

# Chương 9

## Nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học

# § 1. Những hạn chế của nguyên lý thứ I NĐLH

Tất cả các quá trình vĩ mô xảy ra trong tự nhiên đều phải tuân theo nguyên lý I. Nhưng một quá trình vĩ mô phù hợp với nguyên lý I có thể vẫn không xảy ra trong thực tế.

Ví dụ: Xét 1 hệ cô lập gồm 2 vật tiếp xúc nhiệt.

Theo nguyên lý I thì nhiệt lượng mà vật này tỏa ra bằng nhiệt lượng vật kia thu vào, còn trong quá trình trao đổi nhiệt đó dù cho nhiệt truyền từ vật nóng sang lạnh hay từ vật lạnh sang nóng đều không vi phạm nguyên lý I.

Trong thực tế nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Sự truyền nhiệt theo chiều ngược lại không xảy ra.

**Vậy Nguyên lý I có những hạn chế:**

- ✓ Nguyên lý I Không cho biết chiều diễn biến của quá trình xảy ra trong thực tế ; Nhiệt truyền *tự nhiên* từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn. Không có quá trình tự nhiên ngược lại.
- ✓ Không nêu lên được sự khác nhau trong quá trình chuyển hóa giữa công và nhiệt (A có thể chuyển thành Q, nhưng Q không thể chuyển hóa hoàn toàn thành công được.
- ✓ Không đánh giá được chất lượng nhiệt

## § 2. Quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch

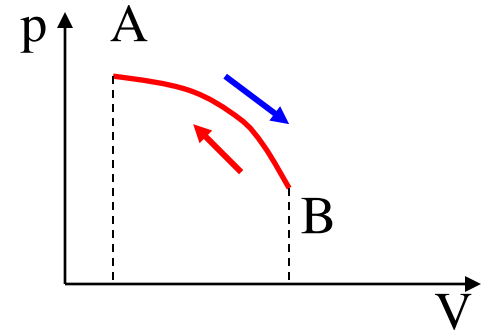
### I. Định nghĩa

#### 1. Quá trình thuận nghịch (QTTN)

*Một quá trình biến đổi của hệ từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 được gọi là thuận nghịch khi nó có thể tiến hành theo chiều ngược lại và trong QT ngược lại đó hệ đi qua những trạng thái trung gian như trong QT thuận.*

**Chú ý:**

- ✓ QT thuận nghịch chính là QT cân bằng
- ✓ Công mà hệ sinh ra trong QT thuận có giá trị bằng công mà hệ nhận được từ bên ngoài. Do đó khi hệ trở về trạng thái ban đầu, môi trường xung quanh không xảy ra biến đổi nào ( $\Delta U=0$ ,  $A=0 \rightarrow Q=0$ )



## 2. QT không thuận nghịch (QT không TN)

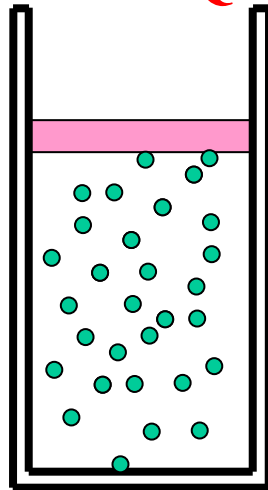
*QT không TN là QT khi tiến hành theo chiều ngược lại, hệ không qua đầy đủ các trạng thái ban đầu như trong QT thuận.*

Công và nhiệt mà hệ nhận vào trong QT nghịch không bằng công và nhiệt mà hệ sinh ra trong QT thuận. Vì vậy sau khi tiến hành QT thuận và QT nghịch để đưa hệ về trạng thái ban đầu thì *môi trường xung quanh bị biến đổi*.

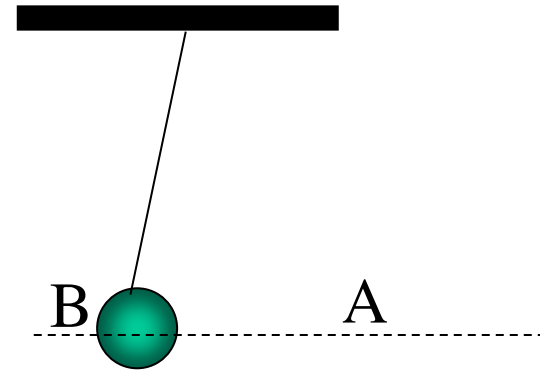
## II. Thí dụ về QTTN và QT không TN

### 1. QTTN

Quá trình  
giãn đoạn  
nhiệt vô  
cùng chậm:



*Mọi quá trình cơ học không ma sát đều là QTTN*



Dao động của con lắc không ma sát có nhiệt độ bằng nhiệt độ bên ngoài: QTTN

## 2. Thí dụ về quá trình không thuận nghịch (QT không TN)

TN chứng tỏ: Mọi quá trình vĩ mô thực bao giờ cũng có trao đổi nhiệt với bên ngoài  $\rightarrow$  Mọi quá trình vĩ mô thực tế đều là những quá trình không thuận nghịch

- Ví dụ các quá trình có ma sát: Do có ma sát, trong QT thuận, một phần công biến thành nhiệt và nếu tiến hành QT ngược thì một phần công nữa lại biến thành nhiệt. Kết quả cuối cùng, có một phần công biến thành nhiệt. Thực nghiệm xác nhận nhiệt đó chỉ làm nóng vật chứ không biến thành công được.

- Các QT truyền nhiệt từ vật nóng  $\rightarrow$  vật lạnh: đều là QT không TN

### III. Ý nghĩa của việc nghiên cứu QTTN và QT không TN

- ✓ *Chiều diễn biến của các QT không TN:* Trong QT không TN, trong hai chiều diễn biến chỉ có 1 chiều QT xảy ra tự phát, không cần tác dụng bên ngoài. Chiều diễn biến tự phát đảm bảo cho hệ tiến tới trạng thái cân bằng. Khi hệ đã ở trạng thái cân bằng nó không thể tự phát để tới trạng thái không cân bằng.
- ✓ *Về mặt trao đổi công và nhiệt:*
  - QTTN không thu công và nhiệt của môi trường;
  - QT không TN muốn xảy ra phải thu nhiệt hoặc công của môi trường.
  - Nếu thực hiện QTTN sẽ có lợi về nhiệt và công hơn các QT không TN -> ứng dụng trong chế tạo động cơ nhiệt

## § 3. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học

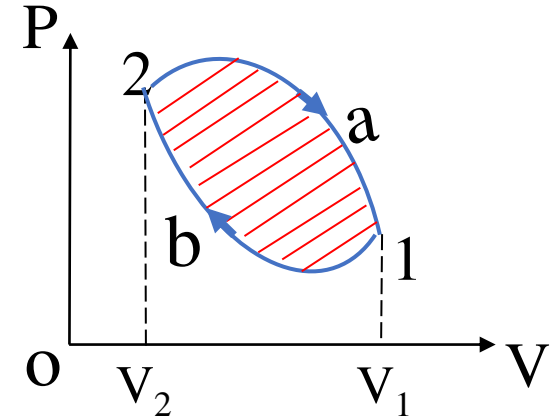
### I. Máy nhiệt

*Là một hệ biến công thành nhiệt hoặc biến nhiệt thành công*

- Các bộ phận của máy nhiệt:
  - ✓ Tác nhân: là các chất vận chuyển trong máy nhiệt.
    - Làm nhiệm vụ biến  $Q \rightarrow A$  hoặc  $A \rightarrow Q$
    - Tác nhân biến đổi theo các chu trình
  - ✓ Nguồn nhiệt: Nguồn nóng, nguồn lạnh
- Hai loại máy nhiệt:
  - ✓ Động cơ nhiệt: Biến nhiệt  $\rightarrow$  công
  - ✓ Máy làm lạnh: Biến công  $\rightarrow$  nhiệt

# ĐỘNG CƠ NHIỆT:

- ✓ Chức năng: Máy biến nhiệt thành công (Máy hơi nước, động cơ đốt trong).
- ✓ Tác nhân:
  - Hơi nước (trong máy hơi nước)
  - Khí cháy (trong động cơ đốt trong).
- ✓ Nguồn nóng:
  - Nồi súp de (trong máy hơi nước)
  - Xi lanh chứa khí cháy (động cơ đốt trong).
- ✓ Nguồn lạnh:
  - Bình ngưng hơi (máy hơi nước)
  - Không khí (động cơ đốt trong).
- ✓ Chiều của chu trình:  
Thuận chiều kim đồng hồ, sinh công  $A'$





## Hiệu suất của động cơ nhiệt:

Trong 1 chu trình, tác nhân nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng  $Q_1$ , nhả cho nguồn lạnh nhiệt lượng  $Q'_2$  và sinh công  $A'$ .

