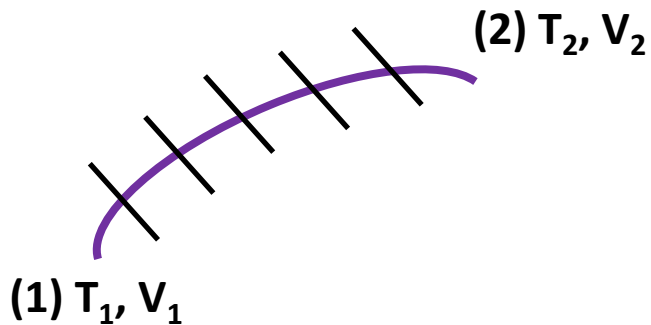
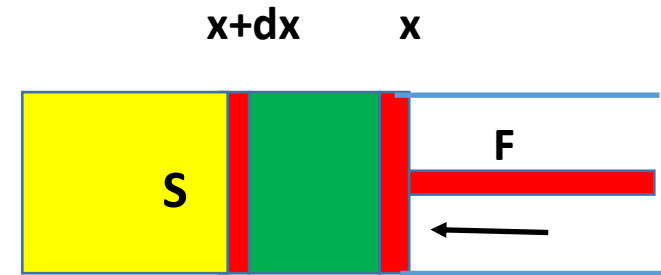


Xét hệ sau:

$$dA = F \cdot |dx|$$

Trong đó : $dx < 0 \Rightarrow |dx| = -dx$ nên $dA = -F \cdot dx$

Ta lại có : $F = p \cdot S \Rightarrow dA = -p \cdot S \cdot dx \Rightarrow dA = -p \cdot dV$



Công mà hệ nhận vào trong một quá trình biến đổi hữu hạn:

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

Quy ước về dấu của công:

Hệ nhận công: $A > 0$

Hệ sinh công: $A < 0$

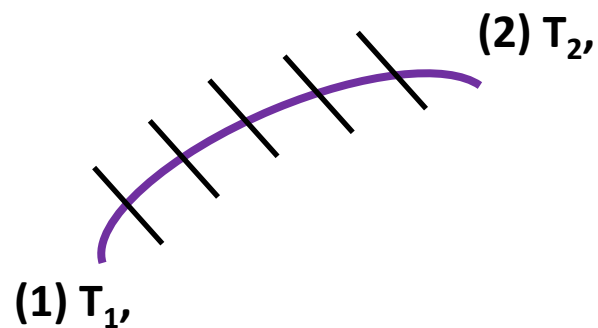
❖ **Nhiệt lượng:** một hình thức trao đổi năng lượng giữa các hệ khi không có công

Không phải là hàm trạng thái mà là hàm của quá trình biến đổi.

Hệ nhận nhiệt: $Q > 0$

Hệ tỏa nhiệt: $Q < 0$

Đơn vị (J, Cal)



$$dQ = c.m.dT$$

Trong đó : c là nhiệt dung riêng : là nhiệt lượng cần thiết để 1 đơn vị khối lượng tăng lên 1 độ (J/Kg.độ)

Ngoài ra còn có $C = \mu.c$: nhiệt dung phân tử : là nhiệt lượng cần thiết để 1kmol tăng lên 1 độ (J/kmol.độ)

$$Q_{21} = mc \int_{T_1}^{T_2} dT = mc(T_2 - T_1) = mc\Delta T = m \frac{C}{\mu} \Delta T$$

❖ **Độ biến thiên nội năng:**

$$\Delta U_{21} = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

Phát biểu nguyên lý:

Độ biến thiên năng lượng của hệ trong quá trình biến đổi bằng tổng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó

Trong quá trình biến đổi lớn

$$\Delta U = Q + A$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

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

$$Q = mc\Delta T = m \frac{C}{\mu} \Delta T$$

Trong quá trình biến đổi nhỏ (vi phân)

$$dU = \partial Q + \partial A$$

$$\partial A = -p dV$$

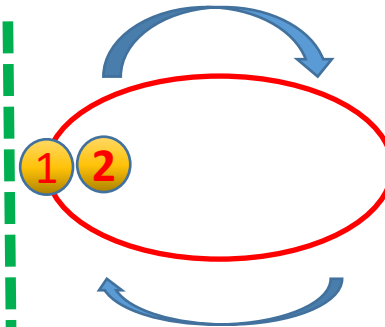
$$\partial Q = c \cdot m \cdot dT$$

BẢN CHẤT: Định luật bảo toàn năng lượng

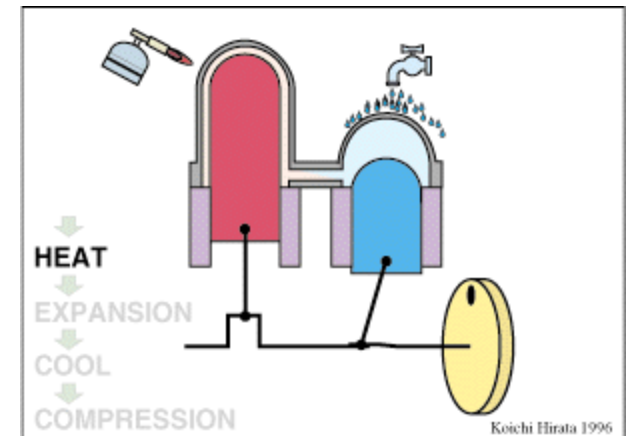
Hệ quả

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q + A = 0$$

$$Q = -A \quad \begin{cases} A > 0 \Rightarrow Q < 0 \\ A < 0 \Rightarrow Q > 0 \end{cases}$$



Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 1



□ QUÁ TRÌNH ĐẲNG TÍCH: ($V = \text{const}$)

Công của 1 khí lý tưởng nhận vào.

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

$$V = \text{const} \Rightarrow dV = 0 \Rightarrow A = 0$$

Nhiệt lượng của khí lý tưởng nhận vào:

$$\Delta U = Q + A$$

$$A = 0 \Rightarrow \Delta U = Q$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$Q = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T \quad (1)$$

Nhiệt dung đẳng tích của khí lý tưởng:

$$C = C_v (V = \text{const})$$

$$\Rightarrow Q = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$C_v = \frac{iR}{2}$$

$$\text{Ar, Ne: } i = 3 : \quad C_v = \frac{3R}{2}$$

$$\text{O}_2, \text{H}_2, \text{N}_2: i = 5 : \quad C_v = \frac{5R}{2}$$

$$\text{CO}_2, \text{CH}_4: i = 6 : \quad C_v = 3R$$

❑ QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP:

Công của khí lý tưởng nhận vào:

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV \Rightarrow A = -P(V_2 - V_1)$$

Quá trình nén đẳng áp: $V_2 < V_1$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 < 0 \Rightarrow A > 0 \text{ **Nhận công**}$$

Quá trình giãn nở đẳng áp: $V_2 > V_1$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 > 0 \Rightarrow A < 0 \text{ **Sinh công**}$$

Nhiệt lượng của khí lý tưởng nhận vào:

$$\Delta U = Q + A$$

$$Q = \Delta U - A$$

Trong đó:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$A = -P(V_2 - V_1)$$

$$= -\frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1)$$

$$= -\frac{m}{\mu} R \Delta T$$

Nên:

$$Q = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T + \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{m}{\mu} R \left(\frac{i}{2} + 1 \right)$$

Mặc khác: $Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T$

$$\Rightarrow C_p = \frac{iR}{2} + R \Rightarrow C_p = C_v + R$$

Với C_p là nhiệt dung đẳng áp của khí lý tưởng

❑ QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT:

Công của khí lý tưởng :

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV \quad \text{với} \quad P = \frac{m}{\mu} R \frac{T}{V}$$

$$\Rightarrow A = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V} = - \frac{m}{\mu} RT (\ln V_2 - \ln V_1)$$

$$A = - \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

○ Quá trình nén đẳng nhiệt

$$V_2 < V_1 \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} < 0 \Rightarrow A > 0 \quad \text{Nhận công}$$

○ Quá trình nở đẳng nhiệt

$$V_2 > V_1 \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \Rightarrow A < 0 \quad \text{Sinh công}$$

Nhiệt lượng của khí lý tưởng :

$$\Delta U = Q + A$$

$$Q = \Delta U - A$$

Quá trình đẳng nhiệt: $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$

$$\Rightarrow Q = -A$$

$$Q = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

❑ QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT:

ĐOẠN NHIỆT: là quá trình mà hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial Q = 0 \\ Q = 0 \end{array} \right.$$

❖ Thiết lập phương trình đoạn nhiệt của khí lý tưởng

Xét quá trình đoạn nhiệt nhỏ $\partial Q = 0$

Từ phương trình: $dU = \partial Q + \partial A \Rightarrow dU = \partial A$

Mặc khác

$$\left\{ \begin{array}{l} dU = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} dT \\ C_V = \frac{iR}{2} \\ \partial A = -PdV \end{array} \right. \Rightarrow \frac{m}{\mu} C_V dT = -PdV$$

$$\frac{m}{\mu} C_V dT = -\frac{mRT}{\mu V} dV$$

$$C_V \frac{dT}{T} = -R \frac{dV}{V} \xrightarrow{R = C_P - C_V} C_V \frac{dT}{T} = -(C_P - C_V) \frac{dV}{V}$$

