



PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

(phần nhiệt động kỹ thuật)

- **Môi chất và hệ nhiệt động:** phương pháp thu nhỏ phạm vi khảo sát
- **Các thông số trạng thái của môi chất:** cách xác định một trạng thái của môi chất và biểu diễn thành một điểm trên đồ thị
- **Các quá trình nhiệt động:** cách tính toán *nhiệt, công* của một quá trình và biểu diễn thành một đường trên đồ thị
- **Các chu trình nhiệt động:** cách tính toán *nhiệt, công* của một *chu trình máy nhiệt* và biểu diễn thành một *đường khép kín* trên đồ thị



Trường ĐHBK Hà nội - Viện KH&CN Nhiệt-Lạnh - Bộ môn Kỹ thuật nhiệt
Đ/c: Phòng 201 nhà C7 ĐHBK Hà nội ĐT: (04) 8.692.333

CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG



TRÌNH TỰ NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH

- Tìm phương trình của quá trình
- Quan hệ giữa các thông số trạng thái đầu và cuối quá trình (p , v , T)
- Tính công thay đổi thể tích của quá trình
- Tính công kỹ thuật của quá trình
- Tính nhiệt trao đổi với môi trường
- Tính biến thiên entropi của quá trình



CƠ SỞ NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH

- Định luật nhiệt động 1

$$dq = du + pdv; dq = di - vdp$$

- Phương trình trạng thái khí lý tưởng

$$pv = RT$$

- Công thức xác định biến thiên u , i

$$du = C_v dT; \quad di = C_p dT$$



QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN ($C_n = \text{const}$)

- Phương trình của quá trình đa biến

$$dq = C_v dT + p dv; dq = C_p dT - v dp; dq = C_n dT$$

$$\rightarrow (C_n - C_p) dT = -v dp; (C_n - C_v) dT = p dv$$

$$\rightarrow (C_n - C_p) / (C_n - C_v) = -v dp / p dv = n$$

$$d l_{kt} / dl = n \text{ (số mũ đa biến)}$$

$$\rightarrow n p dv + v dp = 0 \rightarrow n \cdot dv/v + dp/p = 0$$

$$\rightarrow \ln(v^n) + \ln(p) = \text{const} \rightarrow \mathbf{pv^n = const}$$

$$\mathbf{p_1 v_1^n = p_2 v_2^n}$$



QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN ($C_n = \text{const}$)

- Quan hệ giữa các thông số trạng thái

$$pv^n = \text{const} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^n ; \quad \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1/n}$$

$$p_1 v_1 = RT_1 ; p_2 v_2 = RT_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN ($C_n = \text{const}$)

- Công thay đổi thể tích

$$\frac{C_n - C_p}{C_n - C_v} = n; \frac{C_p}{C_v} = k \Rightarrow C_n = C_v \frac{n - k}{n - 1}$$

$$q = \Delta u + l_{12} \Rightarrow l_{12} = q - \Delta u = (C_n - C_v)(T_2 - T_1)$$

$$C_v = \frac{R}{k - 1} \Rightarrow l_{12} = \frac{R}{n - 1} (T_1 - T_2) = \frac{RT_1}{n - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$



QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN ($C_n = \text{const}$)

- Công kỹ thuật $l_{kt_{12}} = n \cdot l_{12}$
- Nhiệt trao đổi với môi trường

$$q = C_n (T_2 - T_1); \quad Q = Gq = GC_n (T_2 - T_1)$$

- Biến thiên entropi

$$ds = \frac{dq}{T} = C_n \frac{dT}{T} \quad \Rightarrow \quad \Delta s = C_n \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT ($C_n = 0$)

- Phương trình của quá trình đoạn nhiệt

$$dq = 0 \quad \Rightarrow \quad C_n = \frac{dq}{dT} = 0 \quad \Rightarrow \quad n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_v} = k$$

$$pv^k = \text{const}$$

Thay n bằng k trong các công thức của quá trình đa biến



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT ($C_n = 0$)

