

NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Hạn chế của nguyên lý thứ nhất
2. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch
3. Máy nhiệt và hiệu suất của động cơ nhiệt
4. Nguyên lý 2 nhiệt động lực học
5. Chu trình và định lý Carnot
6. Entropy và nguyên lý tăng entropy

1. HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT

☞ Hệ quả 1 của nguyên lý 1:

$$A = -Q$$

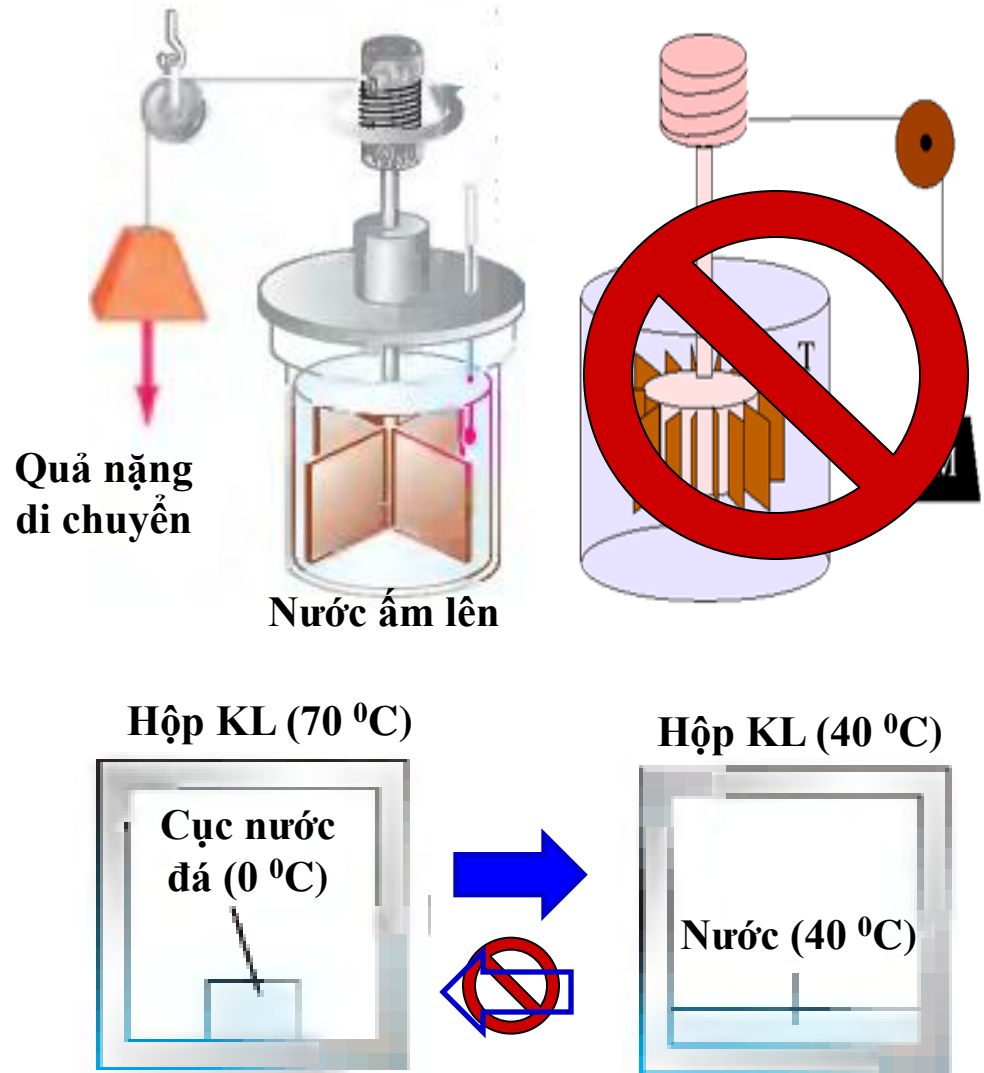
♦ Không nêu lên sự khác nhau trong quá trình chuyển hóa giữa công và nhiệt.

☞ Hệ quả 2 của nguyên lý 1:

$$Q_1 = -Q_2$$

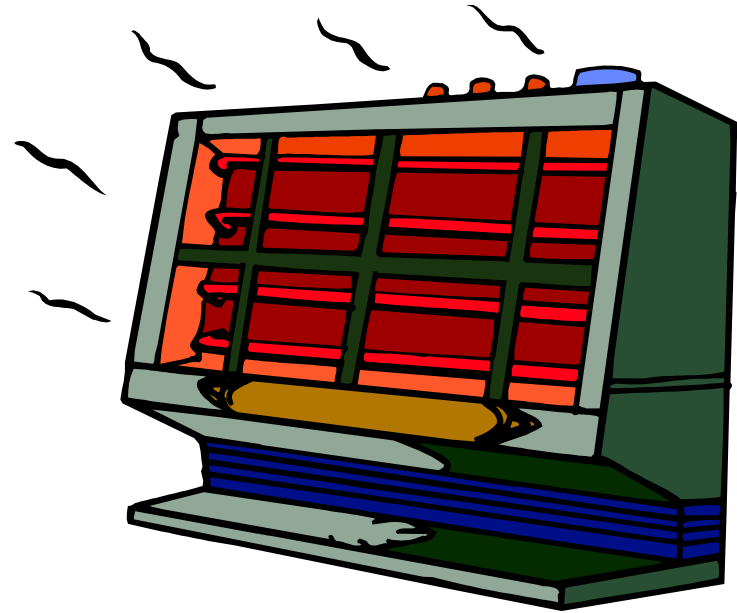
♦ Không chỉ rõ chiều của quá trình thực tế xảy ra.

♦ Không đề cập đến chất lượng nhiệt.



1. HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT

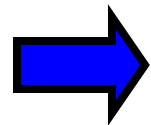
☞ **Vấn đề:** Nguyên lý 1 có thể dẫn đến những hệ quả trái qui luật tự nhiên



☞ **Vấn đề:** có giới hạn trong quá trình biến đổi từ trạng thái này sang trạng thái khác: chỉ diễn theo một chiều nhất định

☞ **Lý do:** Nguyên lý 1 chưa chỉ rõ chiều diễn biến quá trình nhiệt động

☞ Cần bổ sung cơ sở lý luận (nguyên lý, định luật)



2. QUÁ TRÌNH THUẬN NGHỊCH VÀ KHÔNG THUẬN NGHỊCH

Quá trình thuận nghịch

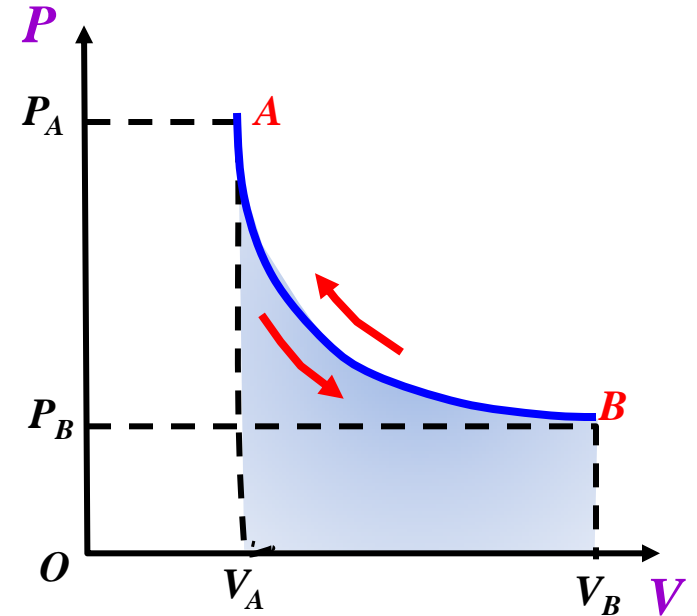
☞ Quá trình biến đổi từ trạng thái $A \leftrightarrow B$ và không có tổn hao hay mất mát năng lượng (có cùng trạng thái trung gian) .

◆ Công hệ nhận được trong quá trình thuận nghịch = công hệ cung cấp ra bên ngoài.

◆ Nhiệt hệ nhận được = nhiệt hệ cung cấp cho bên ngoài.

☞ Hệ trở lại trạng thái cân bằng ban đầu (chu trình kín) sau quá trình xảy ra theo chiều thuận và nghịch \Rightarrow xung quanh không xảy ra biến đổi nào.

☞ Quá trình xảy ra vô cùng chậm \Rightarrow có thể quan sát (lưu giữ) được \Rightarrow lý tưởng.



2. QUÁ TRÌNH THUẬN NGHỊCH VÀ KHÔNG THUẬN NGHỊCH

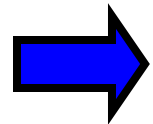
Quá trình không thuận nghịch

☞ Quá trình biến đổi giữa 2 trạng thái A và B, khi tiến hành theo chiều ngược, hệ không có cùng trạng thái trung gian như ở chiều thuận (do có tổn hao hay mất mát năng lượng)

◆ Công hệ nhận được trong quá trình nghịch \neq công hệ cung cấp ra bên ngoài trong quá trình thuận

◆ Nhiệt hệ nhận được trong quá trình nghịch \neq nhiệt hệ cung cấp cho bên ngoài trong quá trình thuận

☞ Sau khi tiến hành theo chiều thuận và nghịch hệ trở lại trạng thái ban đầu (chu trình kín) \Rightarrow môi trường xung quanh bị biến đổi.