Đặt:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

Hệ số đoạn nhiệt

$$\Rightarrow \frac{dT}{T} = -(\gamma - 1) \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow d(\ln T) = -(\gamma - 1) d(\ln V)$$

$$\Rightarrow d(\ln T) = -d[(\gamma - 1) \ln V] \\ = -d(\ln V^{(\gamma - 1)})$$

$$\Rightarrow d(\ln T) + d(\ln V^{(\gamma - 1)}) = 0$$

$$\Rightarrow d(\ln T + \ln V^{\gamma - 1}) = 0$$

$$\Rightarrow d[\ln(T \cdot V^{\gamma - 1})] = 0$$

$$T \cdot V^{\gamma - 1} = \text{const}$$

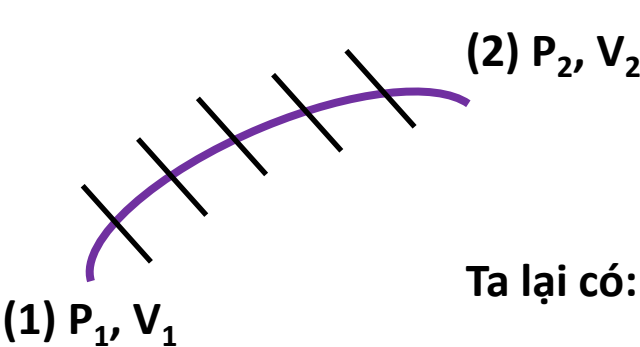
$$P \cdot V^{\gamma} = \text{const}$$

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

❑ QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT:

❖ *Ứng dụng nguyên lý 1 vào quá trình đoạn nhiệt của khí lý tưởng*

Công của khí lý tưởng :



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

Ta lại có: $P \cdot V^\gamma = \text{const}$

$$\Rightarrow P_1 V_1^\gamma = P V^\gamma$$

$$\Rightarrow P = P_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V} \right)^\gamma$$

$$\Rightarrow A = -P_1 V_1^\gamma \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma} = -P_1 V_1^\gamma \frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

$$= P_1 V_1^\gamma \frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{\gamma - 1}$$

$$A = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$$

Nhiệt lượng của khí lý tưởng :

$$Q = 0$$

Nội năng của khí lý tưởng :

$$A = \Delta U$$

$$= \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T$$

□ QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG (POLITROPIC):

Khái niệm: là quá trình biến đổi bất kỳ thoả C không phụ thuộc vào T, V, P (C = const)

Thiết lập phương trình của quá trình đa phương:

Xét quá trình nhỏ: $dU = \partial Q + \partial A$

$$\partial A = -p dV$$

$$\partial Q = \frac{m}{\mu} C dT$$

$$dU = \frac{m}{\mu} C_v dT$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\mu} C_v dT = \frac{m}{\mu} C dT - P dV$$

$$\Leftrightarrow P dV = \frac{m}{\mu} dT (C - C_v) \quad (1)$$

Từ phương trình trạng thái: $PV = \frac{m}{\mu} RT$

Lấy vi phân 2 vế:

$$P dV + V dP = \frac{m}{\mu} R dT$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\mu} dT = \frac{P dV + V dP}{R} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1): $P dV = \frac{(C - C_v)}{R} (P dV + V dP)$

$$\Rightarrow R \cdot P dV = (C - C_v) P dV + (C - C_v) V dP$$

$$\Rightarrow (C - C_v - R) P dV + (C - C_v) V dP = 0$$

$$\Rightarrow (C - C_p) P dV + (C - C_v) V dP = 0$$

❑ QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG (POLITROPIC):

Khái niệm: là quá trình biến đổi bất kỳ thoả C không phụ thuộc vào T, V, P ($C = \text{const}$)

Thiết lập phương trình của quá trình đa phương:

Chia 2 vế cho $P.V$ ta được:

$$(C - C_P) \frac{dV}{V} + (C - C_V) \frac{dP}{P} = 0$$

Chia 2 vế cho $(C - C_V)$

$$\frac{(C - C_P)}{(C - C_V)} \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$$

Đặt $n = \frac{(C - C_P)}{(C - C_V)}$ Ta có: $n \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$

$$\Rightarrow (n \cdot \ln V + \ln P) = \text{Const}$$

$$\Rightarrow \ln(PV^n) = \text{const}$$

$$\Rightarrow P \cdot V^n = \text{const}$$

Các trường hợp đặc biệt

$$n = 0 \Rightarrow C = C_P \Rightarrow V^0 = 1 \Rightarrow P = \text{const}$$

Đẳng áp

$$n = 1 \Rightarrow V^1 = V \Rightarrow PV = \text{const}$$

Đẳng nhiệt

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

Đoạn nhiệt

Quá trình đẳng tích

$$C = C_V \Rightarrow n = \frac{C - C_P}{C - C_V} = \infty$$

1. NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ 1

- ❖ Có những quá trình về lý thuyết thì tuân theo nguyên lý 1 nhưng không thể diễn ra trong thực tế

Ví dụ: nhiệt lượng chỉ truyền từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp mà không có quá trình ngược lại

- ❖ Công có thể biến hoàn toàn thành nhiệt nhưng nhiệt không thể biến hoàn toàn thành công

$$\Delta U = Q + A \quad \Delta U = 0 \Rightarrow Q = -A$$



- ❖ Nhiệt lượng ở nơi có nhiệt độ cao hơn thì chất lượng hơn ở nơi có nhiệt độ thấp hơn

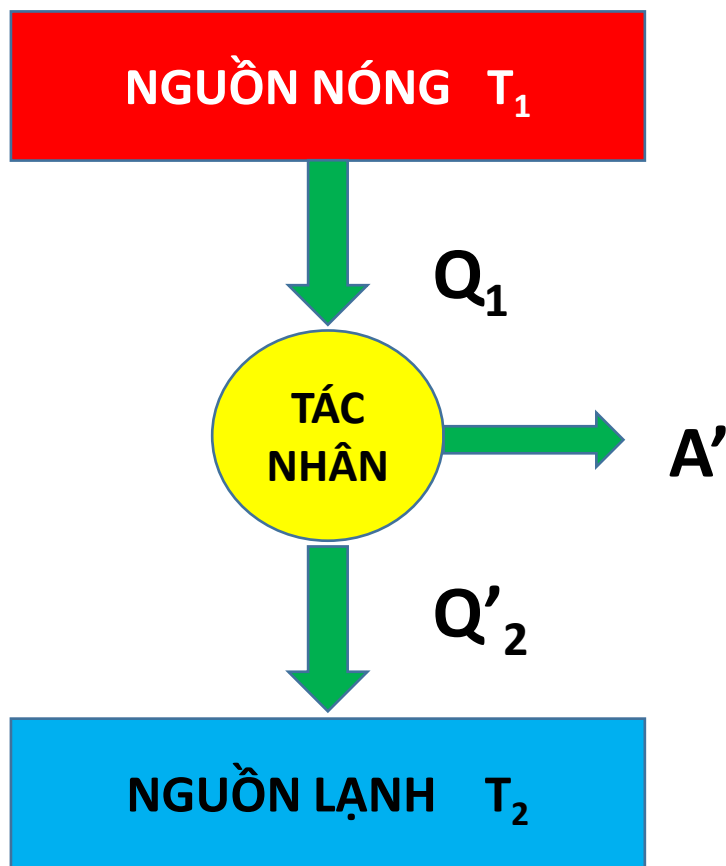
$$T_1 > T_2 \quad \begin{array}{l} T_1: Q \rightarrow A_1 \\ T_2: Q \rightarrow A_2 \end{array} \quad A_1 > A_2$$

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

2. ĐỘNG CƠ NHIỆT

ĐỊNH NGHĨA: Động cơ nhiệt là động cơ biến nhiệt lượng thành công cơ học



HIỆU SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ NHIỆT

$$\eta = \frac{A'}{Q_1}$$

Hoặc

$$\eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$$

Nếu $Q'_2 = 0 \Rightarrow \eta = 100\%$

Động cơ sẽ không hoạt động được nếu chỉ có 1 nguồn nóng

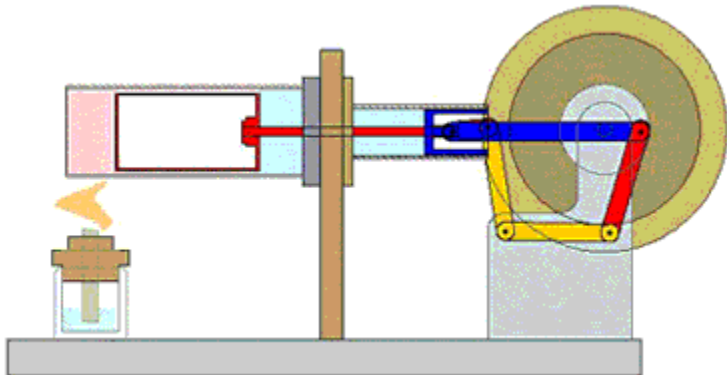
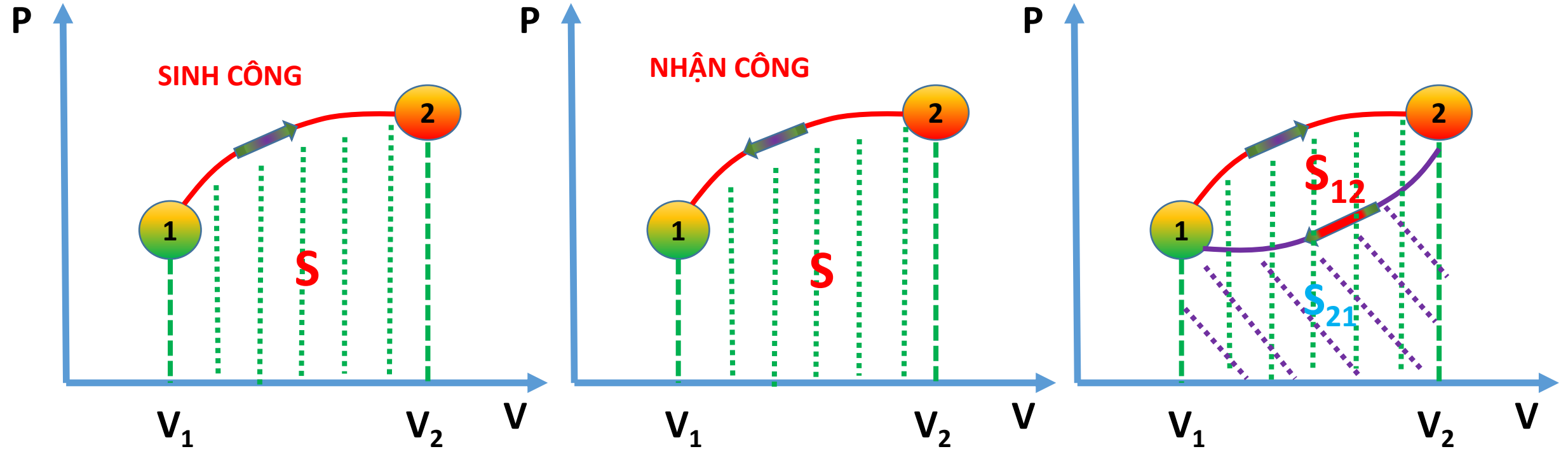
NGUYÊN LÝ 2 NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Phát biểu: Không thể chế tạo được động cơ chỉ có 1 nguồn nhiệt duy nhất mà trong đó toàn bộ nhiệt lượng mà động cơ nhận vào đều biến hết thành công