*Hiệu suất của động cơ nhiệt là tỷ số giữa công  $A'$  sinh ra và nhiệt lượng  $Q_1$  mà tác nhân nhận từ nguồn nóng.*

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

Sau một chu trình: công sinh ra bằng nhiệt thực sự nhận vào

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

$\Rightarrow$

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

## II. Phát biểu nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học

### 1. Phát biểu của Clausius:

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

Hay là:

*Không thể thực hiện được một quá trình mà kết quả duy nhất là truyền năng lượng dưới dạng nhiệt từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.*

### 2. Phát biểu của Thompson:

*Không thể chế tạo được một máy hoạt động tuần hoàn biến đổi liên tục nhiệt thành công nhờ làm lạnh một vật mà xung quanh không chịu một sự thay đổi đồng thời nào.*

Hay là: *Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại hai.*

### 3. Ý nghĩa của nguyên lý 2:

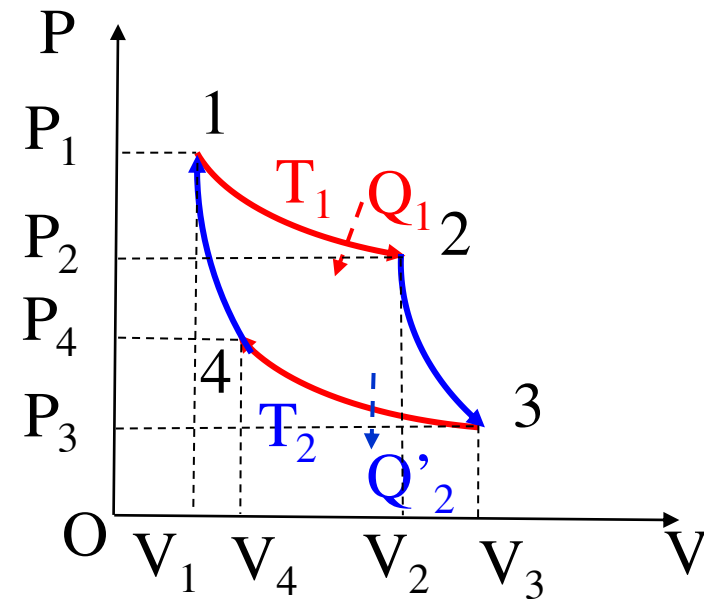
- ✓ Nguyên lý 2 cho biết chiều diễn biến của các quá trình vĩ mô trong thực tế (QT không TN).
- ✓ Cho biết quy luật biến đổi giữa  $Q$  và  $A \rightarrow$  Nguyên lý 2 có ý nghĩa quan trọng trong chế tạo các máy nhiệt.
- ✓ Chất lượng nhiệt:  $T$  càng cao, chất lượng càng cao

## §4. Chu trình Carnot và định lý Carnot

### I. Chu Trình Carnot thuận nghịch

1. Định nghĩa: là chu trình gồm 2 QT đẳng nhiệt TN và 2 QT đoạn nhiệt TN.

- $1 \rightarrow 2$ : Giãn đẳng nhiệt ở nhiệt độ  $T_1$ , nhận  $Q_1$  từ nguồn nóng.
- $2 \rightarrow 3$ : Giãn đoạn nhiệt.  
Nhiệt độ giảm từ  $T_1 \rightarrow T_2$
- $3 \rightarrow 4$ : Nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ  $T_2$ , tác nhân tỏa nhiệt  $Q'_2$
- $4 \rightarrow 1$ : Nén đoạn nhiệt, nhiệt độ tăng từ  $T_2 \rightarrow T_1$