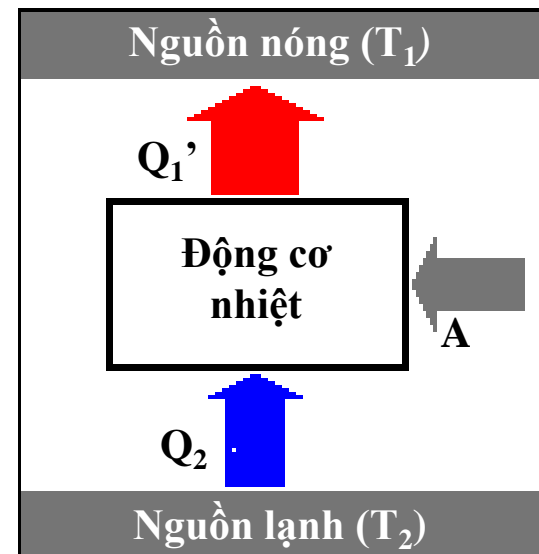
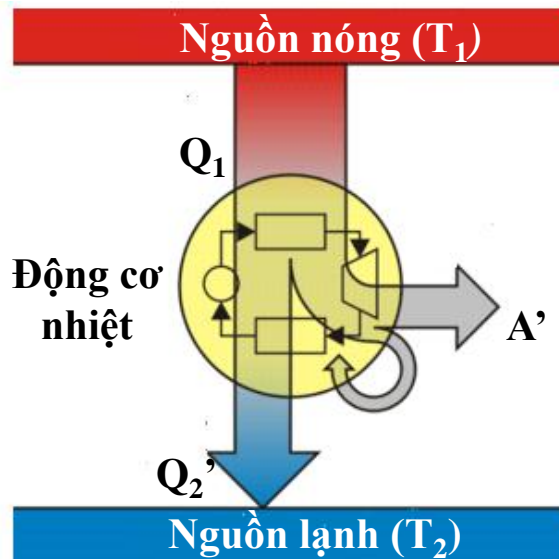


3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Máy nhiệt

☞ Thiết bị biến nhiệt thành công khai thác sự chênh lệch nhiệt độ sử dụng các tác động và tác nhân bên ngoài

- ☞ Cấu trúc:
- + Nguồn nóng: nguồn nhiệt độ cao (T_1)
 - + Nguồn lạnh: nguồn nhiệt độ thấp (T_2)
 - + Tác nhân nhiệt: chất vận chuyển nhiệt



3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Hiệu suất máy nhiệt

☞ Động cơ nhiệt: tỉ số giữa công sinh ra và nhiệt từ nguồn nóng máy nhận vào

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

◆ Nguyên lý 1: $\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q$

◆ Hệ thực hiện chu trình kín: $\Delta U = A + (Q_1 - Q_2') = 0 \Rightarrow A' = Q_1 - Q_2'$

$$\Rightarrow \eta = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$$

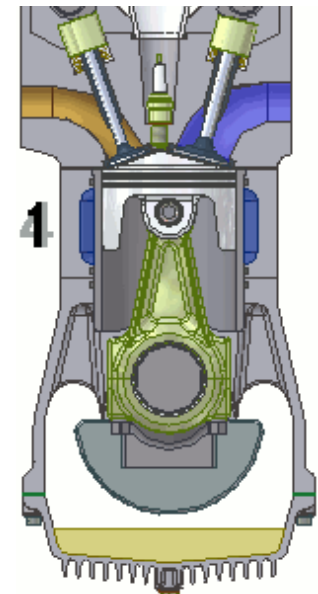
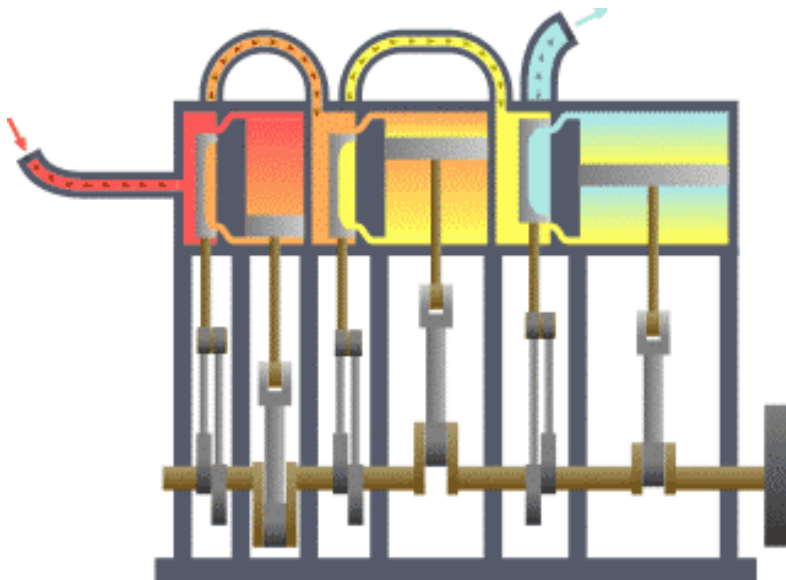
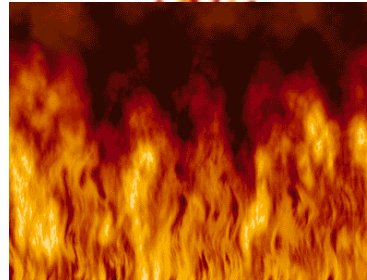
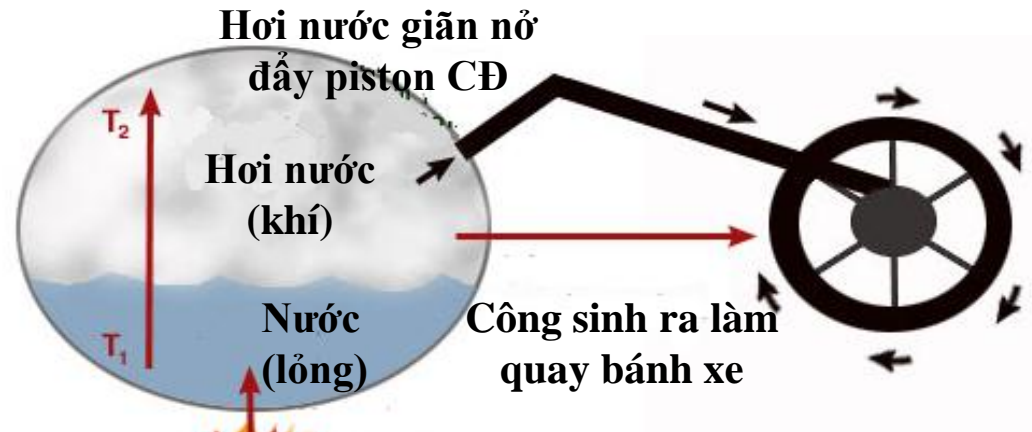
☞ Máy làm lạnh: tỉ số giữa nhiệt nhận được từ nguồn lạnh với công máy nhận vào

$$\eta = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1' - Q_2} = \frac{1}{\frac{Q_1'}{Q_2} - 1}$$

3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Động cơ nhiệt

- ♦ Nguồn nóng (T_1): Lò đốt, bình ngưng,
- ♦ Tác nhân: hơi nước, khí cháy



3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Máy làm lạnh

☞ Nguồn nóng (T_1): bình ngưng,

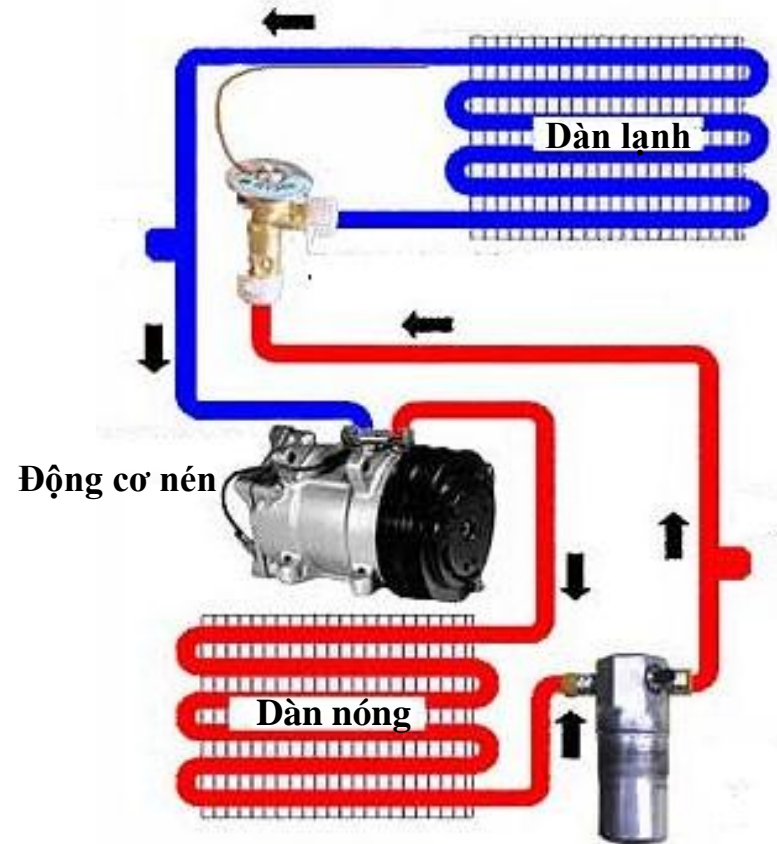
☞ Nguồn lạnh (T_2): Dàn lạnh

☞ Tác nhân: khí hóa lỏng

♦ Sulfur dioxide (SO_2)

♦ Chlorofluorocarbon (CFC) halomethane \Rightarrow ô nhiễm môi trường (phá hỏng tầng ô-zôn, gây hiệu ứng nhà kính).

