

CHƯƠNG III: NGUYÊN LÝ II NHIỆT ĐỘNG HỌC

- Thiếu sót của Nguyên lý I:

Trong NLI không cho ta biết chiều diễn biến thực tế của quá trình, chất lượng nhiệt và công trong quá trình chuyển hóa: Công có thể hoàn toàn biến thành nhiệt, còn nhiệt không thể nào hoàn toàn biến thành công.

III.1. Quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch

1. Quá trình thuận nghịch:

Là quá trình khi tiến hành theo chiều ngược lại thì nó đi qua tất cả các trạng thái trung gian như chiều thuận. Đó là quá trình lý tưởng, không có ma sát và môi trường xung quanh không bị 1 sự biến đổi nào cả.

Đường biểu diễn là đường liên tục: _____

2. Quá trình không thuận nghịch:

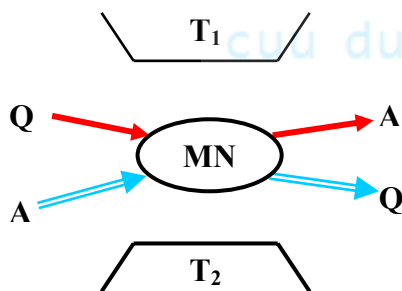
Là quá trình khi tiến hành theo chiều ngược lại, nó không đi qua tất cả các trạng thái trung gian như chiều thuận. Đó là quá trình thực tế, có ma sát và môi trường xung quanh bị sự biến đổi.

Đường biểu diễn là đường đứt quãng: - - - - -

III.2. Máy nhiệt

1. Định nghĩa:

Máy nhiệt là 1 hệ làm việc tuần hoàn (theo 1 chu trình) biến đổi nhiệt thành công hoặc biến đổi công thành nhiệt, làm việc ở 2 nguồn: T_1 nóng, T_2 lạnh. Máy nhiệt được chia làm 2 loại: động cơ nhiệt và máy làm lạnh.



2. Động cơ nhiệt:

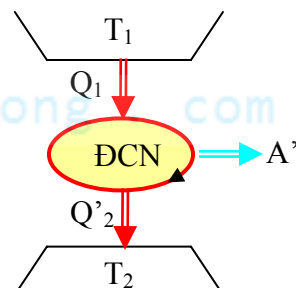
a/ **Định nghĩa:** là máy nhiệt biến nhiệt thành công, bằng cách: “Nhận nhiệt từ nguồn nóng Q_1 , nhả nhiệt ra nguồn lạnh Q'_2 để cung cấp ra ngoài 1 công A' ”.

b/ **Hiệu suất động cơ nhiệt:** $\eta = \frac{A'}{Q_1}$

Chu trình kín: $\Delta U = 0 = A + Q_1 + Q_2$
 $= -A' + Q_1 - Q'_2$

$$\Rightarrow A' = Q_1 - Q'_2$$

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

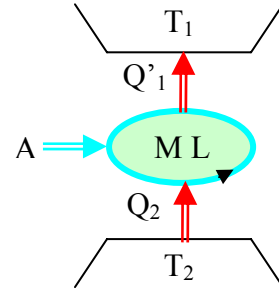


3. Máy lạnh:

a/ **Định nghĩa:** là máy nhiệt biến công thành nhiệt, bằng cách: “Nhận 1 công A để lấy nhiệt từ nguồn lạnh Q_2 , nhả nhiệt ra nguồn nóng Q'_1 ”.

b/ **Hệ số làm lạnh:** $\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$

$$\begin{aligned}\Delta U &= 0 = A + Q_1 + Q_2 \\ &= A - Q'_1 + Q_2 \\ \Rightarrow A &= Q'_1 - Q_2 \\ \Rightarrow \varepsilon &= \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2}\end{aligned}$$



Lưu ý:

- Trong giản đồ pV: Nếu chiều của chu trình:
 - Chiều chu trình theo chiều kim đồng hồ: động cơ nhiệt
 - Chiều chu trình ngược chiều kim đồng hồ: máy lạnh
- Khi cần tính η hay ε :