*Chu trình Carnot TN theo chiều thuận gọi là chu trình Carnot thuận*

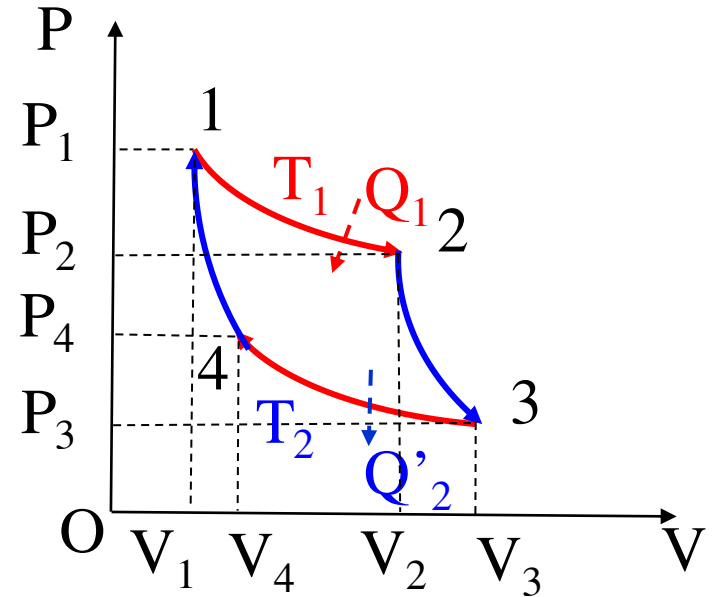
## 2. Hiệu suất $\eta_c$ của chu trình Carnot thuận với tác nhân là khí lý tưởng

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

$$Q_1 = \frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_2 = \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

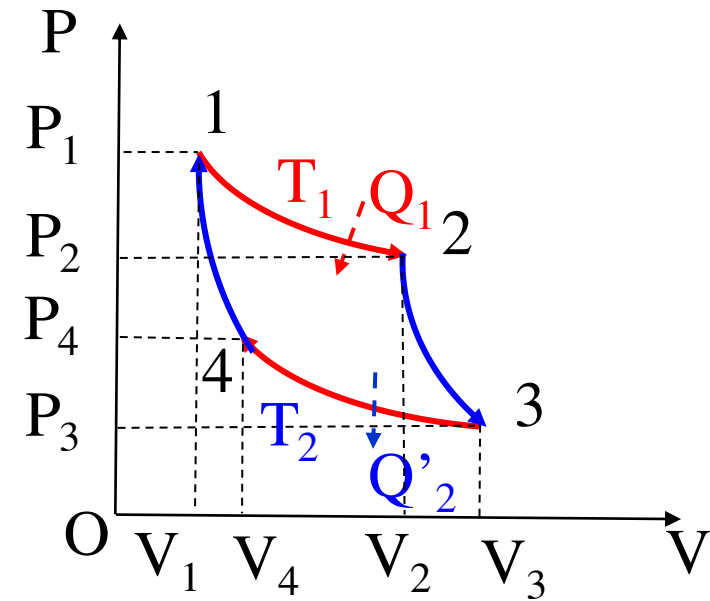
$$\Rightarrow Q'_2 = \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$



$\Rightarrow$

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

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



Xét 2 QT đoạn nhiệt 23 và 41:

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

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

$\Rightarrow$

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

$\Rightarrow$

$$\left( \frac{V_2}{V_1} \right) = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)$$

$\Rightarrow$

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

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

*Hiệu suất chu trình Carnot TN  
với tác nhân là khí lý tưởng  
chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ  
nguồn nóng và nguồn lạnh.*

## **II. Định lý Carnot**

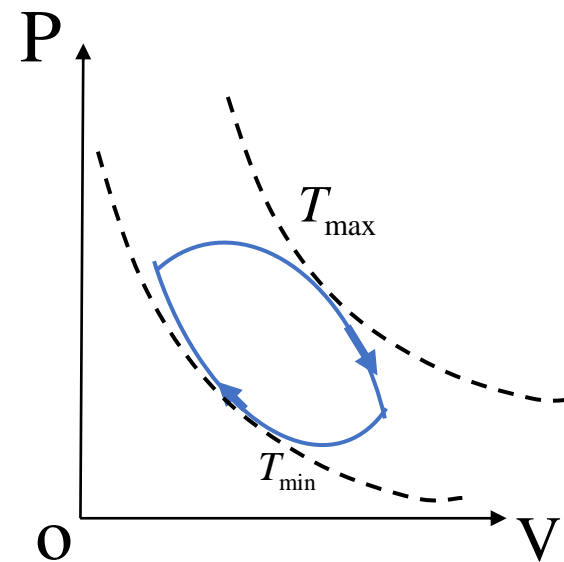
*Hiệu suất của tất cả động cơ thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh, đều bằng nhau và không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo máy. Hiệu suất của động cơ không thuận nghịch thì nhỏ hơn hiệu suất của động cơ thuận nghịch.*

## Chú ý:

Có thể chứng minh: Hiệu suất của một chu trình thuận nghịch bất kỳ không thể lớn hơn hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch thực hiện giữa 2 nguồn nhiệt có nhiệt độ cực trị của tác nhân trong chu trình TN đó.

$$\eta_{TN \text{ bất kỳ}} \leq \eta_{TN \text{ Carnot}} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

Hoặc: Hiệu suất của mọi chu trình thực hiện giữa nguồn nóng và nguồn lạnh có nhiệt độ xác định không thể lớn hơn hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch thực hiện giữa nguồn nóng và nguồn lạnh trên.