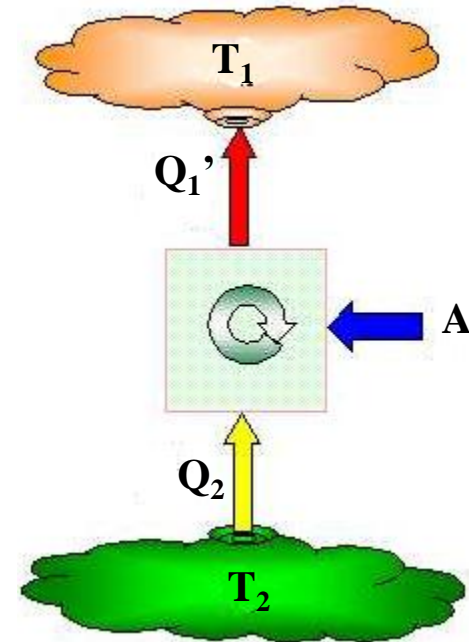
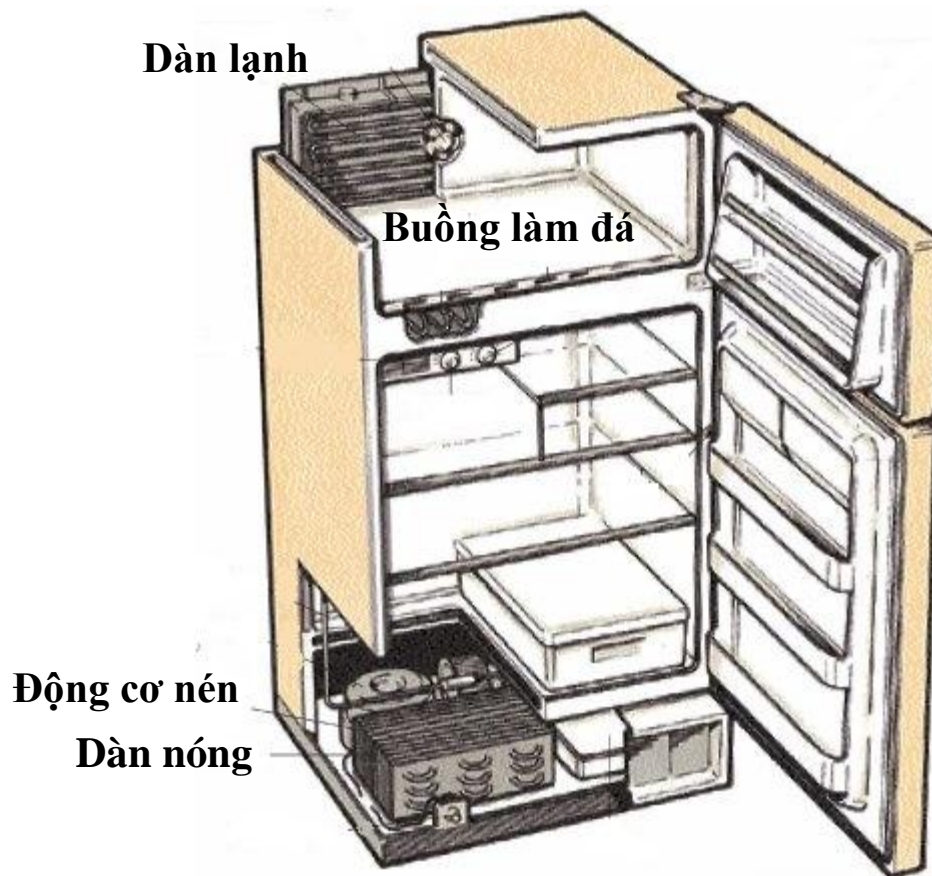
♦ Carbon dioxide (CO_2)



3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Máy làm lạnh

☞ Tủ lạnh (refrigerator)

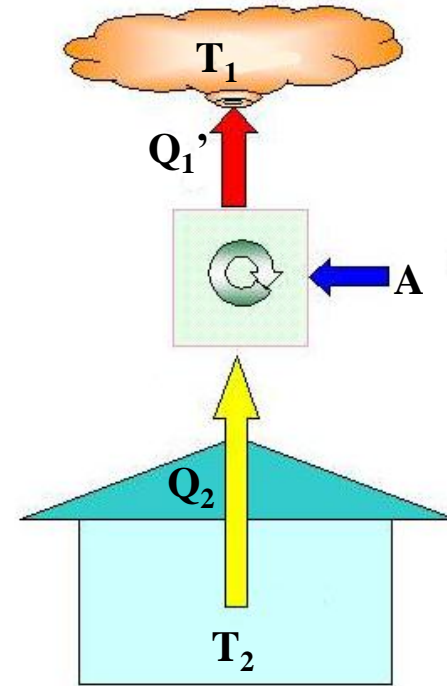


♦ Một tủ lạnh có hiệu suất = 45 %, với tốc độ tản nhiệt là 200 kJ/min. Nếu tủ được duy trì ở nhiệt độ 2°C khi nhiệt độ môi trường là 27°C (275 K) \Rightarrow công suất động cơ được xác định bằng **0.67 kW**.

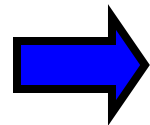
3. MÁY NHIỆT - HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT

Máy làm lạnh

☞ Điều hòa KK (air- conditioner)



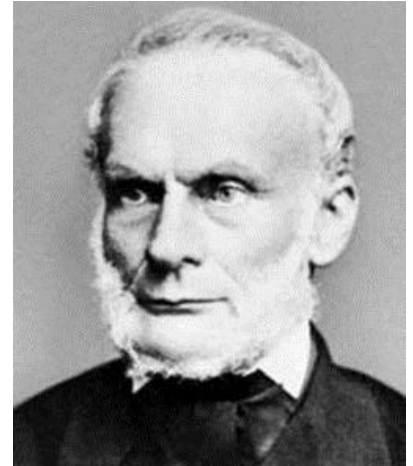
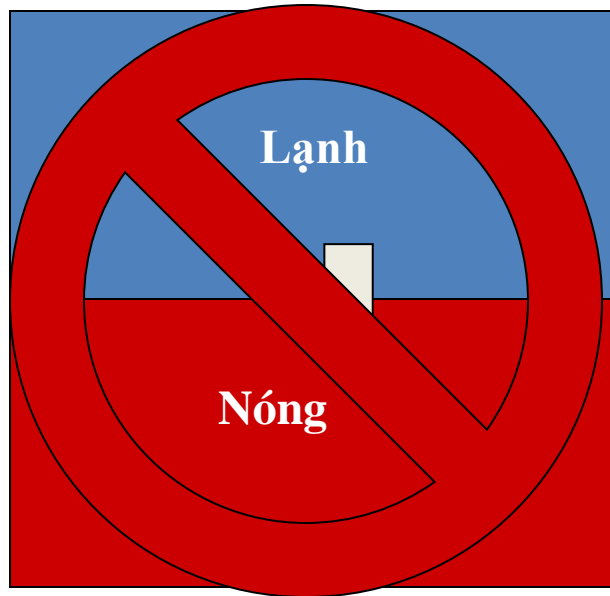
♦ Một máy điều hòa KK duy trì nhiệt độ trong nhà ở 25°C (298 K) khi nhiệt độ môi trường là 37°C (310 K) \Rightarrow công suất động cơ được xác định bằng **1.75 kW**.



4. NGUYÊN LÝ 2 NĐLH

Phát biểu của Clausius

☞ Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh sang vật nóng hơn.



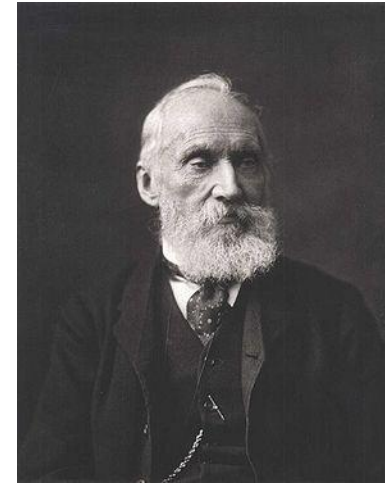
Rudolf Clausius
1822-1888

- ◆ Cần tác dụng bên ngoài (nhận nhiệt hoặc công) \Rightarrow môi trường bên ngoài thay đổi
- ◆ Không thể thực hiện được quá trình mà kết quả duy nhất là truyền năng lượng dưới dạng nhiệt từ vật lạnh sang vật nóng hơn.