- Nếu là động cơ nhiệt: cộng tất cả các $Q > 0$ cho bằng Q_1 , $Q < 0$ cho bằng $Q_2 \Rightarrow Q'_2 = -Q_2$

$$\left. \begin{aligned} \sum Q > 0 &= Q_1 \\ \sum Q < 0 &= Q_2 \Rightarrow Q'_2 = -Q_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$$

- Nếu là máy lạnh: cộng tất cả $Q > 0$ cho bằng Q_2 , $Q < 0$ cho bằng $Q'_1 \Rightarrow Q'_1 = -Q_1$

$$\left. \begin{aligned} \sum Q > 0 &= Q_2 \\ \sum Q < 0 &= Q'_1 \Rightarrow Q_1 = -Q'_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \varepsilon = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2}$$

III.3. Nguyên lý II NĐH:

1. Phát biểu của Claudius:

“Nhiệt không thể truyền từ vật lạnh sang vật nóng hơn”

2. Phát biểu của Thompson:

“Không thể chế tạo được 1 máy làm việc tuần hoàn biến đổi liên tục từ nhiệt thành công bằng cách làm lạnh một vật mà môi trường xung quanh không bị biến đổi nào cả. Đó là động cơ vĩnh cửu loại II”.

(Do đó ta biết được chiều của quá trình và chất lượng nhiệt và công quá trình chuyển hóa năng lượng)

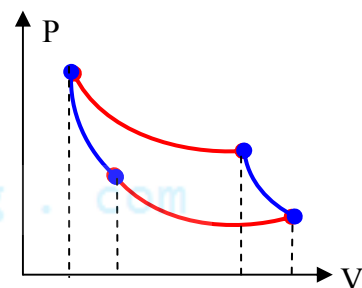
III.4. Chu trình Carnot và định lý Carnot:

1. Chu trình Carnot thuận nghịch:

Gồm 2 quá trình đẳng nhiệt thuận nghịch ($T_1 > T_2$) và 2 quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch.

- Xét động cơ nhiệt:

$$\left\{ \begin{aligned} Q_{12} &= \frac{m}{\mu} RT_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 = Q_1 \\ Q_{23} &= 0 \\ Q_{34} &= \frac{m}{\mu} RT_2 \cdot \ln \frac{V_4}{V_3} < 0 = Q_2 \Rightarrow Q'_2 = -Q_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \cdot \ln \frac{V_3}{V_4} \\ Q_{41} &= 0 \end{aligned} \right.$$



Trong chu trình Carnot tỷ số thể tích đẳng cạnh bằng nhau:

$$\frac{V_1}{V_4} = \frac{V_2}{V_3} \text{ hay } \Leftrightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\left. \begin{aligned} 2 \xrightarrow{Q=0} 3 : T_1 V_2^{\gamma-1} &= T_2 V_3^{\gamma-1} \\ 4 \xrightarrow{Q=0} 1 : T_2 V_4^{\gamma-1} &= T_1 V_1^{\gamma-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} \text{ hay } \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{Hiệu suất động cơ nhiệt theo chu trình Carnot}$$

Tóm tắt bài giảng phần Nhiệt của GVC :Nguyễn – Minh - Châu

- Xét máy lạnh: (chiều mũi tên ngược chiều kim đồng hồ)

$$\begin{cases} Q_{14} = 0 \\ Q_{43} = \frac{m}{\mu} RT_2 \cdot \ln \frac{V_3}{V_4} > 0 = Q_2 \\ Q_{32} = 0 \\ Q_{21} = \frac{m}{\mu} RT_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_2} < 0 = Q'_1 \Rightarrow Q_1 = -Q'_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

2. Định lý Carnot:

- Hiệu suất của tất cả các động cơ thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot có cùng nguồn nóng và nguồn lạnh đều bằng nhau, không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo máy.

- Hiệu suất động cơ thuận nghịch nhỏ hơn hay bằng hiệu suất Carnot thuận nghịch

$$\eta_m \leq \eta_{mC}$$

- Hiệu suất động cơ không thuận nghịch nhỏ hơn động cơ thuận nghịch

$$\eta_{otn} \leq \eta_m$$

Từ định lý Carnot ta rút ra những kết luận quan trọng sau:

- Nhiệt không thể hoàn toàn biến thành công (vì hiệu suất < 1)
- Hiệu suất động cơ nhiệt càng lớn khi nhiệt độ của nguồn nóng càng tăng và nhiệt độ của nguồn lạnh càng giảm.