## **Nhận xét** (*rút ra từ định lý Carnot*)

### *1. Nhiệt không thể biến hoàn toàn thành công*

Ngay cả với động cơ lý tưởng:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1 \Rightarrow A' = \eta Q_1 < Q_1$$

Nghĩa là công sinh ra luôn nhỏ hơn nhiệt nhận vào

### *2. Hiệu suất của động cơ nhiệt càng lớn nếu nhiệt độ nguồn nóng càng cao và nhiệt độ nguồn lạnh càng thấp.*

Nếu có 2 động cơ nhiệt hoạt động với nguồn lạnh có cùng  $T_2$  thì động cơ nào có  $T_1$  cao hơn sẽ có hiệu suất lớn hơn.

$\Rightarrow$  Nhiệt lượng lấy từ vật có nhiệt độ cao có chất lượng hơn nhiệt lượng lấy từ vật có nhiệt độ thấp

### *3. Muốn tăng hiệu suất của động cơ nhiệt:*

✓ Tăng  $T_1$  giảm  $T_2$

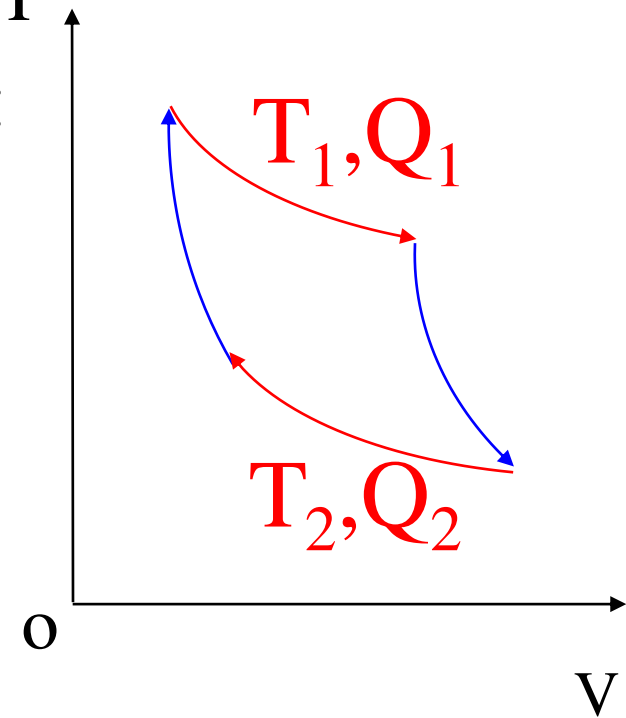
✓ Chế tạo sao cho động cơ này gần với động cơ thuận nghịch

## §5. Biểu thức định lượng của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học

Từ biểu thức hiệu suất của chu trình P Carnot và định nghĩa hiệu suất, ta có:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q'_2}{Q_1} \quad \text{và} \quad \eta \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

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



- Dấu = ứng với CT Carnot thuận nghịch
- Dấu < ứng với CT Carnot không TN

(1) Là biểu thức định lượng của nguyên lý 2

## Thiết lập biểu thức định lượng tổng quát của nguyên lý 2

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

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \quad (2)$$

(2) thiết lập đối với hệ biến đổi theo một chu trình gồm 2 QT đẳng nhiệt và 2 QT đoạn nhiệt kế tiếp nhau

Giả sử hệ biến đổi theo chu trình gồm vô số các quá trình đẳng nhiệt và đoạn nhiệt liên tiếp nhau.