- Quan hệ giữa các thông số trạng thái

$$pv^k = \text{const} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k ; \quad \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1/k}$$

$$p_1 v_1 = RT_1 ; p_2 v_2 = RT_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT ($C_n = 0$)

- Công thay đổi thể tích

$$q = \Delta u + l_{12} \Rightarrow l_{12} = -\Delta u = -C_v(T_2 - T_1)$$

$$C_v = \frac{R}{k-1} \Rightarrow l_{12} = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2) = \frac{RT_1}{k-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Công kỹ thuật

$$l_{kt_{12}} = k \cdot l_{12}$$



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT ($C_n = 0$)

- Nhiệt trao đổi với môi trường

$$q = 0; \quad Q = 0$$

- Biến thiên entropi

$$ds = \frac{dq}{T} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta s = 0$$



QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT ($C_n = \pm\infty$)

- Phương trình của quá trình đẳng nhiệt

$$dT = 0 \Rightarrow C_n = \frac{dq}{dT} = \pm\infty \Rightarrow n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_v} = 1$$

$$pv = const$$

Thay n bằng 1 trong các công thức của quá trình đa biến



QUÁ TRÌNH ĐẰNG NHIỆT ($C_n = \pm\infty$)

- Quan hệ giữa các thông số trạng thái

$$pv = const \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2};$$

$$T = const \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG NHIỆT ($C_n = \pm\infty$)

- Công thay đổi thể tích, nhiệt lượng trao đổi

$$q = \Delta u + l_{12}; \quad \Delta u = C_v dT = 0 \Rightarrow l_{12} = q$$

$$l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} \frac{RT}{v} dv = RT \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = RT \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

- Công kỹ thuật $l_{kt12} = l_{12}$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG NHIỆT ($C_n = \pm\infty$)

- Biến thiên entropi

$$ds = \frac{dq}{T} \Rightarrow \Delta s = \frac{q}{T} = \frac{RT}{T} \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$\Delta s = R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = R \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$



QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP ($C_n = C_p$)

- Phương trình của quá trình đẳng áp

$$C_n = C_p \Rightarrow n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_v} = 0$$

$$p = \text{const}$$

Thay n bằng 0 trong các công thức của quá trình đa biến



QUÁ TRÌNH ĐẰNG ÁP ($C_n = C_p$)

- Quan hệ giữa các thông số trạng thái

$$p = \text{const} \quad \Rightarrow \quad p_2 = p_1$$

$$n = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG ÁP ($C_n = C_p$)

- Công thay đổi thể tích

$$l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1)$$

- Công kỹ thuật

$$l_{kt_{12}} = n.l_{12} = 0$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG ÁP ($C_n = C_p$)

- Nhiệt lượng trao đổi

$$Q = GC_p (T_2 - T_1)$$

- Biến thiên entropi

$$\Delta s = C_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = C_p \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$



QUÁ TRÌNH ĐẲNG TÍCH ($C_n = C_v$)

- Phương trình của quá trình đẳng tích

$$C_n = C_v \Rightarrow n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_v} = \pm\infty$$

$$v = \text{const}$$

Thay n bằng ∞ trong các công thức của quá trình đa biến



QUÁ TRÌNH ĐẰNG TÍCH ($C_n = C_v$)

- Quan hệ giữa các thông số trạng thái

$$v = \text{const} \quad \Rightarrow \quad v_2 = v_1$$

$$n = \infty \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG TÍCH ($C_n = C_v$)

- Công thay đổi thể tích

$$l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = 0$$

- Công kỹ thuật

$$l_{kt12} = \int_{p_1}^{p_2} -v dp = v(p_1 - p_2)$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG TÍCH ($C_n = C_v$)