❖ Tóm tắt:

$$\begin{aligned} \bullet \eta_C &= \frac{A'}{Q_1} = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \\ \bullet \varepsilon_C &= \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \\ \bullet \eta_{mC} &\succ \eta_{tn} \succ \eta_{otn} \end{aligned}$$

III.5 Biểu thức định lượng NL II NDH:

$$\eta_{0tn} \prec \eta_{tn} \leq \eta_{Ctn}$$

- Đối với nhiệt gồm 2 nguồn nhiệt:

$$1 - \frac{T_2}{T_1} \geq 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} \leq \frac{Q'_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

- Đối với nguồn nhiệt rời rạc:

$$\sum \left(\frac{Q_i}{T_i} \right) \leq 0 \quad \begin{cases} = : \text{chu trình thuận nghịch} \\ < : \text{chu trình không thuận nghịch} \end{cases}$$

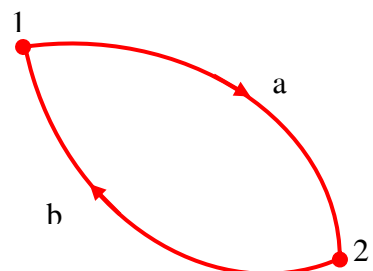
- Đối với nguồn nhiệt liên tục:

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

➤ Xét 1 chu trình thuận nghịch: gồm 2 quá trình thuận nghịch:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = - \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$



- Ta thấy $\int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$ theo các quá trình thuận nghịch từ (1)→(2) phụ thuộc trạng thái và không phụ thuộc quá trình

III.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng entropy:

1. Hàm Entropy S: hàm entropy

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \quad dS = \frac{\delta Q}{T} \quad [J/^{\circ}K]$$

d: hàm trạng thái

δ: hàm của quá trình

➤ Tính chất của entropy cũng tương tự như tính chất của nội năng:

- S là hàm trạng thái, nghĩa là mọi trạng thái của hệ có giá trị xác định và không phụ thuộc vào quá trình của hệ từ trạng thái này sang trạng thái khác.
- S là 1 đại lượng mang tính chất cộng: Entropy của 1 hệ cân bằng nhiệt động thì bằng tổng Entropy của từng thành phần riêng biệt của hệ.

- Entropy được xác định sai kém bằng 1 hằng số cộng: $S = \int \frac{\delta Q}{T_o} + S_o$

- Xét 1 chu trình không thuận nghịch:

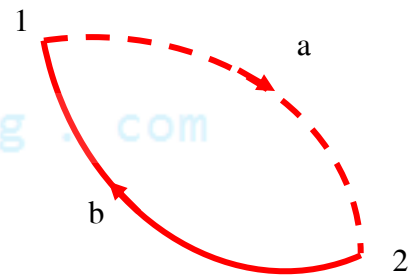
1a2: không thuận nghịch

2b1: thuận nghịch

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

$$\Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = - \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} \Rightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = \Delta S$$

$$\Rightarrow \Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} = : \text{quá trình thuận nghịch} \\ > : \text{quá trình không thuận nghịch} \end{array} \right.$$



2. Nguyên lý tăng entropy

a. Đối với 1 hệ không cô lập: tùy theo dấu và giá trị của nhiệt nhận vào trong 1 chu trình thuận nghịch, ΔS có thể có giá trị dương, âm hoặc = 0, có nghĩa là entropy $\uparrow$, $\downarrow$ hay không đổi.

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Nhận nhiệt: } Q > 0, \Delta S > 0 \\ \text{Tỏa nhiệt: } Q < 0, \Delta S < 0 \\ \text{Đoản nhiệt: } Q = 0, \Delta S = 0 \end{array} \right.$$

b. Đối với 1 hệ cô lập: (không trao đổi nhiệt với bên ngoài): $\delta Q = 0 \rightarrow \Delta S \geq 0$

$$\Delta S \geq 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} = : \text{quá trình thuận nghịch} \\ > : \text{quá trình không thuận nghịch} \end{array} \right.$$

➤ Trong thực tế các quá trình nhiệt động đều là không thuận nghịch, nên ta có nguyên lý tăng entropy: “Đối với quá trình nhiệt động thực tế xảy ra ở 1 hệ cô lập thì entropy của hệ luôn luôn tăng”.