Các quá trình đẳng nhiệt tương ứng các nhiệt độ:  $T_1, T_2, \dots, T_n$  của các nguồn nhiệt bên ngoài và với nhiệt lượng  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  mà hệ nhận từ bên ngoài  
Suy rộng hệ thức (2):

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \quad (2)$$

$\Rightarrow$

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad (3)$$

## Nếu trong chu trình của hệ biến thiên liên tục:

- ✓ Có thể coi hệ tiếp xúc lần lượt với vô số nguồn nhiệt có nhiệt độ vô cùng gần nhau và biến thiên liên tục.
- ✓ Mỗi quá trình tiếp xúc với một nguồn nhiệt là một quá trình vi phân trong đó hệ nhận nhiệt  $\delta Q$

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad (3)$$

$\Rightarrow$

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad (4)$$

(4) là biểu thức định lượng tổng quát của nguyên lý hai NĐLH

*Dấu = ứng với chu trình thuận nghịch*

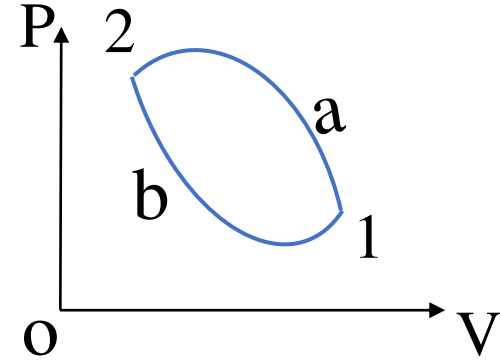
*Dấu < ứng với chu trình không thuận nghịch*

## § 6. Hàm entropi và nguyên lý tăng entropi

### I. Hàm entropi

#### 1. Định nghĩa

Xét một hệ biến đổi từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) theo 2 QTTN khác nhau: 1a2 và 1b2



Vì 1b2 là QTTN nên ta có thể tiến hành theo chiều ngược lại 2b1 qua những trạng thái trung gian như cũ. Kết quả ta có chu trình thuận nghịch 1a2b1.

Từ biểu thức định lượng tổng quát của nguyên lý hai NĐLH, đối với chu trình TN ta có

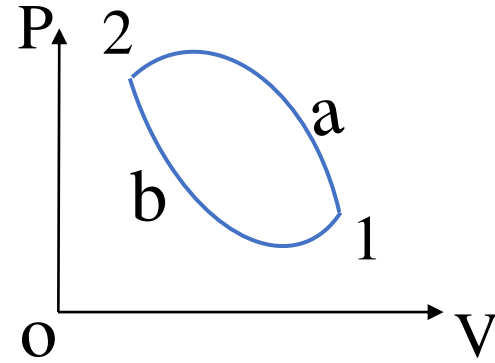
$$\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0 \quad (4)$$

Tách chu trình thành 2 quá trình 1a2 và 2b1, ta viết lại (4):

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

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

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



Nhận xét:  $\int \frac{\delta Q}{T}$  theo các quá trình thuận nghịch từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) không phụ thuộc vào quá trình mà chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối

**Định nghĩa hàm entropi:** Một hàm trạng thái  $S$  của hệ sao cho biến thiên của  $S$  từ (1) đến (2) có giá trị bằng tích phân  $\int \frac{\delta Q}{T}$  từ (1) đến (2) theo một quá trình thuận nghịch nào đó:

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

Hàm  $S$  đó gọi là hàm entropi của hệ

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

Vi phân của hàm entropi cho bởi

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (3)$$

## 2. Tính chất của hàm entropi

a) Entropi là hàm trạng thái

Ở mỗi trạng thái của hệ nó có một giá trị xác định, không phụ thuộc vào quá trình của hệ.

b)  $S$  là đại lượng có tính cộng được

c)  $S$  được xác định sai kém một hằng số cộng

$$S = S_0 + \int \frac{\delta Q}{T}$$

$S_0$ : Giá trị entropi tại gốc tính toán. Thường quy ước  $S_0 = 0$  ở trạng thái có  $T=0K$

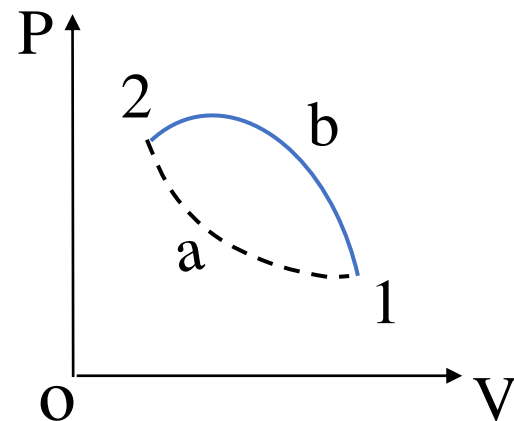
## 3. Đơn vị của hàm entropi: $J/K$



## II. Biểu thức định lượng của nguyên lý hai NĐLH (viết qua hàm entropi)

Xét một chu trình gồm một QTTN 1b2 và một quá trình không thuận nghịch 2a1. Đây là chu trình không thuận nghịch