- Nhiệt lượng trao đổi

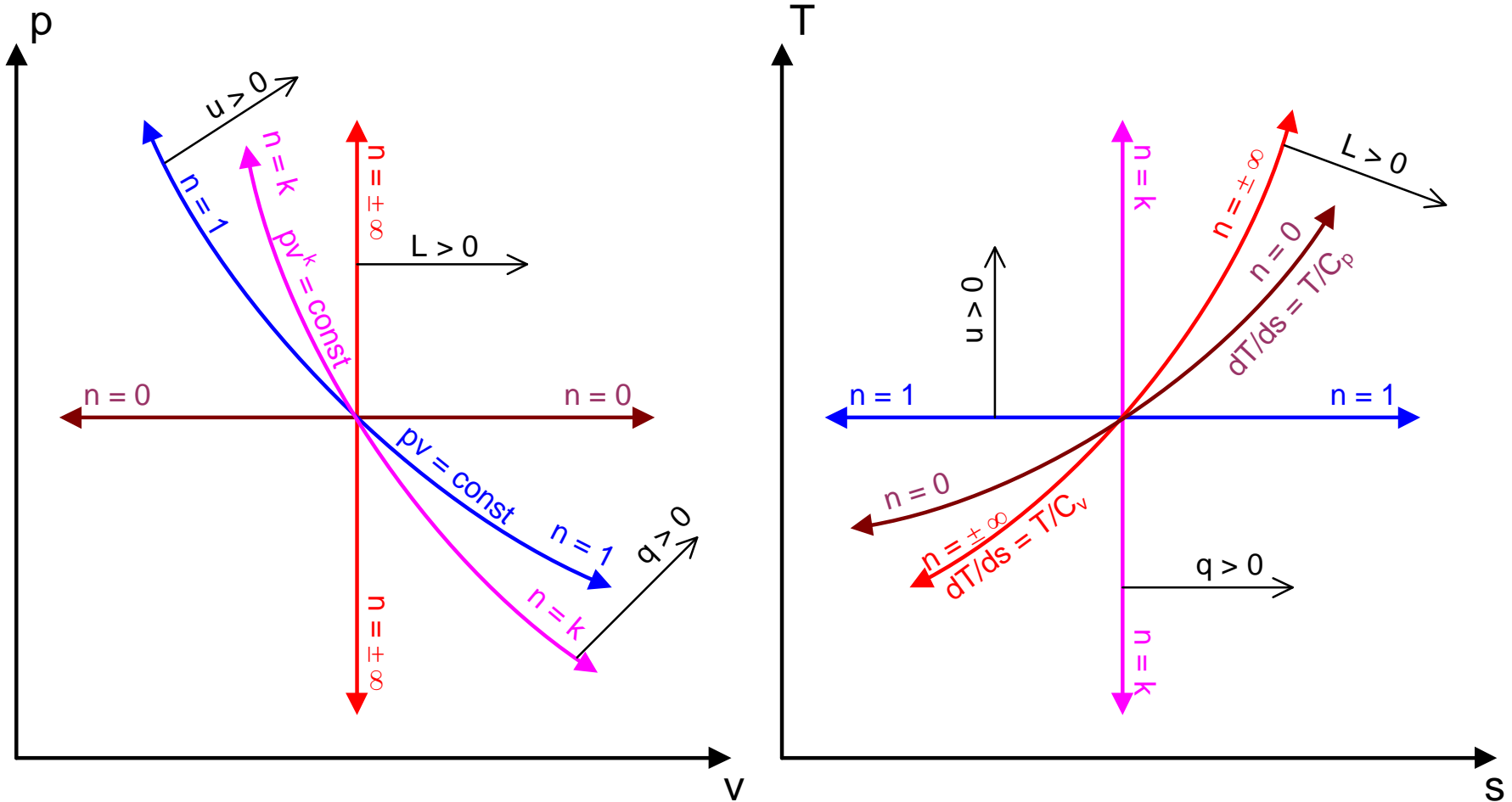
$$Q = GC_v(T_2 - T_1)$$

- Biến thiên entropi

$$\Delta s = C_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = C_v \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$



BIỂU DIỄN QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN BẤT KỲ TRÊN ĐỒ THỊ p-v, T-s





Trường ĐHBK Hà nội - Viện KH&CN Nhiệt-Lạnh - Bộ môn Kỹ thuật nhiệt
Đ/c: Phòng 201 nhà C7 ĐHBK Hà nội ĐT: (04) 8.692.333

CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN CỦA KHÍ THỰC



TRÌNH TỰ NGHIÊN CỨU QTKT

- Xác định các thông số đầu/cuối của quá trình trên đồ thị hoặc bảng khí thực
- Tính công thay đổi thể tích của quá trình
- Tính công kỹ thuật của quá trình
- Tính nhiệt trao đổi với môi trường
- Tính biến thiên entropi của quá trình



XÁC ĐỊNH BIẾN THIÊN i , u , s QTKT

- Biến thiên entanpi

$$\Delta i = i_2 - i_1$$

- Biến thiên nội năng

$$\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 v_2) - (i_1 - p_1 v_1)$$

- Biến thiên entropi

$$\Delta s = s_2 - s_1$$



LƯU Ý VỚI QUÁ TRÌNH KHÍ THỰC

- Biến thiên entanpi, nội năng trong quá trình **đẳng nhiệt**

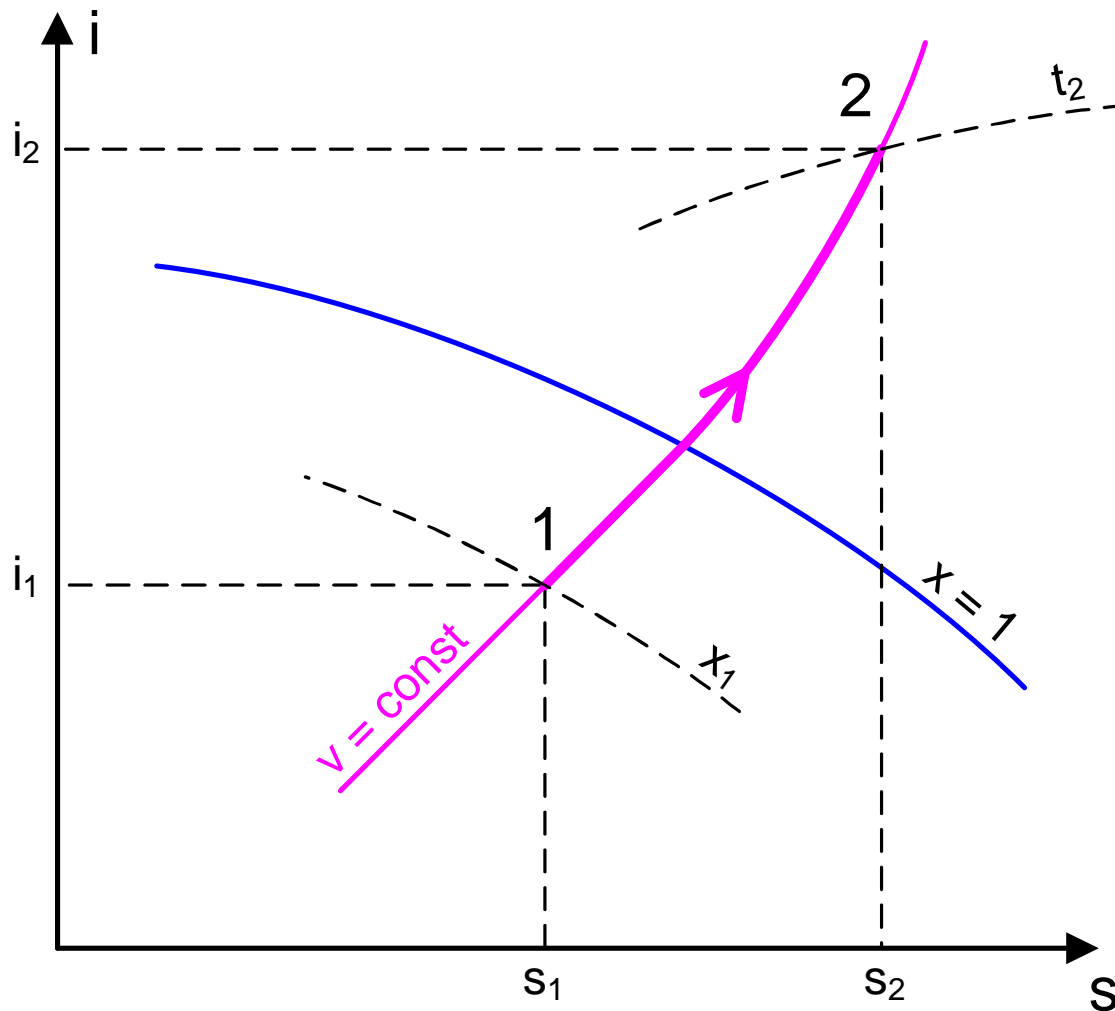
$$\Delta i \neq 0, \Delta u \neq 0$$

- Quá trình **đoạn nhiệt thuận nghịch**
(đẳng entropi)

$$ds = dq/T = 0 \rightarrow \Delta s = 0; s = \text{const}$$



QUÁ TRÌNH ĐẰNG TÍCH KHÍ THỰC



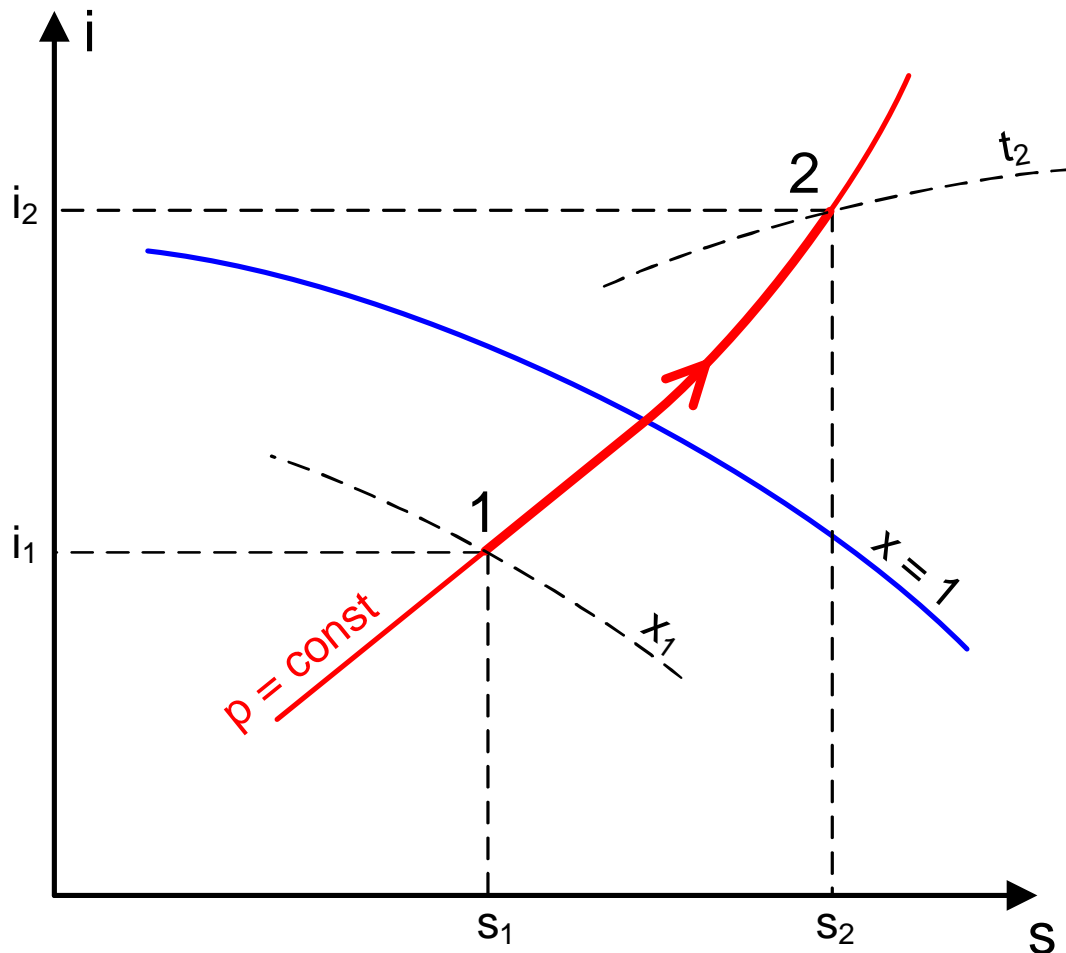
$$l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = 0$$