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

3. Ý NGHĨA HÌNH HỌC CỦA CÔNG ĐƯỢC SINH RA HOẶC NHẬN VÀO TRONG 1 CHU TRÌNH



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

Công có độ lớn bằng
phần diện tích S

$$A_Q = A_{12} + A_{21}$$

$$A_{12} < 0 \Rightarrow A_Q < 0$$

$$A_{21} > 0$$

Hệ sinh công

IV

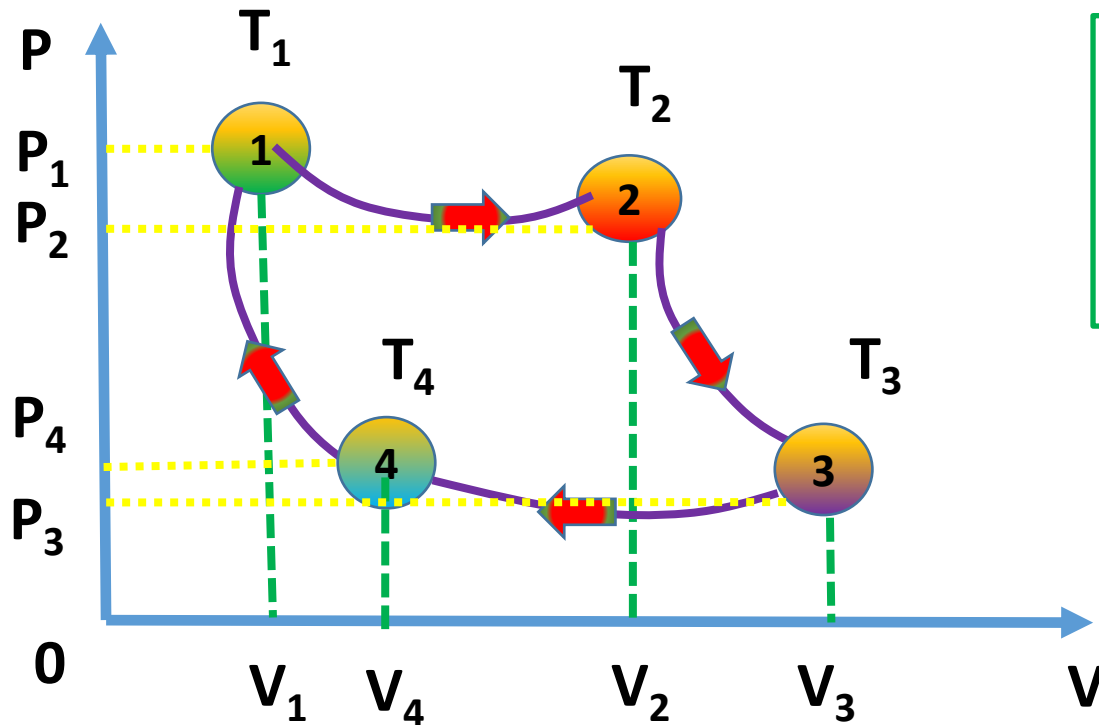
NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CHU TRÌNH CARNOT

Là chu trình có 2 đường đẳng nhiệt và đoạn nhiệt xen kẽ

QUÁ TRÌNH THUẬN NGHỊCH:

- Lặp lại theo chiều ngược lại
- Trở về hết các trạng thái trung gian
- Khi trở về trạng thái ban đầu, không ảnh hưởng môi trường xung quanh cũng như năng lượng của hệ.



1-2: DẪN ĐẲNG NHIỆT ($T_1 = T_2$)

2-3: DẪN ĐOẠN NHIỆT ($Q_{23} = 0$)

3-4: NÉN ĐẲNG NHIỆT ($T_3 = T_4$)

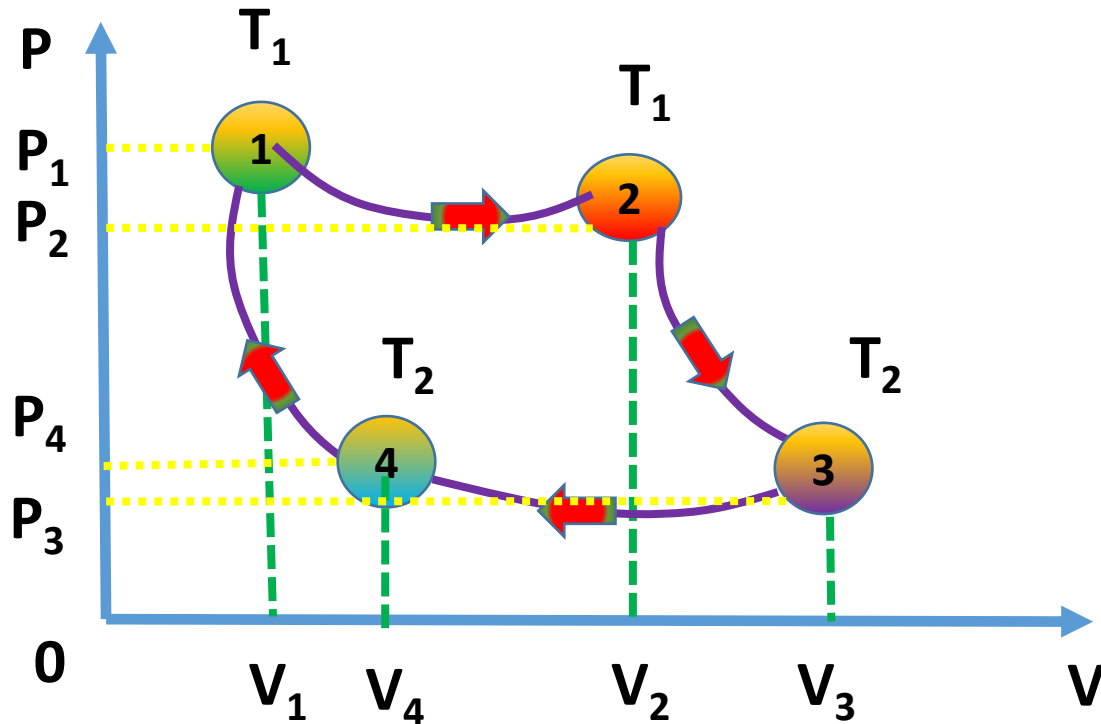
4-1: NÉN ĐOẠN NHIỆT ($Q_{41} = 0$)

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CHU TRÌNH CARNOT

Là chu trình có 2 đường đẳng nhiệt và đoạn nhiệt xen kẽ



HIỆU SUẤT CỦA CHU TRÌNH CARNOT:

$$\eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} \quad (1)$$

$$Q_1 = |Q_{12}| = Q_{12} = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\begin{aligned} Q'_2 = |Q_{34}| = -Q_{34} &= -\frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} \\ &= \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{Q'_2}{Q_1} = \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (2)$$

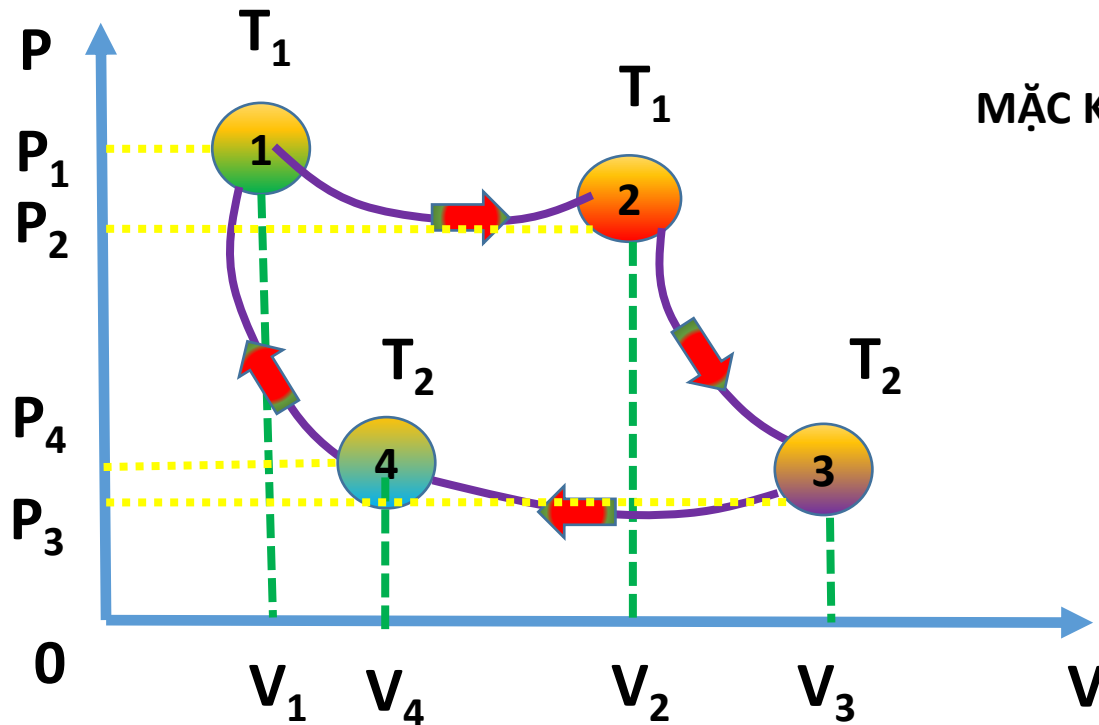
IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CHU TRÌNH CARNOT