4. NGUYÊN LÝ 2 NĐLH

Phát biểu của Thompson-Planck

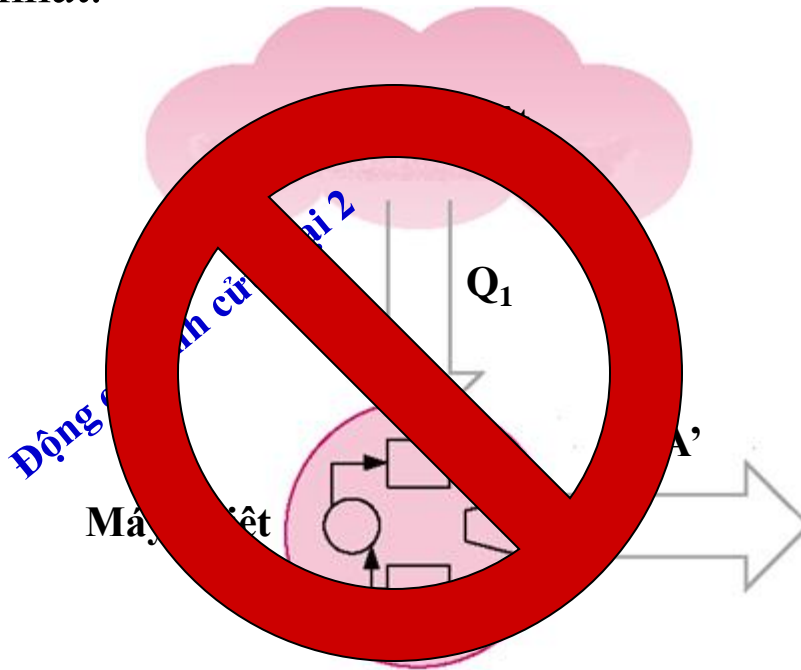
☞ Không thể thực hiện một quá trình biến đổi hoàn toàn nhiệt thành công nếu nhiệt đó chỉ được nhận từ một nguồn duy nhất.



**William Thompson
Lord Kelvin**
(1824-1907)

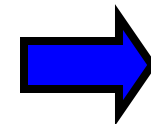


Max Planck
(1858-1947)



♦ Một động cơ không thể sinh công nếu nó chỉ trao đổi nhiệt với một nguồn nhiệt duy nhất \Rightarrow Không thể chế tạo động cơ vĩnh cửu loại 2.

♦ Máy nhiệt không thể đạt hiệu suất 100% $\Leftrightarrow \eta < 100\%$



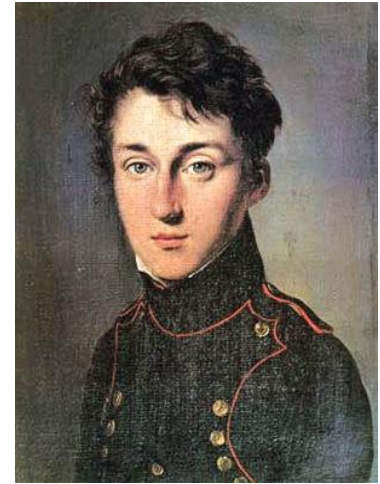
5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Chu trình Carnot thuận nghịch

☞ Tác nhân là khí lý tưởng

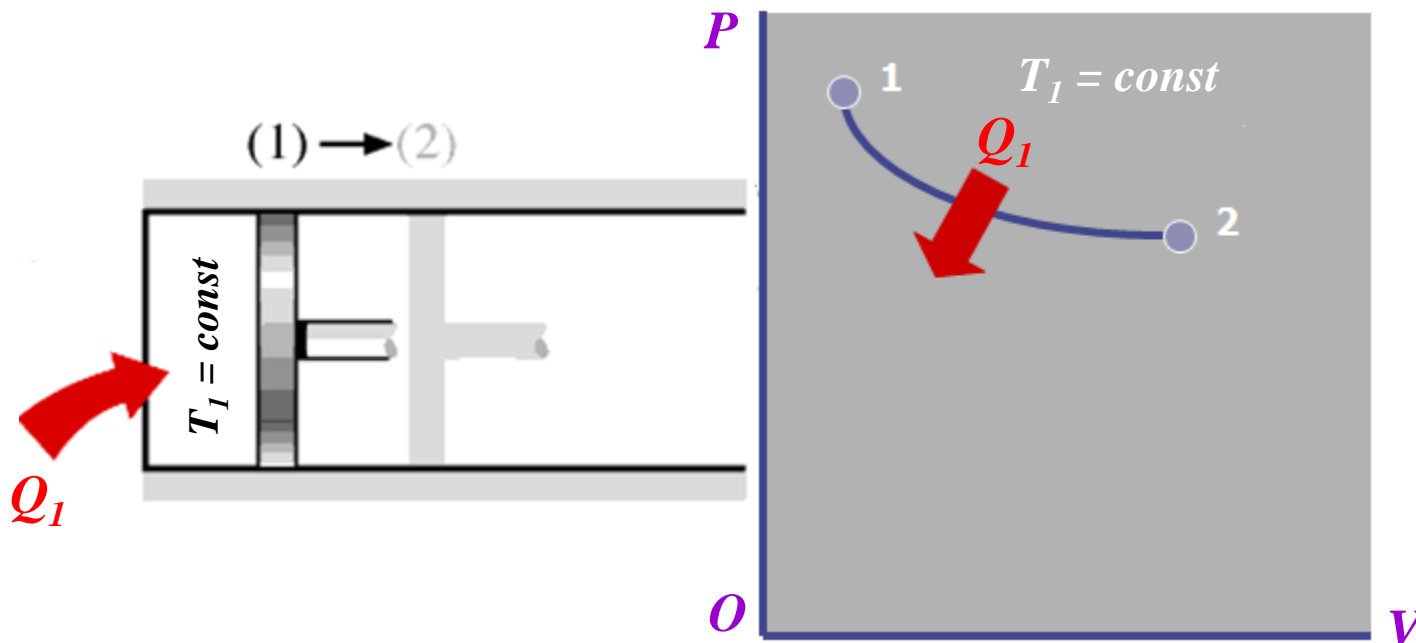
☞ Bao gồm 4 quá trình

♦ Quá trình $(1) \rightarrow (2)$ - giãn đẳng nhiệt thuận nghịch: Tác nhân nhận nhiệt Q_1 từ nguồn nóng có nhiệt độ T_1 và sinh công.



Nicolas Léonard Sadi Carnot

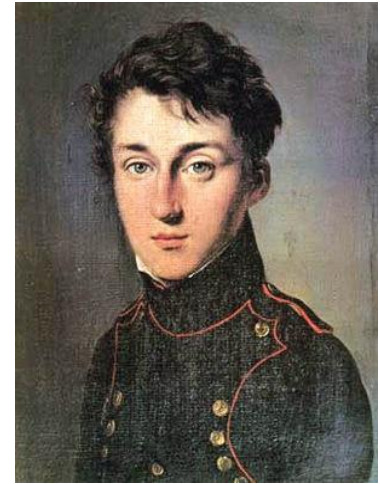
1769-1832



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

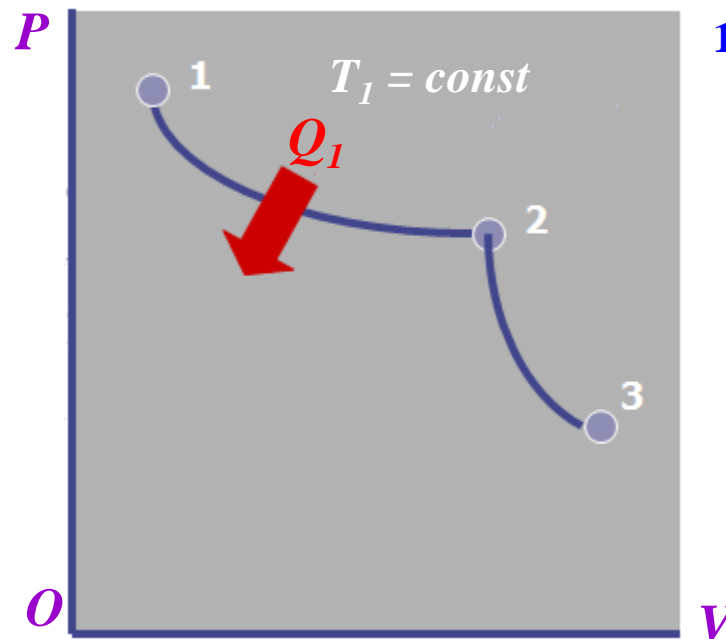
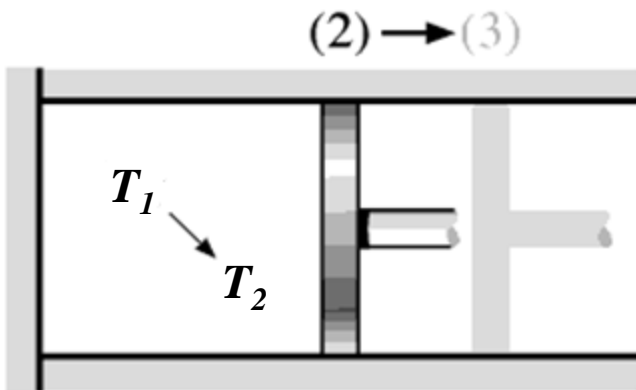
Chu trình Carnot thuận nghịch

♦ Quá trình (2) → (3) - giãn đoạn nhiệt thuận nghịch: Tác nhân sinh công và giảm nhiệt độ xuống tới nhiệt độ T_2 của nguồn lạnh.