$$l_{kt12} = \int_{p_1}^{p_2} -v dp$$
$$= v(p_1 - p_2)$$

$$q = \Delta u + l_{12}$$
$$= \Delta u = u_2 - u_1$$



QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP KHÍ THỰC



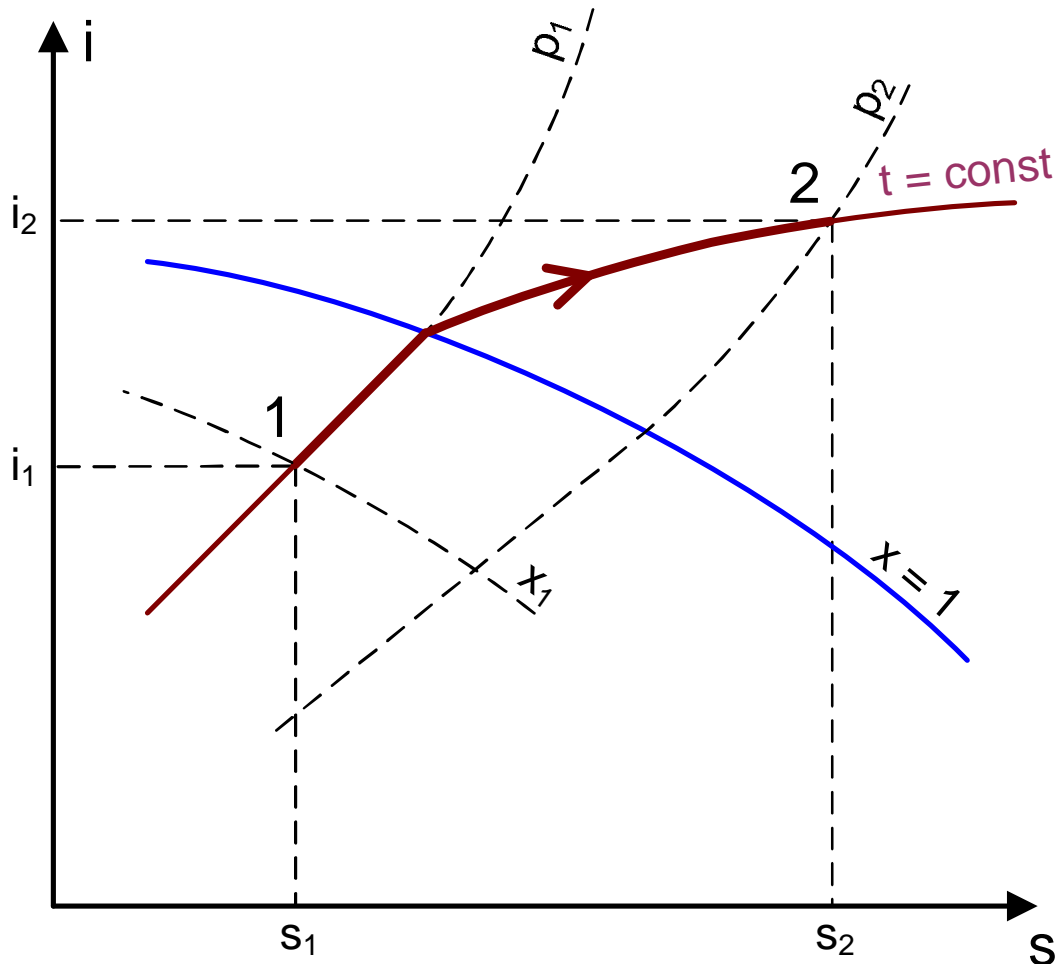
$$l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv$$
$$= p(v_2 - v_1)$$