Là chu trình có 2 đường đẳng nhiệt và đoạn nhiệt xen kẽ

HIỆU SUẤT CỦA CHU TRÌNH CARNOT:



MẶC KHÁC:

TRONG QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT 2-3:

$$T_1 \cdot V_2^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_3^{\gamma-1}$$

TRONG QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT 4-1:

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_4^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

$$\Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \frac{V_3}{V_4} \quad (3)$$

KẾT HỢP (1) (2) (3) TA ĐƯỢC:

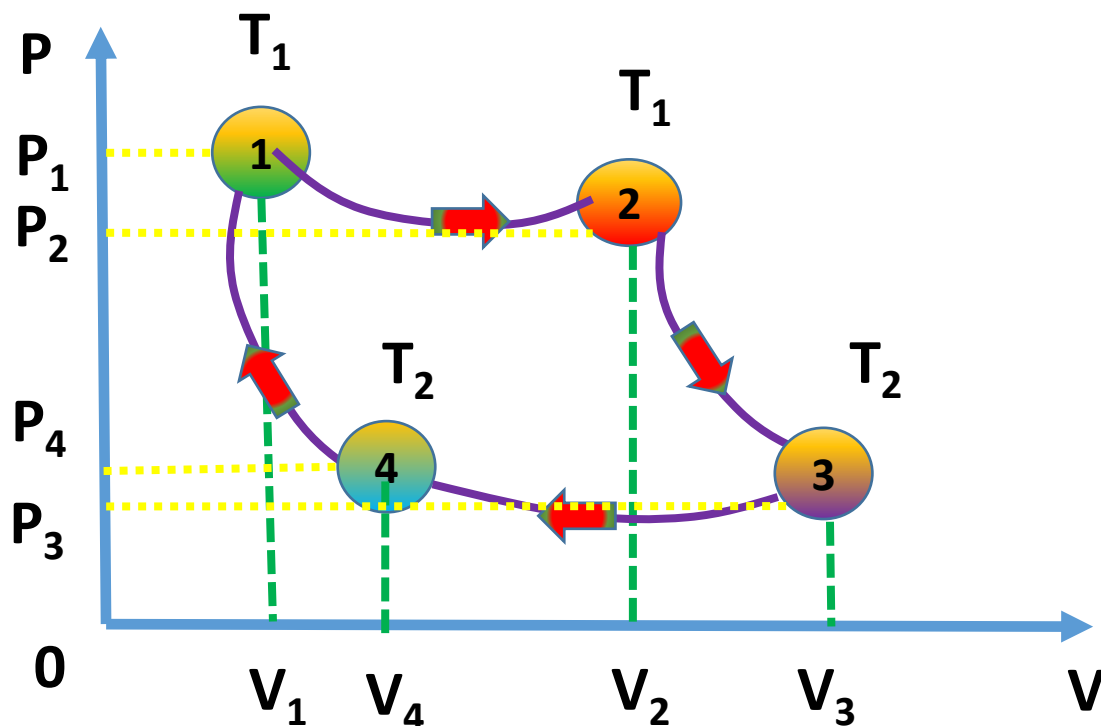
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CHU TRÌNH CARNOT

Là chu trình có 2 đường đẳng nhiệt và đoạn nhiệt xen kẽ



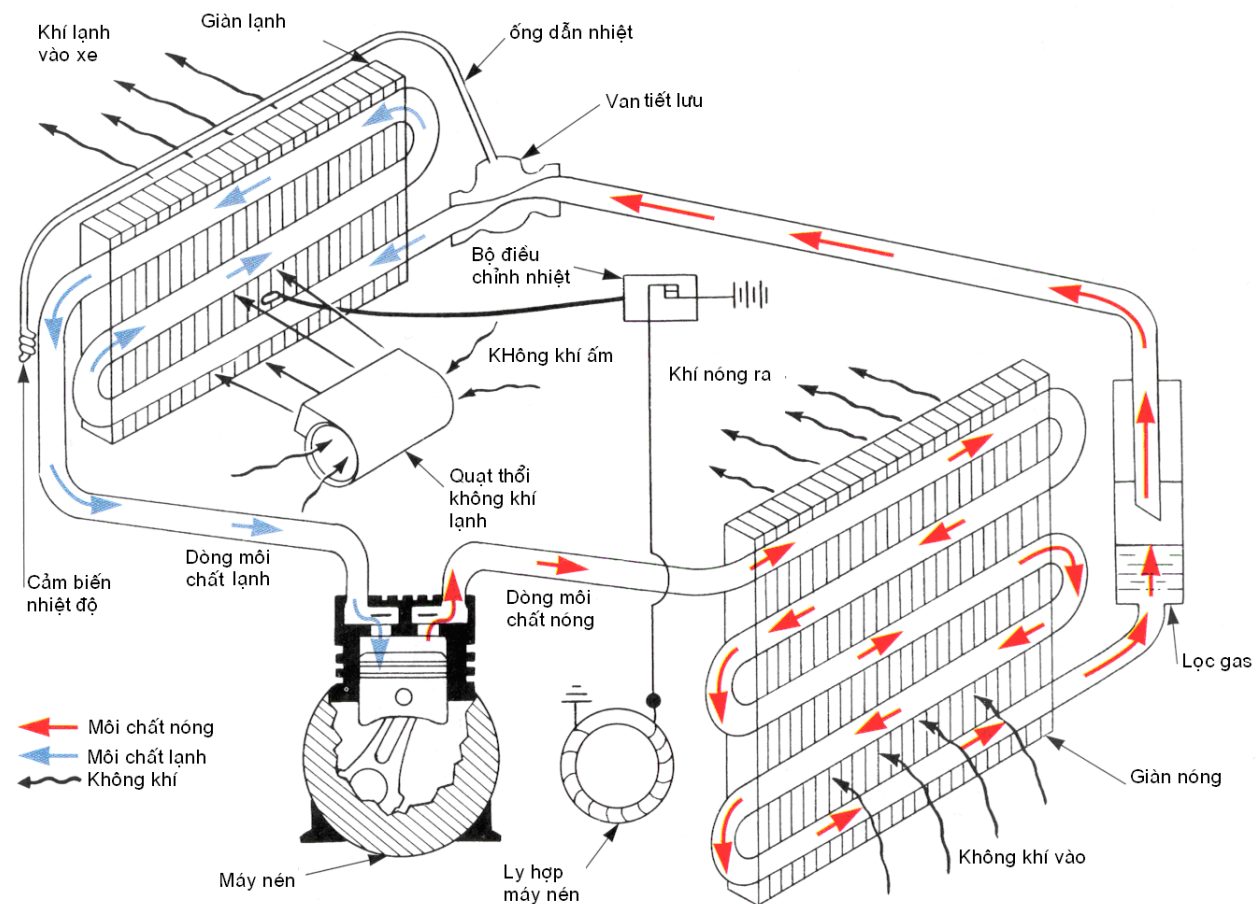
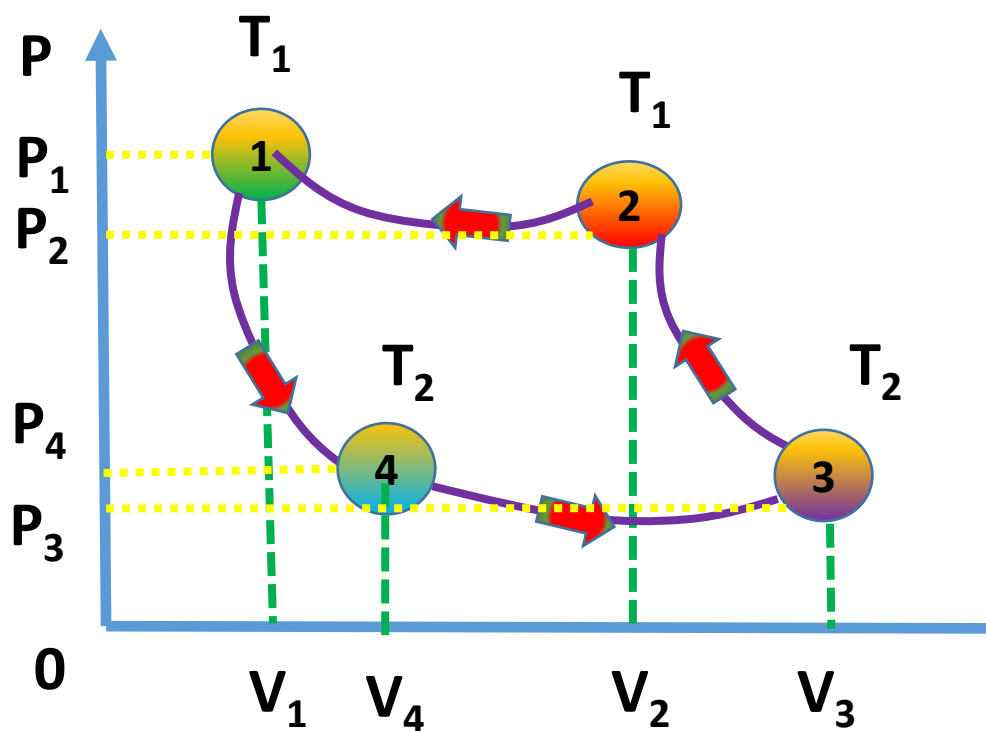
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

NHẬN XÉT:

- ☐ Hoàn toàn biết được hiệu suất của động cơ theo chu trình Carnot nếu biết nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh
- ☐ Để tăng hiệu suất phải hạ T_2 và tăng T_1
- ☐ Không thể hạ $T_2 = 0^\circ\text{K}$
- ☐ Chất lượng của nhiệt lượng phụ thuộc vào nguồn nhiệt

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

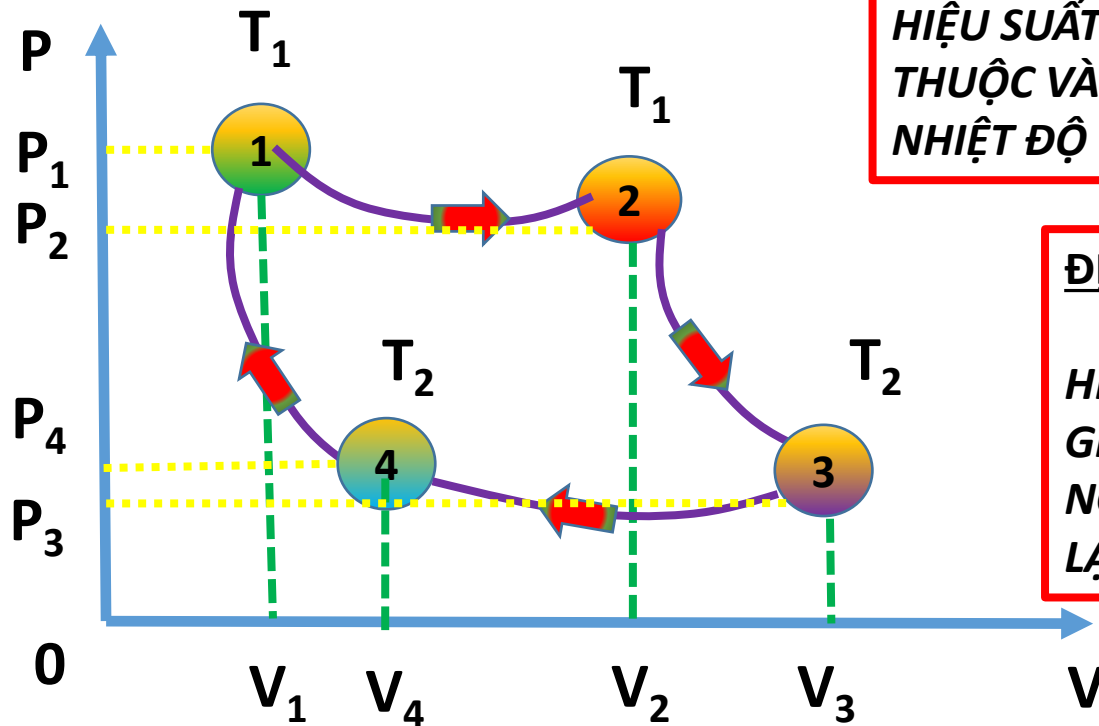
CHU TRÌNH CARNOT THEO CHIỀU NGƯỢC



IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

CÁC ĐỊNH LÝ CARNOT



ĐỊNH LÝ 1 CARNOT:

HIỆU SUẤT CỦA CHU TRÌNH CARNOT THUẬN NGHỊCH KHÔNG PHỤ THUỘC VÀO BẢN CHẤT CỦA TÁC NHÂN MÀ CHỈ PHỤ THUỘC VÀO NHIỆT ĐỘ CỦA 2 NGUỒN NHIỆT.

ĐỊNH LÝ 2 CARNOT:

HIỆU SUẤT CỦA CHU TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH BAO GIỜ CŨNG NHỎ HƠN HIỆU SUẤT CỦA CHU TRÌNH THUẬN NGHỊCH HOẠT ĐỘNG VỚI CÙNG NGUỒN NÓNG VÀ NGUỒN LẠNH

$$\eta \leq \eta_c(tn)$$

$$\oint \frac{\partial Q}{T} \leq 0$$

CÁC ĐỊNH LÝ CARNOT

TA CÓ: $\eta_{ktn}^C = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$

$$\eta_{tn}^C = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

MẶC KHÁC $\eta_{ktn}^C < \eta_{tn}^C$

$$\Rightarrow 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow -\frac{Q'_2}{Q_1} \leq -\frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{Q'_2}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q'_2}{T_2} \geq \frac{Q_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q'_2}{T_2} \leq 0$$

ĐẶT: $Q_2 = -Q'_2$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

VỚI: $\frac{Q_1}{T_1}$ NHIỆT RÚT GỌN TẠI NGUỒN NÓNG

$\frac{Q_2}{T_2}$ NHIỆT RÚT GỌN TẠI NGUỒN LẠNH

MỞ RỘNG CHO TRƯỜNG HỢP CÓ VÔ SỐ NGUỒN NHIỆT
VỚI NHIỆT ĐỘ THAY ĐỔI LIÊN TỤC

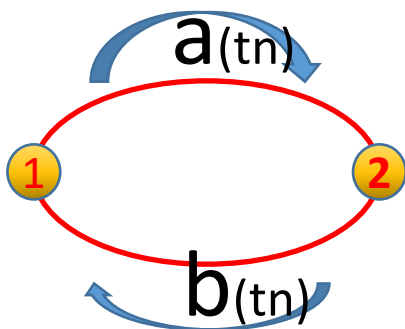
$$\oint \frac{\partial Q}{T} \leq 0$$

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

HÀM ENTROPI

CHO CHU TRÌNH THUẬN NGHỊCH GỒM 2 QUÁ TRÌNH 1a2 VÀ 2b1



$$\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \oint_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} - \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$

NHƯ VẬY: $\oint_{1-2} \frac{\delta Q}{T}$ KHÔNG PHỤ THUỘC VÀO QUÁ TRÌNH MÀ CHỈ PHỤ THUỘC VÀO TRẠNG THÁI ĐẦU VÀ TRẠNG THÁI CUỐI

ĐẶT S LÀ HÀM ENTROPI CỦA HỆ

$$\text{VỚI: } dS = \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$$

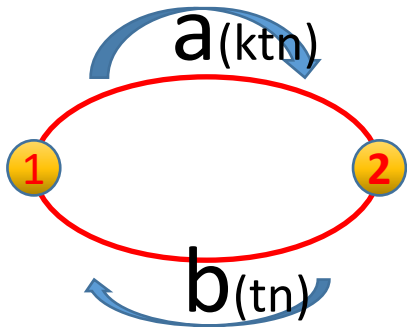
NHƯ VẬY TRONG MỘT CHU TRÌNH THUẬN NGHỊCH THÌ: $\Delta S = 0$

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPI

CHO CHU TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH GỒM 2 QUÁ TRÌNH
1a2 KHÔNG THUẬN NGHỊCH VÀ 2b1 THUẬN NGHỊCH



$$\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \oint_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} - \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = S_2 - S_1 = \Delta S$$

$$\Rightarrow \Delta S > \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T}$$

NẾU XÉT TRONG 1 HỆ CÔ LẬP THÌ:

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \Delta S > 0$$

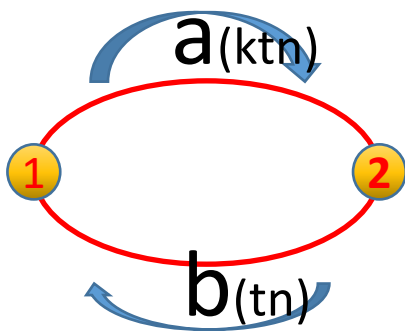
NGUYÊN LÝ: TRONG MỘT HỆ CÔ LẬP, CÁC QUÁ TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH XẢY RA THEO CHIỀU HƯỚNG TĂNG ENTROPI CỦA HỆ

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Ý NGHĨA ENTROPI

CHO CHU TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH GỒM 2 QUÁ TRÌNH
1a2 KHÔNG THUẬN NGHỊCH VÀ 2b1 THUẬN NGHỊCH



NGUYÊN LÝ: TRONG MỘT HỆ CÔ LẬP, CÁC QUÁ TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH XẢY RA THEO CHIỀU HƯỚNG TĂNG ENTROPI CỦA HỆ

Ý NGHĨA 1: BIẾN THIÊN ENTROPI LÀ ĐỘ ĐO TÍNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH CỦA QUÁ TRÌNH TRONG NHỮNG HỆ CÔ LẬP VÀ ĐẶC TRƯNG CHO CHIỀU DIỄN BIẾN CỦA QUÁ TRÌNH TỰ NHIÊN.

Ý NGHĨA 2: HÀM ENTROPI ĐẶC TRƯNG CHO MỨC ĐỘ HỖN LOẠN CỦA CÁC PHÂN TỬ TẠO THÀNH CHẤT KHÍ.