Nicolas Léonard Sadi Carnot

1769-1832



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

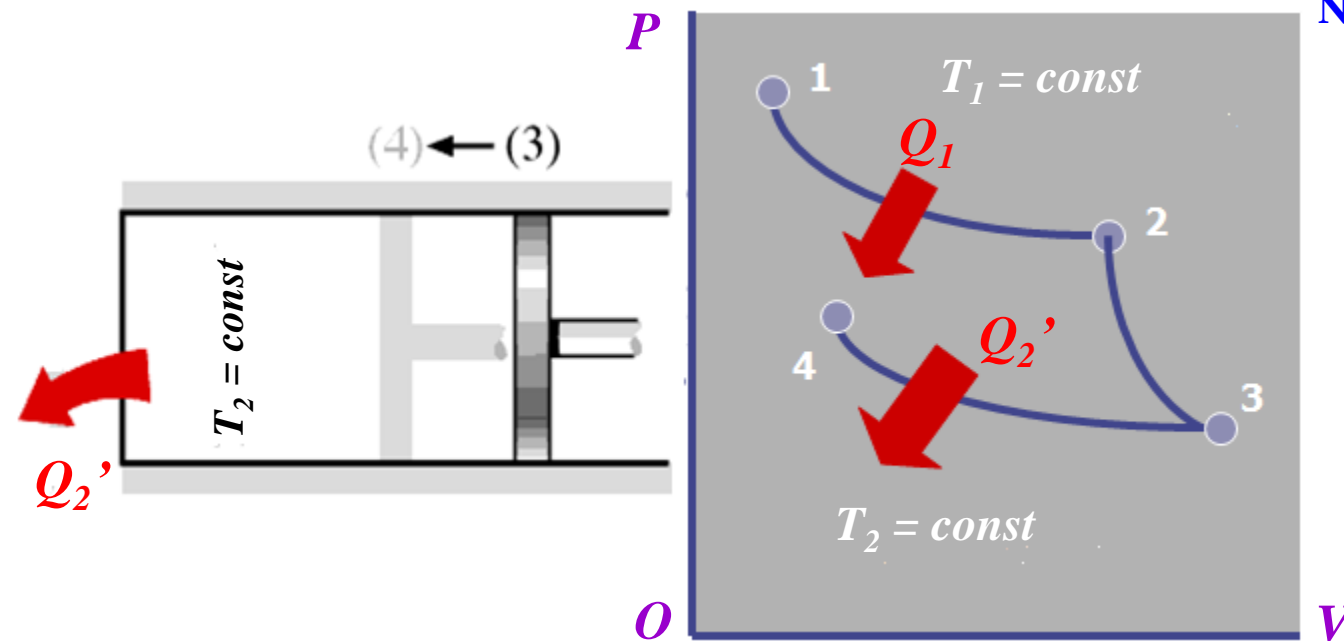
Chu trình Carnot thuận nghịch

♦ Quá trình (3) → (4) - nén đẳng nhiệt thuận nghịch: Tác nhân nhận công và tỏa nhiệt Q_2' cho nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 .



Nicolas Léonard Sadi Carnot

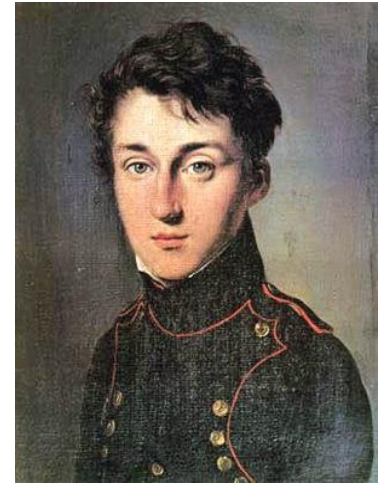
1769-1832



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

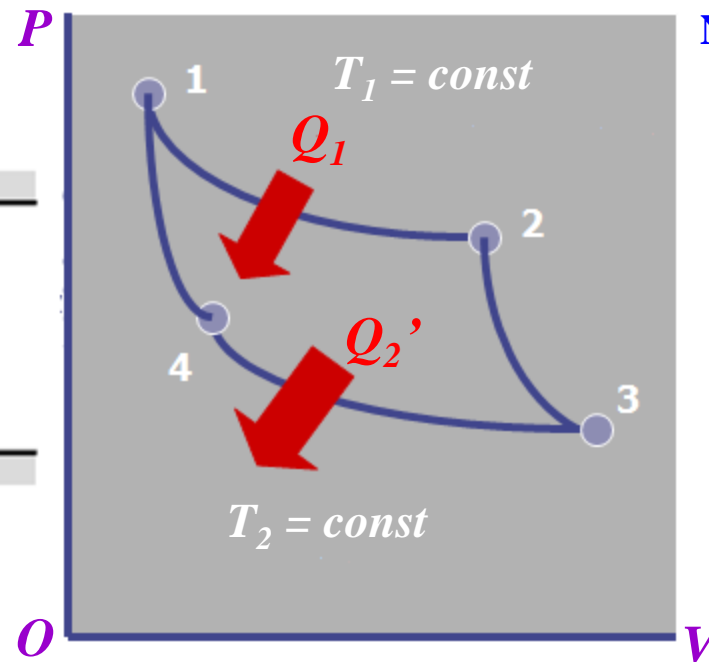
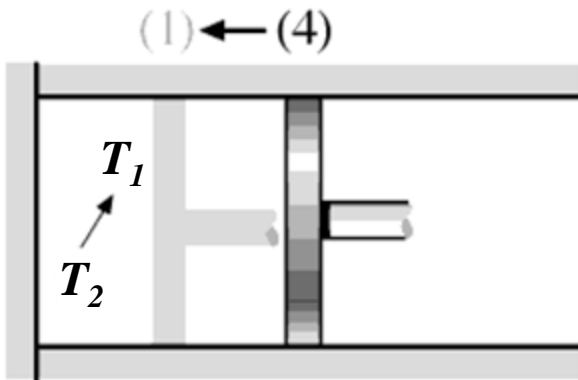
Chu trình Carnot thuận nghịch

♦ Quá trình (4) → (1) - nén đoạn nhiệt thuận nghịch: Tác nhận công và trở lại trạng thái ban đầu.



Nicolas Léonard Sadi Carnot

1769-1832



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Chu trình Carnot thuận nghịch

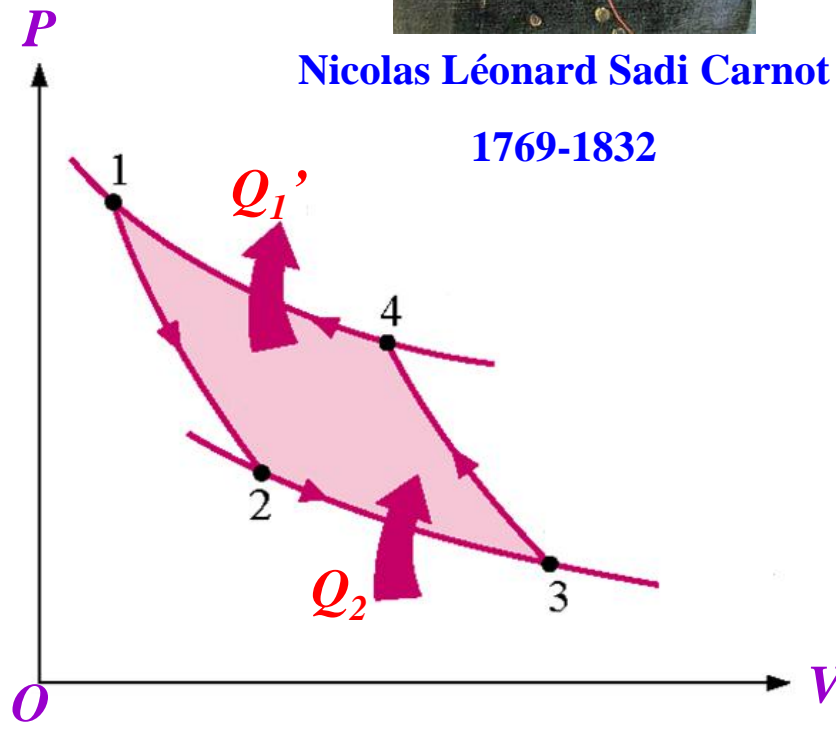
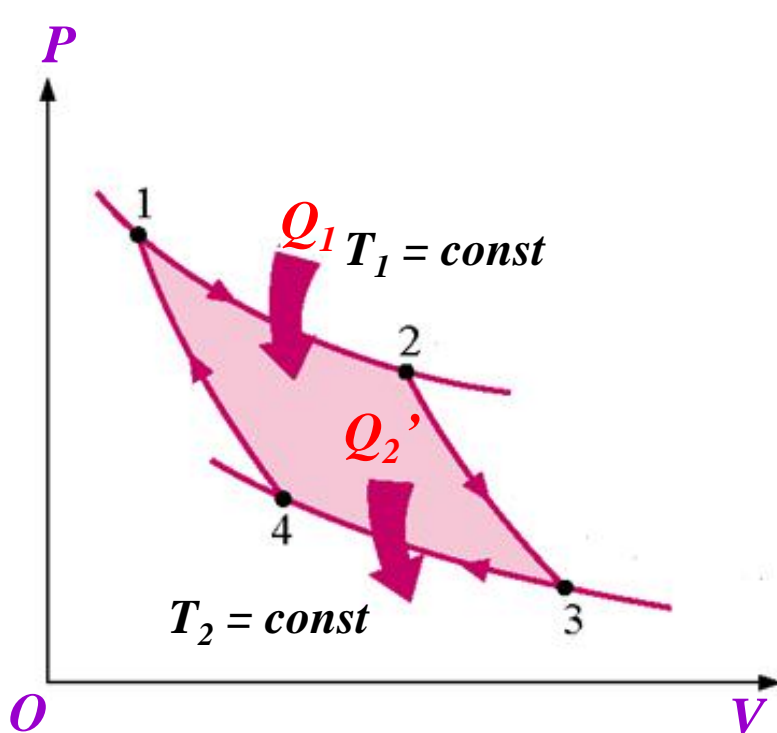
☞ Chu trình thể hiện máy nhiệt thuận nghịch

☞ Công sinh ra (hoặc nhận được) là được xác định bằng diện tích giới hạn bởi các đường cong mô tả quá trình cân bằng



Nicolas Léonard Sadi Carnot

1769-1832



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Hiệu suất chu trình

☞ Hiệu suất đc nhiệt: $\eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

◆ Nhiệt lượng tác nhân nhận được từ nguồn nóng $Q_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$

◆ Nhiệt lượng tác nhân nhả cho nguồn lạnh $Q_2' = -Q_2 = -\frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

◆ Với các quá trình đoạn nhiệt 2-3 và 4-1 $\left\{ \begin{array}{l} T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \\ T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$

☞ $\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

◆ *Hiệu suất chu trình Carnot thuận nghịch với tác nhân là khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh*

5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Định lý Carnot

Hiệu suất của mọi động cơ nhiệt thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh đều như nhau và không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo.