$$l_{kt_{12}} = \int_{p_1}^{p_2} -v dp = 0$$

$$q = \Delta i + l_{kt_{12}}$$
$$= \Delta i = i_2 - i_1$$



QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT KHÍ THỰC



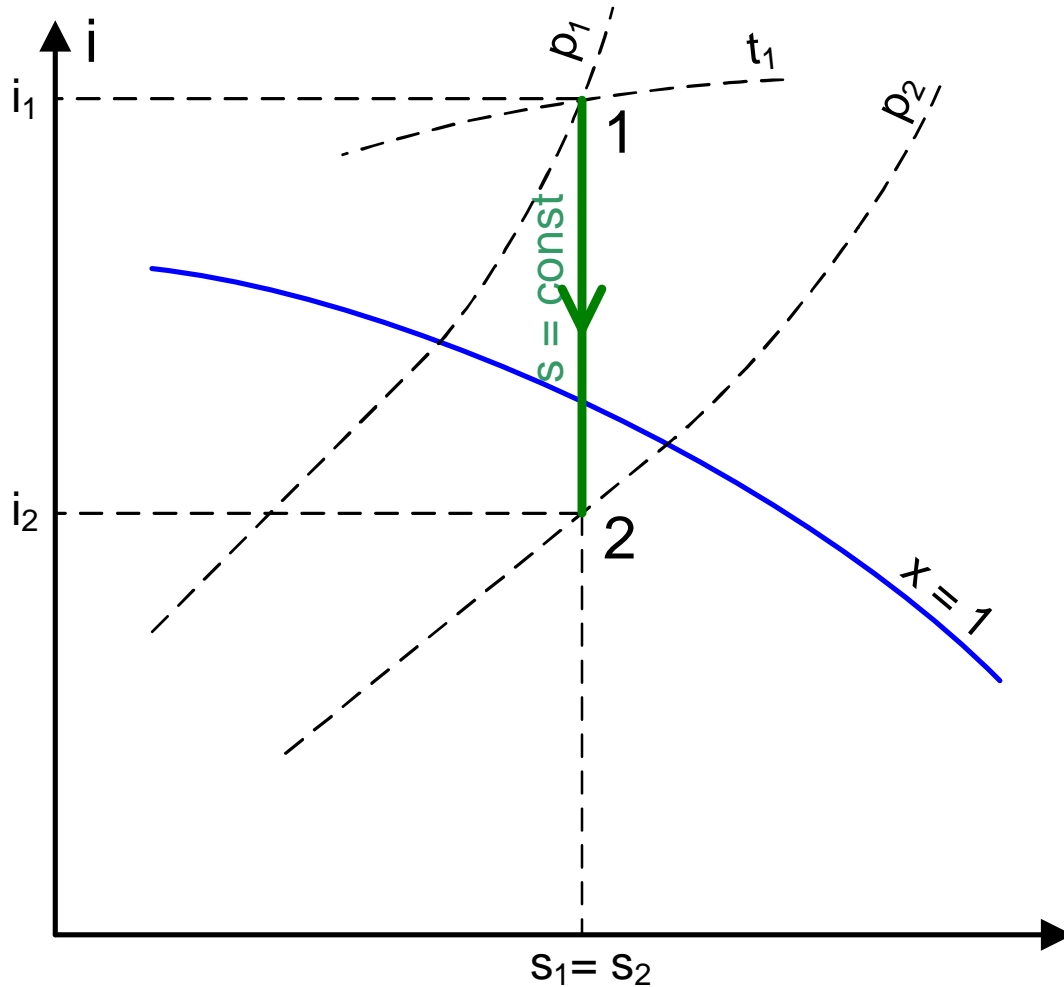
$$q = \int_{s_1}^{s_2} T ds$$
$$= T(s_2 - s_1)$$

$$l_{12} = q - \Delta u$$

$$l_{kt_{12}} = q - \Delta i$$



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT THUẬN NGHỊCH KHÍ THỰC



$$q = \int_{s_1}^{s_2} T ds = 0$$

$$l_{12} = -\Delta u = u_1 - u_2$$

$$l_{kt_{12}} = -\Delta i = i_1 - i_2$$