IV

NGUYÊN LÝ THỨ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

ĐỘ BIẾN THIÊN ENTROPI TRONG CÁC QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI

❑ QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta S = 0$$

❑ QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT

$$\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q}{T}$$

$$Q > 0 \Rightarrow \Delta S > 0$$

ENTROPI TĂNG

$$Q < 0 \Rightarrow \Delta S < 0$$

ENTROPI GIẢM

ĐỘ BIẾN THIÊN ENTROPI CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG TRONG 1 QUÁ TRÌNH BẤT KỲ

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta Q}{T} = \frac{m}{\mu} C_V \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \frac{dV}{V}$$

THEO NGUYÊN LÝ 1: $dU = \delta Q + \delta A$

$$\delta A = -PdV$$

$$\Rightarrow \delta Q = dU + PdV \quad (1)$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

MẶC KHÁC THEO KHÍ LÝ TƯỞNG:

$$dU = \frac{m}{\mu} C_V dT \quad (2)$$

$$P = \frac{m}{\mu} R \frac{T}{V} \quad (3)$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

LẤY (3) (2) THAY VÀO (1):

$$\delta Q = \frac{m}{\mu} C_V dT + \frac{m}{\mu} R \frac{T}{V} dV$$

ĐỘ BIẾN THIÊN ENTROPI CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG TRONG 1 QUÁ TRÌNH BẤT KỲ□ QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT ($T=\text{CONST}$)

TỪ PHƯƠNG TRÌNH TỔNG QUÁT:

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

MẶC KHÁC QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT CÓ:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

NÊN
$$\Delta S = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{P_1}{P_2}$$

□ QUÁ TRÌNH ĐẲNG TÍCH ($V=\text{CONST}$)

TỪ PHƯƠNG TRÌNH TỔNG QUÁT:

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

MẶC KHÁC QUÁ TRÌNH ĐẲNG TÍCH CÓ:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

NÊN
$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1}$$

ĐỘ BIẾN THIÊN ENTROPI CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG TRONG 1 QUÁ TRÌNH BẤT KỲ

□ QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP (P=CONST)

TỪ PHƯƠNG TRÌNH TỔNG QUÁT:

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP CÓ:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} (C_V + R) \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_P \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} C_P \ln \frac{T_2}{T_1}$$

□ QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG

$$\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} \quad \delta Q = \frac{m}{\mu} C \cdot dT$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{m}{\mu} C \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \frac{m}{\mu} C \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$n = \frac{(C - C_P)}{(C - C_V)} \Rightarrow nC - nC_V = C - C_P \Rightarrow (n - 1)C = (n - \gamma)C_V$$

$$\Rightarrow C = \frac{(n - \gamma)}{(n - 1)} C_V = \frac{(n - \gamma)}{(n - 1)} \frac{iR}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{m}{\mu} \frac{(n - \gamma)}{(n - 1)} \frac{iR}{2} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

3.1. Có 160 g khí ôxy được đun nóng từ nhiệt độ 0°C đến 60°C . Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của một khối khí trong hai quá trình:

a) Đẳng tích.

b) Đẳng áp.

Bài giải:

Ta có:

$$T_1 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 60^{\circ}\text{C} \Rightarrow \Delta T = 60$$

a) * Đẳng tích : $A=0$

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{0,16}{32} \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 10^3}{2} 60 = 6,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

b) * Đẳng áp :

$$\Delta U_2 = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{0,16}{32} \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 10^3}{2} 60 = 6,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{(i+2)R}{2} \Delta T = \frac{0,16}{32} \frac{(5+2) \cdot 8,31 \cdot 10^3}{2} 60 = 8,7 \cdot 10^3 \text{ J}$$

3.9. Có 6,5g khí hidrô ở nhiệt độ 27°C , nhận được nhiệt nên thể tích giãn nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính:

- a) Công mà khí sinh ra.
- b) Độ biến thiên nội năng của khối khí.
- c) Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

Bài giải:

Quá trình giãn nở là quá trình đẳng áp:

- a) Công mà khí sinh ra :

$$A' = \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{2} = 8102,25 \text{ J}$$

- b) Độ biến thiên nội năng của khối khí: $\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T$

Quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1} = \frac{300}{1} \cdot 2 = 600 \text{ K}$$

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 5,8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{2 \cdot 2} = 20255,625 \text{ J} = 20,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

c) Nhiệt lượng đó cung cấp cho khối khí:

Theo nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học:

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

3.10. Có 10 g khí ôxy ở nhiệt độ 10^0C , áp suất 3.10^5 N/m^2 . Sau khi hơi nóng đẳng áp nhiệt lượng mà khối khí nhận được là $7,9.10^3 \text{ J}$. Tìm:

a) Thể tích khối khí trước và sau khi giãn nở.

b) Nội năng của khối khí trước và sau khi hơi nóng.

Bài giải:

a) Quá trình hơi nóng là đẳng áp:

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{(i+2)R}{2} \Delta T$$
$$\Rightarrow \Delta T = \frac{Q \cdot 2 \cdot \mu}{m(i+2) \cdot R} = \frac{7,9 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 32}{10 \cdot 10^{-3} \cdot (5+2) \cdot 8,31 \cdot 10^3} = 869 \text{ K}$$

Thể tích trước giãn nở:

$$V_1 = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{P_1} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 283}{32 \cdot 3 \cdot 10^5} = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 2,45 \text{ lít}$$

Thể tích sau giãn nở:

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{2,45 \cdot (869 + 283)}{283} = 10 \text{ lít}$$

b) Nội năng của khối khí trước khi hơi nóng

$$U_1 = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} T_1 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 5,8,31 \cdot 10^3 \cdot 283}{32 \cdot 2} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Nội năng của khối khí sau khi hơi nóng

$$U_2 = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} T_2 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 5,8,31 \cdot 10^3 \cdot (869 + 283)}{32 \cdot 2} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

3.11. Có 2 kilomol khí cacbôníc được hơ nóng đẳng áp cho tới khi nhiệt độ tăng thêm 50°C . Độ biến thiên nội năng của khối khí trong quá trình này là 2500 kJ.

a) Tìm bậc tự do của khí CO_2 .

b) Công do khí giãn nở sinh ra.

c) Nhiệt lượng truyền cho khối khí.

Bài giải:

a) Quá trình hơ nóng là đẳng áp:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = 2500 \cdot 10^3 \text{ J} \Rightarrow i = \frac{\Delta U \cdot 2 \cdot \mu}{m \cdot R \cdot \Delta T} = \frac{2500 \cdot 10^3 \cdot 2}{28,31 \cdot 10^3 \cdot 50} = 6$$

Vậy số bậc tự do của khí CO_2 là $i = 6$

b) Công do khí giãn nở sinh ra:

$$A' = \frac{m}{\mu} R \Delta T = 28,31 \cdot 10^3 \cdot 50 = 831 \text{ kJ}$$

c) Nhiệt lượng truyền cho khối khí.

$$Q = \Delta U + A' = 2500 + 831 = 3331 \text{ kJ}$$

3.15. Một khối khí nitơ ở áp suất $p_1 = 1 \text{ at}$, thể tích $V_1 = 10 \text{ lít}$ được giãn nở đến thể tích gấp đôi. Tìm áp suất cuối cùng và công do khí sinh ra. Nếu quá trình giãn nở đó là:

a) Đẳng áp.

a) Quá trình đẳng áp:

$$P_1 = P_2$$

b) Đẳng nhiệt.

$$A' = P_1(V_2 - V_1) = 9,81 \cdot 10^4 (20 - 10) \cdot 10^{-3} = 980 \text{ J}$$

c) Đoạn nhiệt.

c) Quá trình đoạn nhiệt

b) Quá trình đẳng nhiệt

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{2}{1} + 1 = \frac{2}{5} + 1 = \frac{7}{5}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{1 \cdot 10}{20} = 0,5 \text{ at}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1 \cdot \left(\frac{10}{20} \right)^{7/5} = 0,38 \text{ at}$$

$$A' = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 9,81 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{20}{10} = 680 \text{ J}$$

$$A' = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1} = \frac{(1 \cdot 10 - 0,38 \cdot 20) \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 10^4}{\frac{7}{5} - 1} = 589 \text{ J}$$

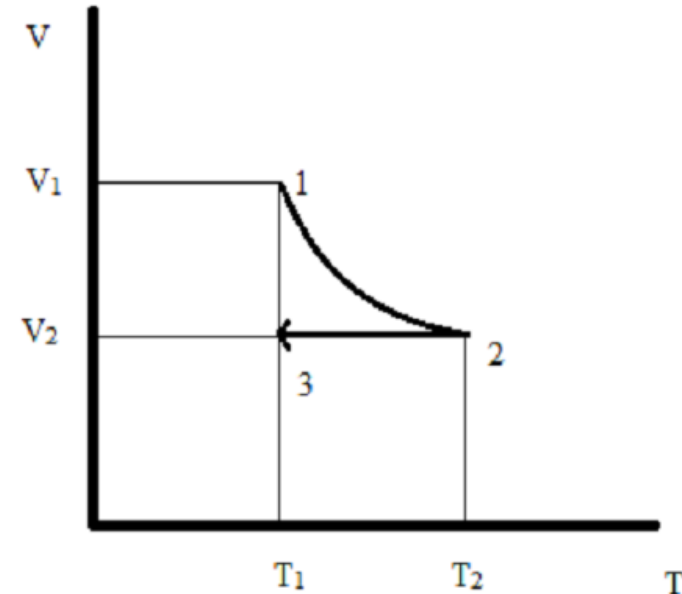
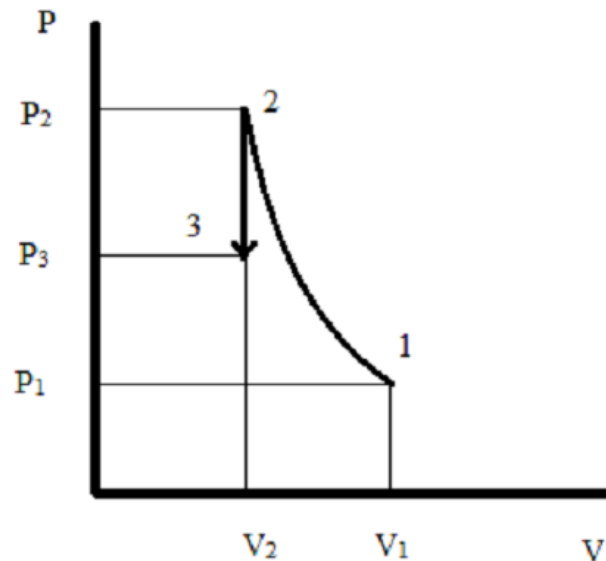
3.18. Một chất khí lưỡng nguyên tử có thể tích $V_1 = 0,5$ lít, ở áp suất $p_1 = 0,5$ at. Nó bị nén đoạn nhiệt tới thể tích V_2 và áp suất p_2 . Sau đó người ta giữ nguyên thể tích V_2 và làm lạnh nó đến nhiệt độ ban đầu. Khi đó áp suất của khí là $p_3 = 1$ at.