❖ Tóm tắt:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bullet \sum \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \\ \bullet \oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} < : \text{ chu trình không thuận nghịch} \\ = : \text{ chu trình thuận nghịch} \end{array} \right.$$

• Hàm Entropy:

$$\Delta S = \int_m \frac{\delta Q}{T}, \quad dS = \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} = : \text{ quá trình thuận nghịch} \\ > : \text{ quá trình không thuận nghịch} \end{array} \right.$$

• Đối với hệ không cô lập: chu trình thuận nghịch

$$\Delta S = \frac{\delta Q}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta S > 0 : \text{ nhận nhiệt} \\ \Delta S < 0 : \text{ tỏa nhiệt} \\ \Delta S = 0 : \text{ đoạn nhiệt} \end{array} \right.$$

• Đối với hệ cô lập: $\delta Q = 0$

$$\Delta S \geq 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} = : \text{ quá trình thuận nghịch} \\ > : \text{ quá trình không thuận nghịch} \end{array} \right.$$

• Nếu $\Delta S > 0$: nguyên lý tăng entropy

2.7 Tính độ biến thiên entropy

2.7.1 Đối với khí lý tưởng:

a/ Quá trình đoạn nhiệt: $\delta Q = 0 \Rightarrow \Delta S = \frac{\delta Q}{T} = 0$

b/ Quá trình bất kỳ:

$$S_2 - S_1 = \Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

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

2.7.2 Đối với 1 chất bất kỳ (khí, hơi, lỏng, rắn)

a/ Chất nhận hay nhả nhiệt (chất thay đổi nhiệt độ)

$$\delta Q = mc.dT$$

$$\Rightarrow \Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = mc \int \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S = mc \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

m: khối lượng chất (kg)
c: nhiệt dung riêng chất

b/ Đối với 1 chất bất kỳ chuyển pha: $T = \text{hằng số}$

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q = mL \\ Q = m\lambda \end{array} \right.$$

T: nhiệt độ chuyển pha

λ : Nhiệt nóng chảy

L: Nhiệt hóa hơi

Lưu ý

1. Tính công trực tiếp bằng đồ thị p-V

$$\delta A = -p.dV$$

Công nhận được trong quá trình từ 1-2 được biểu diễn bằng đồ thị p-V có giá trị bằng diện tích hình 1 2 V₁ V₂.

- Công có giá trị dương khi V↓.
- Công có giá trị âm khi V↑.

2. Tính nhiệt trực tiếp bằng đồ thị T-S

$$\delta Q = T.dS$$

Nhiệt nhận được trong quá trình từ 1-2 được biểu diễn bằng đồ thị T-S có giá trị bằng diện tích hình 1 2 S₁ S₂.

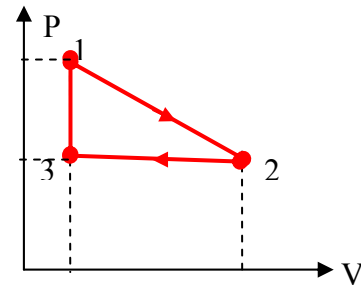
- Nhiệt có giá trị dương khi S↑.
- Nhiệt có giá trị âm khi S↓.

Ý nghĩa thống kê của entropy và nguyên lý thứ hai

1. Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh sang vật nóng hơn: entropy của hệ cô lập không thể giảm: hệ biến đổi không thuận nghịch từ trạng thái không cân bằng đến trạng thái cân bằng (S_{max}) và không thể tự động trở lại trạng thái không cân bằng trước được.

2. Entropy là thông số trạng thái độc lập nhưng không đo trực tiếp được, mà chỉ đo gián tiếp với độ chính xác tới một hằng số cộng..

3. Entropy là thước đo mức độ hỗn loạn của các phân tử trong hệ



cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com