☞ Chứng minh

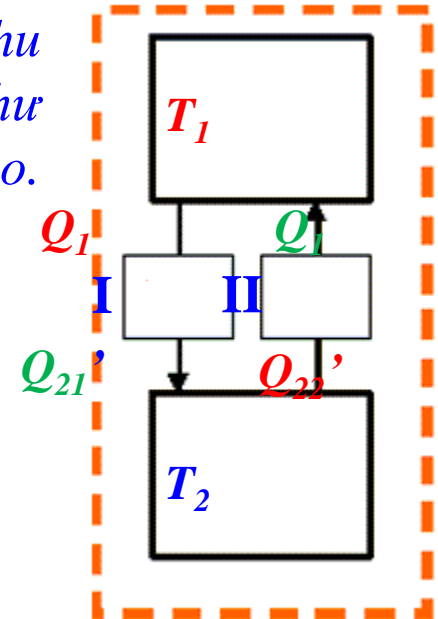
♦ 2 động cơ nhiệt (I và II) thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot có cùng nguồn nóng và nguồn lạnh
 $\Rightarrow \eta_{Ic1}$ và η_{c2}

$$\eta_{c1} = 1 - \frac{Q_{21}'}{Q_1} = \frac{A_1'}{Q_1} \quad \text{và} \quad \eta_{c2} = 1 - \frac{Q_{22}'}{Q_1} = \frac{A_2'}{Q_1}$$

♦ Nếu $\eta_{c1} > \eta_{c2} \Rightarrow Q_{21}' < Q_{22}'$ và $A_1' > A_2'$

♦ Ghép 2 động cơ với nhau: I theo chiều thuận và II theo chiều nghịch \Rightarrow II nhận một phần công A_2' của I, nhận nhiệt Q_{22}' từ nguồn lạnh T_2 và nhả nhiệt lượng cho nguồn nóng $T_1 \Rightarrow$ động cơ ghép chỉ nhận nhiệt $Q_{21}' - Q_{22}' < 0$ của nguồn lạnh T_2 duy nhất và sinh công $A_1' - A_2' > 0 \Leftrightarrow$ ĐCVC loại 2 \Rightarrow vô lý

♦ Kết quả tương tự nếu $\eta_{Ic1} < \eta_{c2} \Rightarrow \eta_{c1} = \eta_{c2}$



5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Định lý Carnot

Hiệu suất động cơ nhiệt không thuận nghịch nhỏ hơn hiệu suất động cơ nhiệt thuận nghịch.

☞ Chứng minh

♦ 2 động cơ nhiệt: (I) thuận nghịch và II không thuận nghịch cùng nhận nhiệt Q_1 từ nguồn nóng, có hiệu suất η_{tn} và η_{ktn}

♦ Động cơ II không thuận nghịch \Rightarrow tác nhân nhả nhiệt cho nguồn lạnh + truyền nhiệt do ma sát \Rightarrow để có hiệu suất tối thiểu như nhau $\Rightarrow Q_{22}' > Q_{21}'$

♦ Nhưng, theo biểu thức xác định hiệu suất

$$\eta_{tn} = 1 - \frac{Q_{21}'}{Q_1} \quad \text{và} \quad \eta_{ktn} = 1 - \frac{Q_{22}'}{Q_1}$$

$$\Rightarrow \eta_{ktn} < \eta_{tn}$$

♦ *Hiệu suất động cơ nhiệt chạy theo chu trình Carnot thuận nghịch là hiệu suất cực đại.*

$$\eta_{ktn} < \eta_{tn} < \eta_{tn-Carnot}$$

5. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Hệ quả định lý Carnot

☞ Hiệu suất cực đại của động cơ nhiệt chạy theo chu trình Carnot luôn nhỏ hơn 1.

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

- ◆ $\eta = 1$ khi $T_2/T_1 \rightarrow 0 \Leftrightarrow T_1 \rightarrow \infty$
 - ◆ Không thể tạo ra nguồn nóng có nhiệt độ lớn vô tận
- } Luôn có: $\frac{T_2}{T_1} \neq 0$

Hay: $\eta_{Cmax} < 1$

☞ Nhiệt không thể biến hoàn toàn thành công.

$$\eta_{Cmax} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow A'_{max} = \eta_{Cmax} \cdot Q_1$$

Do: $\eta_{Cmax} < 1$

} $A'_{max} < Q_1$

☞ Hiệu suất động cơ nhiệt càng lớn nếu nhiệt độ nguồn nóng (T_1) càng cao và nhiệt độ nguồn lạnh (T_2) càng thấp \Rightarrow nhiệt lượng nhận vào (Q_1) có khả năng biến thành công có ích (A') lớn hơn \Rightarrow nguồn nhiệt lấy từ vật có T cao sẽ chất lượng hơn từ vật có T thấp.

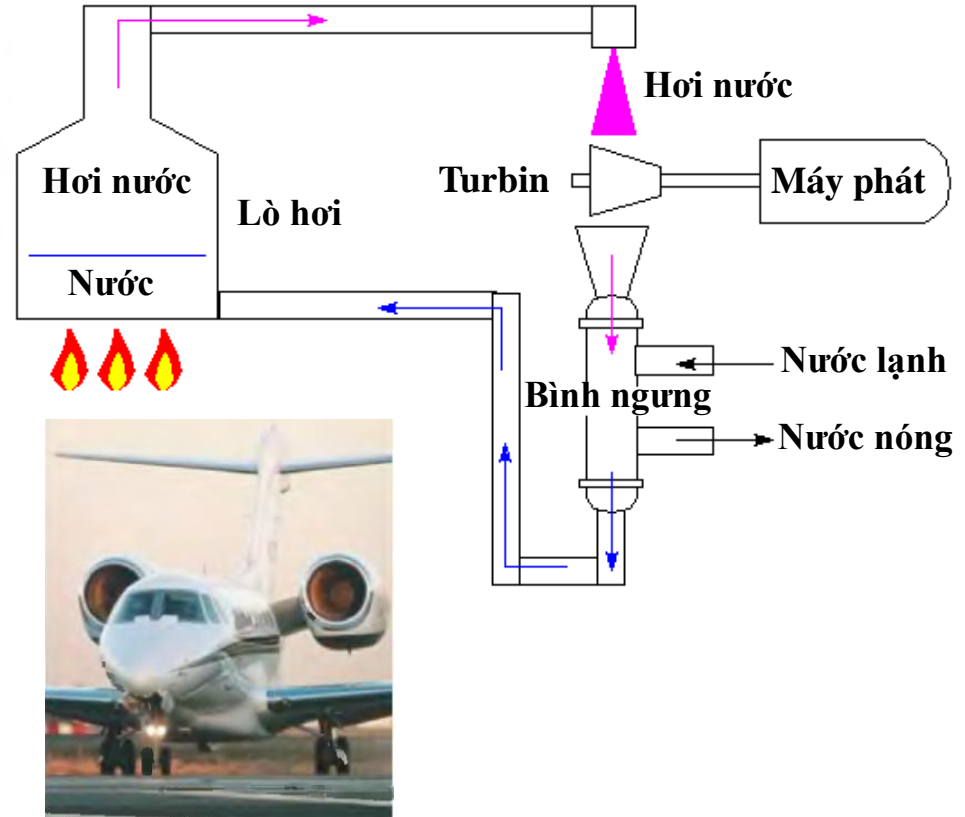
5. CHU TRÌNH CARNOT

Phương pháp để tăng hiệu suất động cơ nhiệt

☞ Tăng nhiệt độ nguồn nóng cao đến mức có thể và hạ nhiệt nguồn lạnh đến mức có thể.

Lưu ý:

- ◆ Nhiệt lượng lấy ở nguồn nhiệt độ cao tốt hơn nhiệt lượng lấy ở nguồn nhiệt thấp.
- ◆ Nhiệt độ nguồn lạnh không thể thấp hơn nhiệt độ làm lạnh có sẵn.
- ◆ Phải thiết kế và sử dụng vật liệu có sức bền cao cho bộ phận có nguồn nóng.



☞ Động cơ phải có chu trình làm việc giống động cơ thuận nghịch sao cho có thể tránh mất mát nhiệt nhận từ nguồn nóng do truyền nhiệt và ma sát.