- Vẽ đồ thị của quá trình đó trong mặt phẳng (p,V) , (V,T) .
- Tìm thể tích V_2 và áp suất p_2 .
- Tính công và nhiệt mà khối khí nhận được trong mỗi quá trình.

Bài giải:

- Vẽ đồ thị của quá trình đó trong mặt phẳng (P,V) , (V,T) .

Quá trình trong mặt phẳng (P,V)



b) Tìm thể tích V_2 và áp suất p_2 . $\gamma = \frac{2}{i} + 1 = \frac{2}{5} + 1 = \frac{7}{5}$

Có thể xem cả quá trình (1-3) của chất khí là quá trình đẳng nhiệt:

$$P_1 V_1 = P_3 V_3 \Rightarrow V_3 = V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_3} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{1} = 0,25 \text{ lít}$$

Quá trình (1-2) là quá trình đoạn nhiệt:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 0,5 \cdot \left(\frac{0,5}{0,25} \right)^{7/5} = 1,32 \text{ at}$$

* Quá trình đẳng tích (2-3):

$$A = 0$$

c) Tính công và nhiệt mà khối khí nhận được trong mỗi quá trình :

* Quá trình đoạn nhiệt (1-2):

$$A' = \frac{|P_1 V_1 - P_2 V_2|}{\gamma - 1} = \frac{|0,5 \cdot 0,5 - 1,32 \cdot 0,25| \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 10^4}{\frac{7}{5} - 1} = 50,3 \text{ J}$$

$$Q = 0$$

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

3.36. Một máy hơi nước có công suất 14,7 W, dùng than có hiệu suất thực tế là $\eta_1 = 20 \%$, nhiệt độ của nguồn nóng là 200°C , nhiệt độ của nguồn lạnh là 58°C . Tìm lượng than tiêu thụ trong 1 giờ, biết năng suất tỏa nhiệt của than là 7800 Cal/Kg. So sánh hiệu suất thực tế với hiệu suất lý tưởng của máy làm việc theo chu trình Carnot.

Bài giải:

Hiệu suất lý tưởng động cơ:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{58 + 273}{200 + 273} = 0.3$$

Công mà khí sinh ra trong 1 giờ là $A' = P * t = 14.7 * 3600 = 52920 \text{ (J)}$

Theo thực tế ta lại có $\eta_{tt} = \frac{A}{Q_1} \rightarrow Q_1 = \frac{A}{\eta} = \frac{52920}{0.2} = 264600 \text{ (J)}$

Vậy khối lượng than tiêu thụ trong một giờ là: $m = \frac{Q_1}{\chi} = \frac{264600}{7800.4,2(\frac{\text{J}}{\text{kg}})} = 8,1 \text{ (kg)}$

3.39. Có hai bình khí, bình thứ nhất có thể tích $V_1 = 2$ lít, chứa khí nitơ ở áp suất $P_1 = 1$ at, bình thứ hai có thể tích $V_2 = 3$ lít chứa khí CO ở áp suất $P_2 = 5$ at. Cho hai bình thông với nhau và đặt chúng trong vỏ cách nhiệt lý tưởng. Tính độ biến thiên entropi của hệ khi hai khí trộn với nhau, cho biết nhiệt độ ban đầu của hai bình khí là như nhau và bằng 27°C .

- Xét với khối khí 1, thể tích tăng từ V_1 tới $V_1 + V_2$

$$\text{Vậy } \Delta S_1 = \frac{m_1}{\mu_1} R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1}$$

- Xét khối khí 2, thể tích tăng từ V_2 tới $V_1 + V_2$

$$\text{Vậy } \Delta S_2 = \frac{m_2}{\mu_2} R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2}$$

$$\text{Ta lại có } P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu_1} R T \rightarrow \frac{m_1}{\mu_1} R = \frac{P_1 V_1}{T}$$

$$\text{Và } P_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu_2} R T \rightarrow \frac{m_2}{\mu_2} R = \frac{P_2 V_2}{T}$$

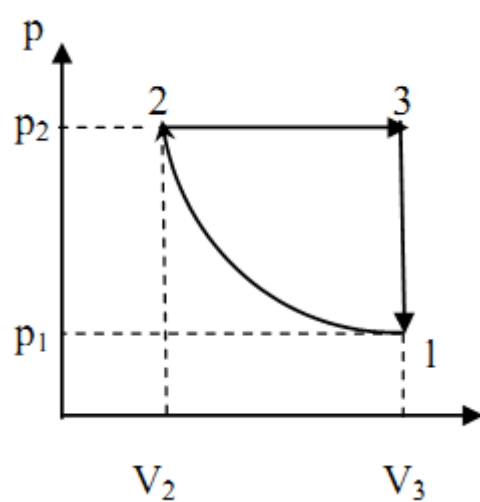
Do đó tổng độ biến thiên của toàn hệ là:

$$\begin{aligned}\Delta S &= \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{P_1 V_1}{T} \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + \frac{P_2 V_2}{T} \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2} \\&= \frac{9,81 \cdot 10^4 * 2 * 10^{-3}}{27 + 273} \ln \frac{2 + 3}{2} + \frac{5 * 9,81 \cdot 10^4 * 3 * 10^{-3}}{27 + 273} \ln \frac{2 + 3}{3} \\&= 3.104 \text{ (J/K)}\end{aligned}$$

3.57. Một khối khí oxy có khối lượng $m = 32 \text{ g}$, ở trạng thái (1) có áp suất $P_1 = 1 \text{ at}$, nhiệt độ $T_1 = 300 \text{ }^\circ\text{K}$, được nén đoạn nhiệt tới trạng thái (2) có áp suất $P_2 = 5 \text{ at}$. Sau đó bằng quá trình đẳng áp đưa khối khí về trạng thái (3) có thể tích $V_3 = V_1$ và nhiệt độ T_3 . Cuối cùng bằng quá trình đẳng tích, khối khí được đưa về trạng thái (1). Cho $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/Kmol}^\circ\text{K}$.

a) Xác định thể tích V_1 , V_2 và nhiệt độ T_3 , vẽ các quá trình trên mặt phẳng (P, V)

b) Tính hiệu suất của chu trình trên.



$$\text{Ta có } P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m R T_1}{\mu P_1} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{32 \cdot 9,81 \cdot 10^4} = 24.6 \text{ (l)}$$

$$\text{Do (1-2) đoạn nhiệt} \Rightarrow P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\text{Do Oxi là khí lưỡng nguyên tử nên } \gamma = \frac{7}{5}$$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \sqrt[\gamma]{\frac{P_1}{P_2}} = 7.8 \text{ (l)}$$

$$(3-1) \text{ đẳng tích} \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{T_1}{T_3} \text{ và } (2-3) \text{ đẳng áp} \Rightarrow P_2 = P_3$$

$$\text{Vậy } T_3 = \frac{P_2}{P_1} T_1 = \frac{5}{1} * 300 = 1500 \text{ (K)}$$

b) Quá trình (1-2) có $Q_{12} = 0$

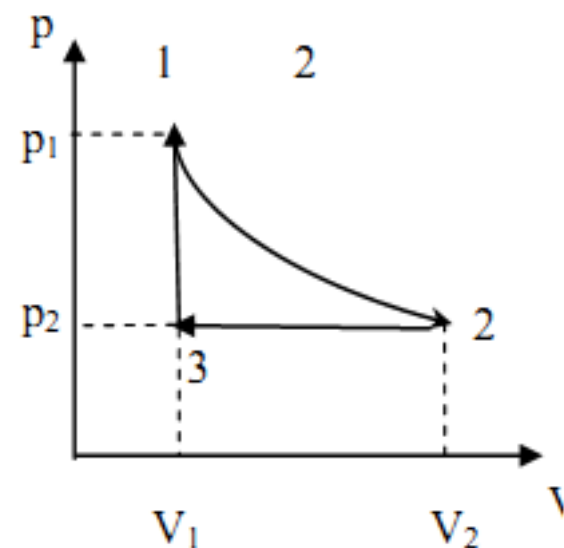
$$\text{Quá trình (2-3) có } Q_{23} = \frac{m}{\mu} C_p (T_3 - T_2) = \frac{C_p}{R} (P_3 V_3 - P_2 V_2) > 0, Q_{23} \equiv Q_1$$

$$\text{Quá trình (3-1) có } Q_{31} = U_{31} - A_{31} = U_{31} = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_3) = \frac{C_v}{R} (P_1 V_1 - P_3 V_3) < 0,$$

$$-Q_{31} \equiv Q'_2$$

$$\text{Vậy hiệu suất } \eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_v(P_3 V_3 - P_1 V_1)}{C_p(P_3 V_3 - P_2 V_2)} = 1 - \frac{\frac{5}{2}(5*24.6 - 1*24.6)}{\frac{7}{2}(5*24.6 - 5*7.8)} = 0.1633$$

3.58. Cho 1 kmol khí lý tưởng đơn nguyên tử ($i = 3$), thực hiện 1 chu trình thuận nghịch như trên hình bên, trong đó quá trình 1-2 là quá trình đoạn nhiệt, quá trình 2-3 là quá trình đẳng áp, quá trình 1-3 là quá trình đẳng tích. Hình 3.1. Cho biết trạng thái (1), áp suất khối khí là $P_1 = P_0$ và thể tích $V_1 = V_0$. Tại trạng thái (2) áp suất của khối khí là P_2 và thể tích $V_2 = 8V_1$. Xác định:



- Nhiệt lượng khối khí nhận được và tỏa ra trong các quá trình trên theo P_0 và V_0
- Công sinh ra trong cả chu trình theo P_0 và V_0 .
- Hiệu suất của chu trình này.