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \Rightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad (4)$$



Vì 1b2 là QTTN nên ta có thể tiến hành theo chiều ngược lại 2b1 qua những trạng thái trung gian như cũ, ta có

$$\int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1b2} \frac{-\delta Q}{T} \quad (5)$$

Thay (5) vào (4) ta được:

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} - \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad (6)$$

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} - \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad (6)$$

 $\Rightarrow$ 

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} \quad (7)$$

Vì 1b2 là QTTN nên ta có

$$\int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = \Delta S \quad (8)$$

Từ (7) và (8) rút ra:

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S \quad (9)$$

 $\Rightarrow$ 

$$\int_{\text{khongTN}} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S \quad (10)$$

Từ định nghĩa entropi (11) và (10):

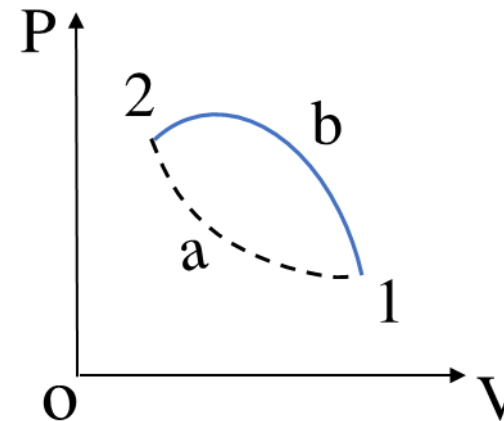
$$\Delta S = \int_{QTTN} \frac{\delta Q}{T} \quad (11)$$

 $\rightarrow$ 

$$\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T} \quad (12)$$

*Dấu = ứng với QTTN*

*Dấu > ứng với QT không TN*



$$\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T} \quad (12)$$

*Dấu = ứng với QTTN*

*Dấu > ứng với QT không TN*

(12) là biểu thức định lượng của nguyên lý hai NĐLH viết qua hàm entropi

Có thể viết (12) dưới dạng vi phân

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (13)$$

### III. Nguyên lý tăng entropi

#### 1. Nguyên lý tăng entropi

(12) Đúng cho hệ cô lập hay không cô lập. Đối với hệ cô lập, vì không trao đổi nhiệt nên  $\delta Q = 0 \Rightarrow \Delta S \geq 0$  (14)

**Như vậy trong một hệ cô lập:**

Quá trình là thuận nghịch thì  $\Delta S = 0$  entropi của hệ không đổi

Quá trình là không TN thì  $\Delta S > 0$  entropi của hệ tăng lên

Trong thực tế các quá trình nhiệt động đều là không TN  
 $\Rightarrow$  nguyên lý tăng entropi:

*Với quá trình nhiệt động thực tế xảy ra trong hệ cô lập, entropi của hệ luôn tăng*

Nghĩa là: *Một hệ cô lập không thể hai lần đi qua cùng một trạng thái* (nguyên lý tiến hóa)

Lúc hệ đã ở trạng thái cân bằng rồi, QT không TN cũng kết thúc, lúc đó entropi đạt giá trị cực đại (không tăng nữa)

**Kết luận:** Một hệ ở trạng thái cân bằng lúc entropi của nó đạt cực đại.

## 2. Sai lầm của thuyết chết nhiệt vũ trụ

### ■ Nội dung của thuyết chết nhiệt vũ trụ

Theo Claodiut, năng lượng của vũ trụ không đổi, entropi của vũ trụ sẽ tiến đến cực đại và vũ trụ ở trạng thái cân bằng nhiệt  $\Rightarrow$  vũ trụ ở trạng thái bất động tuyệt đối không còn quá trình trao đổi năng lượng  $\Rightarrow$  mọi sinh vật sẽ bị tiêu diệt.