5. CHU TRÌNH CARNOT

Biểu thức định lượng của nguyên lý 2

☞ Từ định lý Carnot $\Rightarrow \eta_{\text{tn-Carnot}}$ lớn nhất, tức là: $1 - \frac{Q_2'}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_2'}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1}$

☞ Nếu Q_2 là nhiệt, tác nhân nhận từ nguồn lạnh, khi đó, $Q_2 = -Q_2' \Rightarrow$ có:

$$-\frac{Q_2}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1} \Leftrightarrow -\frac{Q_2}{T_2} \geq \frac{Q_1}{T_1} \text{ hay } \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

♦ Dấu “=”: chu trình Carnot thuận nghịch

♦ Dấu “<”: chu trình Carnot không thuận nghịch

☞ Mở rộng ra, khi tác nhân nhận nhiệt lượng Q_1, Q_2, \dots, Q_n từ nhiều nguồn, có nhiệt độ, T_1, T_2, \dots, T_n , \Rightarrow có thể viết được:

$$\sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$$

♦ Nếu trong chu trình, nhiệt độ của hệ biến thiên liên tục \Leftrightarrow coi hệ tiếp xúc với vô số nguồn nhiệt có nhiệt độ T vô cùng gần nhau và mỗi lần tiếp xúc hệ nhận một nhiệt lượng δQ , khi đó có:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad (\text{bất đẳng thức Clausius})$$

(*biểu thức định lượng của nguyên lý 2 NDLH*)

5. CHU TRÌNH CARNOT

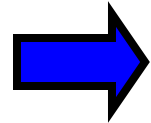
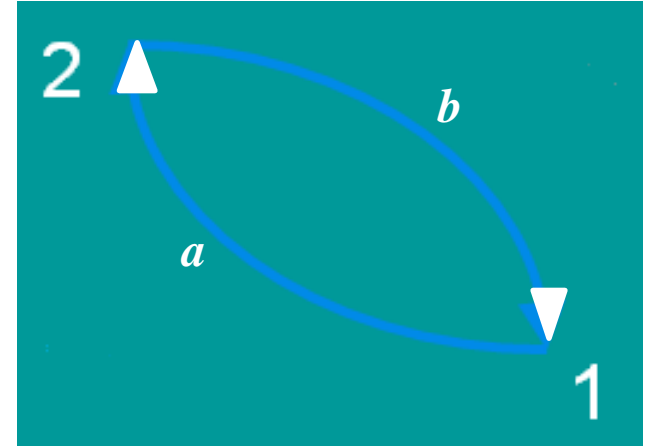
Tính chất tích phân Clausius

☞ Xét hệ biến đổi từ trạng thái (1) → (2) theo quá trình thuận nghịch (1a2), sau đó lại từ trạng thái (2) → (1) theo quá trình thuận nghịch (2b1).

$$\text{Có: } \int_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0 \Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\text{Hay: } \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{1b2} -\frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$

♦ chỉ phụ thuộc vào các trạng thái đầu và cuối của quá trình.



6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Khái niệm và tính chất Entropy

☞ Định nghĩa: Đại lượng vật lý (ký hiệu S) mà độ biến thiên của nó có giá trị bằng tích phân Clausius từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) theo một quá trình thuận nghịch.

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

♦ Dạng vi phân của S : $dS = \frac{\delta Q}{T}$

☞ Tính chất S :

♦ Có giá trị xác định tại mỗi trạng thái của hệ, và không phụ thuộc vào quá trình của hệ từ trạng thái này sang trạng thái khác $\Rightarrow S$ là hàm trạng thái.

♦ Có tính cộng được (entropy của 1 hệ cân bằng bằng tổng các entropy của từng phần riêng biệt).

♦ Được xác định sai kém 1 hằng số cộng: $S = S_0 + \int_{S_0}^S \frac{\delta Q}{T}$ ($S_0 = 0$ ở $T = 0$ K)

☞ Đơn vị: J/K

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Ý nghĩa Entropy

☞ Đặc trưng định lượng cho mức độ mất trật tự (hỗn loạn) của một hệ nhiệt động.

☞ Chứng minh: Xét quá trình giãn đẳng nhiệt vô cùng nhỏ của khí lý tưởng,

♦ Cấp nhiệt dQ cho khối khí và để khối khí giãn nở song vẫn đảm bảo nhiệt độ $T = \text{const} \Rightarrow$ quá trình có $dU = 0$.

♦ Áp dụng nguyên lý 1 có: $dQ = dA = pdV = \frac{nRT}{V} dV \Rightarrow \frac{dV}{V} = nR \frac{dQ}{T} (*)$

♦ dQ/T có mối quan hệ với tỷ số thay đổi tương đối của thể tích (VT của (*)):
Khi bị giãn \Leftrightarrow thể tích hệ tăng lên \Rightarrow các phân tử khí được di chuyển trong thể tích lớn hơn \Rightarrow tăng tính ngẫu nhiên vị trí \Rightarrow *mất trật tự hơn* hay, đó chính là *thước đo của quá trình mất trật tự*.

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Nguyên lý tăng Entropy

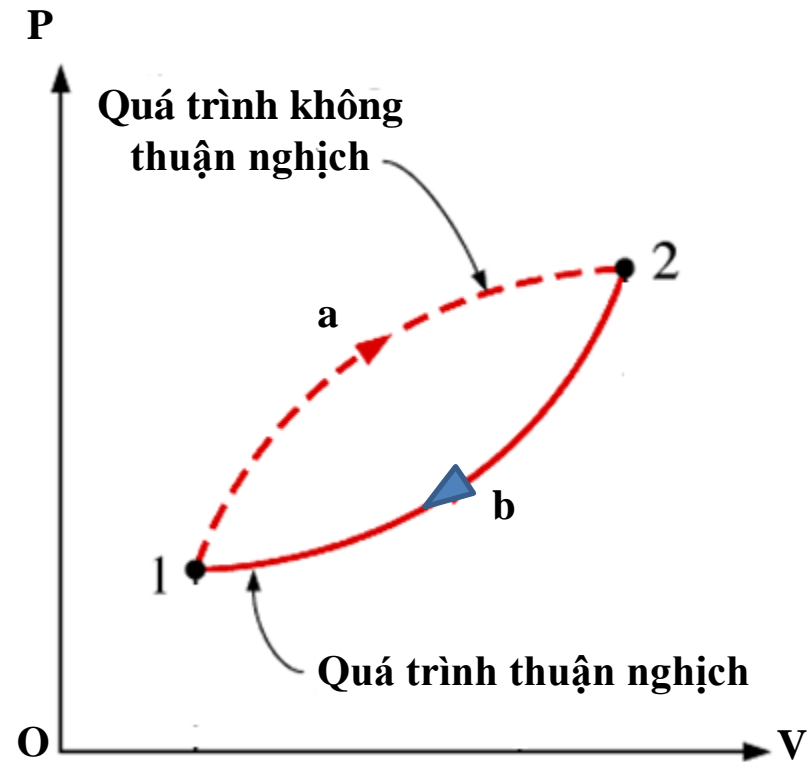
☞ Xét hệ biến đổi từ trạng thái (1) → (2) theo quá trình không thuận nghịch (1a2), sau đó lại từ trạng thái (2) → (1) theo quá trình thuận nghịch (2b1).

☞ Chu trình của hệ là không thuận nghịch

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

$$\Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\text{Hay: } \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{1b2} -\frac{\delta Q}{T} < 0 \quad \Rightarrow \quad \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = \Delta S$$



♦ Tích phân Clausius theo một quá trình không thuận nghịch từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) thì nhỏ hơn biến thiên entropy của hệ trong quá trình đó.

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Nguyên lý tăng Entropy

☞ Tổng quát: $\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T}$

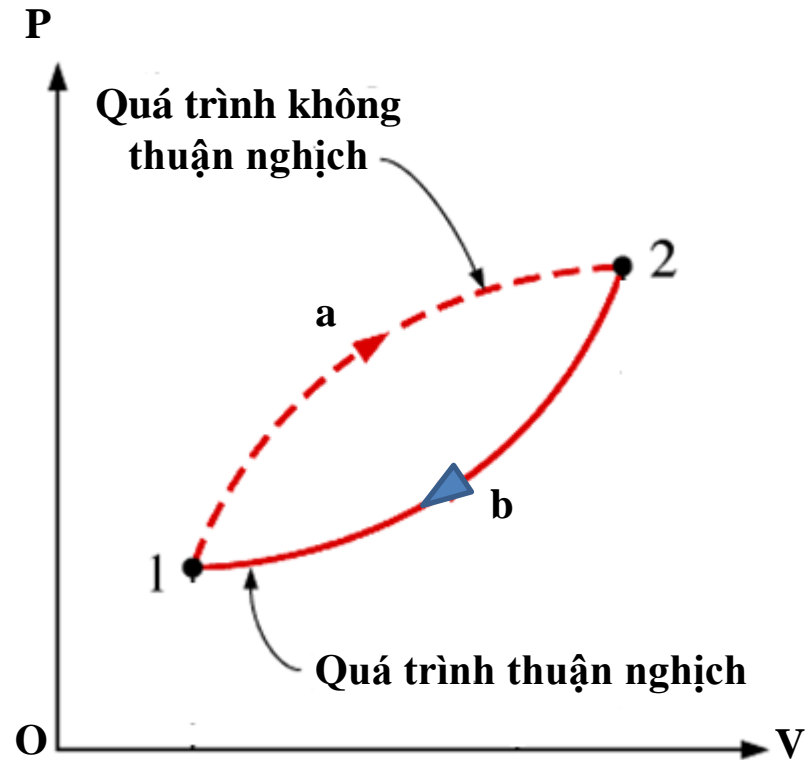
◆ Dấu “=”: quá trình thuận nghịch

◆ Dấu “<”: quá trình không thuận nghịch

☞ **Phát biểu:** trong một hệ cô lập, nếu quá trình diễn biến *thuận nghịch thì entropy của hệ không đổi* và nếu quá trình diễn biến *không thuận nghịch thì entropy của hệ luôn tăng* ($\Delta S > 0$).