Bài giải:

a) Tính nhiệt lượng trong các quá trình:

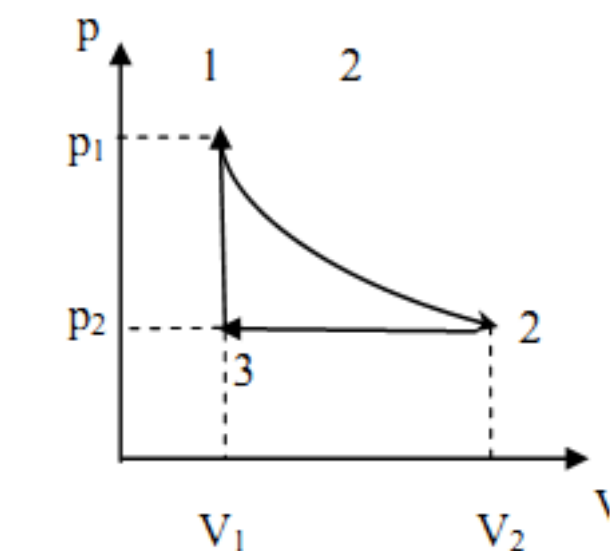
(1-2) đoạn nhiệt $\rightarrow Q_{12} = 0$

$$\text{Và } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = P_0 \left(\frac{1}{8}\right)^\gamma$$

$$(2-3) \text{ đẳng áp} \rightarrow Q_{23} = \frac{m}{\mu} C_p (T_3 - T_2) = \frac{C_p}{R} (P_3 V_3 - P_2 V_2)$$

$$= \frac{C_p}{R} \left(\frac{P_0}{8^\gamma} V_0 - \frac{P_0}{8^\gamma} * 8V_0 \right)$$

$$= -\frac{7P_0 V_0}{8^\gamma} * \frac{C_p}{R} = -\frac{35P_0 V_0}{64} < 0$$



$$\text{Vậy } -Q_{23} \equiv Q_2'$$

$$(3-1) \text{ đẳng tích} \rightarrow Q_{31} = U_{31} - A_{31} = U_{31} = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_3) = \frac{C_v}{R} (P_1 V_1 - P_3 V_3)$$

$$= \frac{C_v}{R} \left(P_0 V_0 - \frac{P_0}{8^\gamma} V_0 \right) = \frac{93}{64} P_0 V_0 > 0$$

$$\text{Vậy } Q_{31} \equiv Q_1$$

b) Tính công trong các quá trình.

$$\begin{aligned} (1-2) \text{ đoạn nhiệt, } \rightarrow Q_{12} = 0 \text{ nên } \quad A_{12} = \Delta U_{12} &= \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1) = \frac{C_v}{R} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \\ &= \frac{C_v}{R} \left(\frac{P_0}{8^\gamma} 8V_0 - P_0 V_0 \right) = -\frac{9}{8} P_0 V_0 \end{aligned}$$

$$(2-3) \text{ có } A_{23} = -P_2 (V_3 - V_2) = -\frac{P_0}{8^\gamma} (V_0 - 8V_0) = \frac{7P_0 V_0}{32}$$

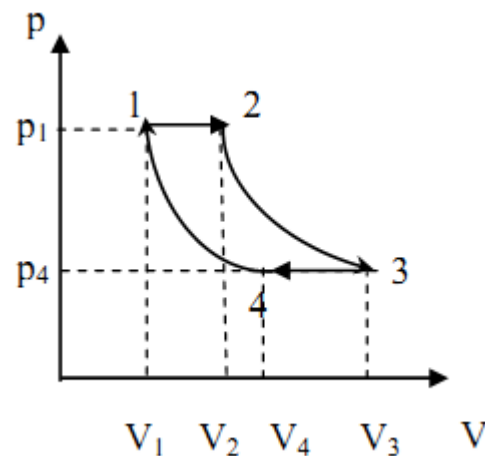
$$(3-1) \text{ đẳng tích } \rightarrow A_{31} = 0$$

Vậy công cả chu trình là $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$

$$c) \text{ Hiệu suất chu trình } \eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{7C_p}{C_v(8^\gamma - 1)} = 0.6237$$

3.59. Khối khí lý tưởng dùng làm chất tải nhiệt (tác nhân) cho động cơ nhiệt, thực hiện chu trình như hình vẽ. Trong đó, quá trình 1-2 và 3-4 là quá trình đẳng áp, quá trình 2-3 và 4-1 là quá trình đoạn nhiệt. Cho biết ở trạng thái (1) áp suất của khối khí là $p_1 = p_0$, thể tích $V_1 = V_0$. Tại trạng thái (2) thể tích khối khí $V_2 = 2V_0$, trạng thái (3) thể tích khối khí $V_3 = 16V_0$, tại trạng thái (4) thể tích khối khí $V_4 = 8V_0$ và áp suất $p_4 = p_0/32$ Hình 3.2. Xác định:

- Khí lý tưởng trên là khí đơn nguyên tử, lưỡng nguyên tử, hay là khí đa nguyên tử.
- Tính công sinh ra trên cả chu trình trên theo p_0 và V_0
- Tính hiệu suất của động cơ nhiệt.



a) Xét quá trình đoạn nhiệt (4-1) có $P_1 V_1^\gamma = P_4 V_4^\gamma \Leftrightarrow P_0 V_0^\gamma = \frac{P_0}{32} (8V_0)^\gamma$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{V_0}{8V_0}\right)^\gamma = \frac{1}{32} \Leftrightarrow 2^{-3\gamma} = 2^{-5} \rightarrow \gamma = \frac{5}{3}$$

b) Công khí sinh ra trong mỗi quá trình:

$$A_{12} = -P_1(V_2 - V_1) = -P_0(2V_0 - V_0) = -P_0V_0$$

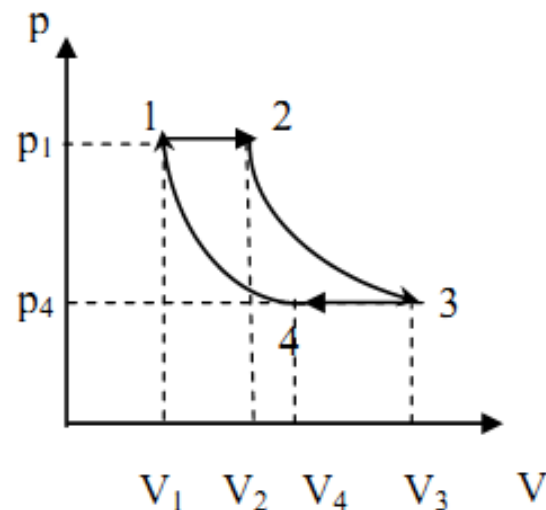
$$A_{23} = \Delta U_{23} = \frac{m}{\mu} C_v (T_3 - T_2) = \frac{C_v}{R} (P_3 V_3 - P_2 V_2)$$

$$= \frac{C_v}{R} \left(\frac{P_0}{32} * 16V_0 - P_0 * 2V_0 \right) = -\frac{3C_v}{2R} P_0 V_0$$

$$A_{34} = -P_3(V_4 - V_3) = -\frac{P_0}{32} (8V_0 - 16V_0) = \frac{P_0 V_0}{4}$$

$$A_{41} = \Delta U_{41} = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_1) = \frac{C_v}{R} (P_1 V_1 - P_4 V_4)$$

$$= \frac{C_v}{R} \left(P_0 V_0 - \frac{P_0}{32} 8V_0 \right) = \frac{3C_v}{4R} P_0 V_0$$



Vậy công cả chu trình thực hiện là:

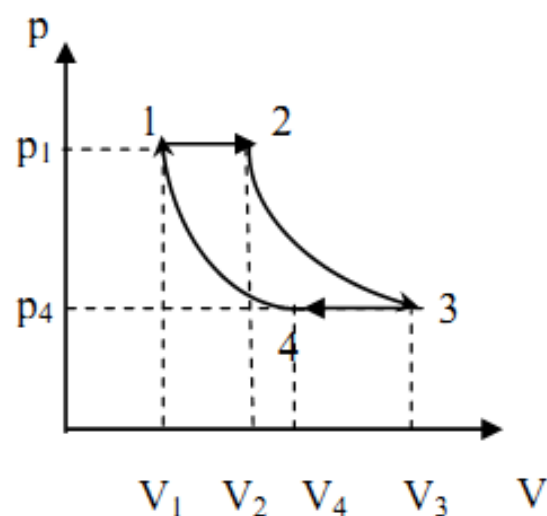
$$\begin{aligned}
 A &= A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = -P_0V_0 - \frac{3C_v}{2R}P_0V_0 + \frac{P_0V_0}{4} + \frac{3C_v}{4R}P_0V_0 \\
 &= -\frac{15}{8}P_0V_0
 \end{aligned}$$

c) Nhiệt lượng trong các quá trình:

$Q_{23} = Q_{41} = 0$, (2-3) và (4-1) là các quá trình đoạn nhiệt.

$$\begin{aligned}
 Q_{34} &= \Delta U_{34} - A_{34} = \frac{m}{\mu}C_v(T_4 - T_3) - A_{34} = \frac{C_v}{R}(P_4V_4 - P_3V_3) - \frac{P_0V_0}{4} \\
 &= \frac{3}{2}(2P_0V_0 - P_0V_0) + P_0V_0 = \frac{5}{2}P_0V_0 > 0, Q_{12} \equiv Q_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{12} &= \Delta U_{12} - A_{12} = \frac{m}{\mu}C_v(T_2 - T_1) + P_0V_0 = \frac{C_v}{R}(P_2V_2 - P_1V_1) + P_0V_0 \\
 &= \frac{3}{2}\left(\frac{P_0}{32}8V_0 - \frac{P_0}{32}16V_0\right) - \frac{P_0V_0}{4} = -\frac{5}{8}P_0V_0 < 0, -Q_{34} = Q_2'
 \end{aligned}$$



Vậy hiệu suất động cơ là $\eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{\frac{5}{8}P_0V_0}{\frac{5}{2}P_0V_0} = \frac{3}{4}$