### ■ Sai lầm của thuyết chết nhiệt vũ trụ

- ✓ Thuyết đó mâu thuẫn với ĐL bảo toàn biến đổi năng lượng. Theo ĐL bảo toàn biến đổi năng lượng vận động của vật chất là vĩnh cửu, không thể tiêu diệt được mà chỉ có thể chuyển từ dạng này sang dạng khác.
- ✓ Thuyết này đã coi vũ trụ là hệ cô lập. Thực tế vũ trụ là vô hạn không thể coi là một hệ kín mà là 1 hệ trong trường hấp dẫn biến thiên. Vũ trụ không ngừng biến đổi

## IV. Entropy của khí lý tưởng

Tính  $\Delta S$  của một khối khí lý tưởng:

1. Quá trình đoạn nhiệt:

$$\delta Q = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = 0 \quad \Rightarrow \quad S = \text{const}$$

2. Quá trình đẳng nhiệt:

$$T = \text{const} \Rightarrow \Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q}{T} = \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

3. Quá trình là bất kỳ:

•Nguyên lý I:

$$\delta Q = dU - \delta A$$

$$dU = \frac{M}{\mu} C_V dT$$

$$\delta A = -PdV = -\frac{M}{\mu} RT \frac{dV}{V}$$

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

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

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} \left( \frac{M}{\mu} C_V \frac{dT}{T} + \frac{M}{\mu} R \frac{dV}{V} \right)$$

$\Rightarrow$

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



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

Từ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{M}{\mu} (C_V + R) \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$\Rightarrow$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{M}{\mu} C_P \ln \frac{V_2}{V_1}$$

## IV. Entropy của khí lý tưởng

1. Quá trình đoạn nhiệt:  $\Delta S = 0$

2. Quá trình là bất kỳ:

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

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{M}{\mu} C_P \ln \frac{V_2}{V_1}$$

*QT đẳng nhiệt:*

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

*QT đẳng tích:*

$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{P_2}{P_1} = \\ &= \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} \end{aligned}$$

*QT đẳng áp:*

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_P \ln \frac{V_2}{V_1}$$

## Ghi chú:

### Dùng đồ thị (T,S) để tính nhiệt

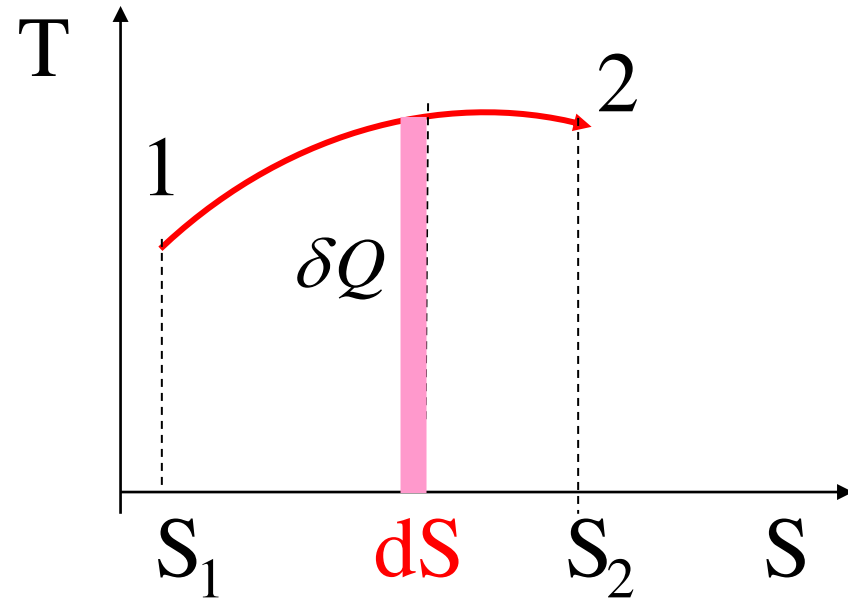
-Nhiệt mà hệ nhận được trong một quá trình nhỏ  $\delta Q = TdS$  được biểu diễn bằng diện tích nhỏ

-Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình từ (1)  $\rightarrow$  (2) có giá trị bằng diện tích hình  $12S_2S_1$

$$Q = \int_1^2 \delta Q = \int_{S_1}^{S_2} TdS$$

$Q > 0$  nếu quá trình tiến hành theo chiều dương của trục  $S$

$Q < 0$  nếu quá trình tiến hành theo chiều âm của trục  $S$



## V. Ý nghĩa thống kê của entropi và nguyên lý 2.

- Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn và entropi của hệ cô lập không thể giảm.
- Hệ cô lập biến đổi từ trạng thái không cân bằng sang trạng thái cân bằng và khi cân bằng rồi ( $S_{max}$ ) thì hệ không thể tự động trở lại các trạng thái không cân bằng trước được nữa.
- Theo quan điểm động học thì entropi là thước đo mức độ hỗn loạn của các phân tử trong hệ