◆ Trong một hệ cô lập, các quá trình nhiệt động thực luôn luôn xảy ra theo chiều entropy tăng hay một hệ cô lập thực không thể hai lần đi qua cùng một trạng thái.

◆ Khi entropy đạt giá trị cực đại, nó không tăng nữa, quá trình ngừng diễn biến \Rightarrow hệ đạt trạng thái cân bằng.



6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Ý nghĩa nguyên lý tăng Entropy

☞ Xét hệ cô lập gồm 2 vật (1) và (2) trao đổi nhiệt T_1 và T_2 với nhau.: vật (2) nhận nhiệt lượng $\delta Q_1 > 0$.

☞ Theo nguyên lý 1, vật (1) nhận nhiệt lượng: $\delta Q_1 = - \delta Q_2 < 0$.

$$dS = dS_1 + dS_2 = \frac{\delta Q_1}{T_1} + \frac{\delta Q_2}{T_2} = -\frac{\delta Q_2}{T_1} + \frac{\delta Q_2}{T_2} = \delta Q_2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

☞ Theo nguyên lý tăng entropy: $dS > 0$, do $\delta Q_2 > 0 \Rightarrow \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} > 0$

♦ Hay: $T_1 > T_2$

♦ *Vật nhận nhiệt phải có nhiệt độ thấp hơn vật nhả nhiệt \Rightarrow nguyên lý tăng entropy chỉ rõ chiều biến thiên của quá trình .*

☞ Khi entropy đạt giá trị cực đại: $dS = 0 \Rightarrow \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} = 0$ hay: $T_1 = T_2$

♦ *Quá trình trao đổi nhiệt kết thúc khi nhiệt độ 2 vật bằng nhau.*

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Ý nghĩa nguyên lý tăng Entropy

☞ Xét Chu trình Carnot: nguồn lạnh nhận nhiệt lượng ΔQ_2 , nguồn nóng nhả nhiệt lượng ΔQ_1 thông qua tác nhân.

☞ Do quá trình thuận nghịch \Rightarrow entropy toàn phần (tổng entropy S_1 của nguồn nóng và tổng entropy S_2 của nguồn lạnh) của hệ = const, tức là:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{\Delta Q_2}{T_2} - \frac{\Delta Q_1}{T_1} = 0$$
$$\Rightarrow \Delta Q_2 = \frac{T_2}{T_1} \Delta Q_1$$

☞ Công thực hiện trong một chu trình $A' = \Delta Q_1 - \Delta Q_2$

☞ Hiệu suất chu trình: $\eta_c = \frac{A'}{\Delta Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Thuyết chết nhiệt

☞ Vũ trụ là hệ cô lập

◆ Khi $S \rightarrow S_{\max} \Rightarrow$ cân bằng nhiệt

◆ Các quá trình biến đổi dừng lại \Rightarrow sự sống chấm dứt

☞ Sai lầm của thuyết

◆ Mâu thuẫn với định luật bảo toàn và biến đổi NL - các quá trình biến đổi NL không bao giờ dừng lại.

◆ Thực nghiệm quan sát của vật lý thiên văn: có vùng có trạng thái cân bằng nhiệt động \Rightarrow tương ứng sự suy thoái và chết của các ngôi sao già; có vùng có nhiệt độ cao \Rightarrow có quá trình biến đổi ứng với sự giảm entropy (thăng giáng lớn) \Rightarrow tương ứng sự xuất hiện các ngôi sao mới.

◆ Không xét đến ảnh hưởng của trường hấp dẫn vũ trụ \Rightarrow vật chất trong vũ trụ tản ra (dãn nở) \Rightarrow tiếp tục bị phân rã, tạo thành các thiên hà, sao \Rightarrow entropy tăng \Rightarrow không dẫn tới trạng thái đẳng nhiệt đồng đều.



6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Mối quan hệ của hàm nội năng U với Entropy

☞ Nguyên lý 1 NĐLH: $dU = \delta Q + \delta A$

◆ Do: $\delta A = -pdV$

◆ Nguyên lý 2 NĐLH: $\delta Q = TdS$

☞ Nội năng: $dU = TdS - pdV \Rightarrow U$ là hàm của S và V : $U = U(S, V)$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S dV$$

◆ $U = \text{const}$ khi $S = \text{const}$ và $V = \text{const} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} T = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V \\ p = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S \end{array} \right.$

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Tính độ biến thiên entropy của khí lý tưởng

☞ Xét quá trình biến đổi thuận nghịch từ trạng thái 1 (p_1, V_1, T_1) sang trạng thái 2 (p_2, V_2, T_2) :

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

☞ Quá trình đoạn nhiệt ($\delta Q = 0$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow S_1 = S_2$$

☞ Quá trình đẳng nhiệt ($T = \text{const}$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int_1^2 \delta Q = \frac{Q}{T}$$

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

Tính độ biến thiên entropy của khí lý tưởng

☞ Quá trình thuận nghịch bất kỳ

♦ Từ nguyên lý 1 NĐLH: $\delta Q = dU - \delta A$

$$dU = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} dT = \frac{m}{\mu} C_V dT \quad \text{và} \quad \delta A = -pdV = -\frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV = -\frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V}$$

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

$$\diamond \Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{m}{\mu} C_V \int_1^2 \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \int_1^2 \frac{dV}{V} = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Do $R = C_p - C_V$ và từ phương trình trạng thái khí lý tưởng, có: $T = \frac{pV\mu}{mR}$

$$\diamond \Delta S = \frac{m}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$$

6. ENTROPY -NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

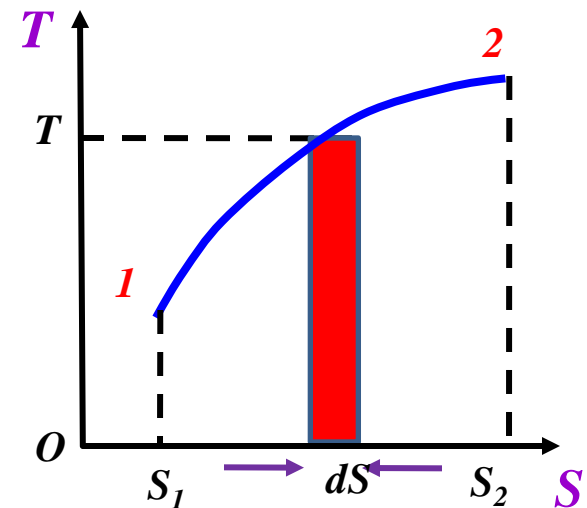
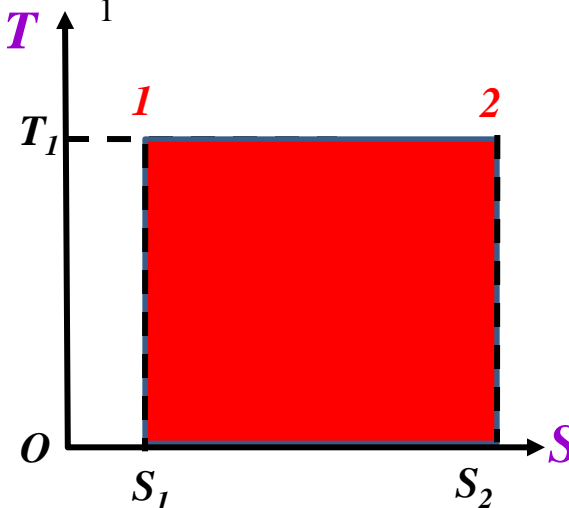
Tính độ biến thiên entropy của khí lý tưởng

☞ Quá trình đẳng áp ($P = \text{const}$): $\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$

☞ Quá trình đẳng tích ($V = \text{const}$): $\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{P_2}{P_1}$

Tính nhiệt lượng bằng đồ thị entropy

☞ $Q = \int_1^2 \delta Q = \int_1^2 T dS = T(S_2 - S_1) = T\Delta S$



Những nội dung cần lưu ý

- 1. Hạn chế của nguyên lý 1 NĐLH.**
- 2. Nguyên lý 2 NĐLH (2 cách phát biểu của Clausius và Thompson) và hệ quả.**
- 3. Chu trình Carnot thuận nghịch (khái niệm, đồ thị mô tả quá trình và biểu thức tính hiệu suất của động cơ hoạt động theo chu trình này).**
- 4. Nội dung định lý Carnot và phương pháp tăng hiệu suất các động cơ nhiệt.**
- 5. Tích phân Clausius, biểu thức định lượng của nguyên lý 2 NĐLH, tính chất tích phân Clausius.**
- 6. Entropy: Định nghĩa, các tính chất và ý nghĩa.**
- 7. Nguyên lý tăng entropy: Nội dung và ý nghĩa.**

