

# **Chương 9**

## **NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC**

- 1. Quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch**
- 2. Máy nhiệt. Hiệu suất của động cơ nhiệt**
- 3. Phát biểu nguyên lý 2 về truyền nhiệt và về động cơ vĩnh cửu loại hai**
- 4. Chu trình Carnot và Định lý Carnot**
- 5. Biểu thức toán học của nguyên lý 2**
- 6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy**

## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 9.1. Quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch

#### 1. Định nghĩa

- + **Quá trình thuận nghịch** là quá trình mà nó tiến hành theo chiều ngược lại và khi đó hệ đi qua tất cả các trạng thái trung gian như trong quá trình thuận.
- + **Quá trình không thuận nghịch** là quá trình mà khi tiến hành theo chiều ngược lại hệ không đi qua đầy đủ các trạng thái trung gian như quá trình thuận.

#### 2. Đặc điểm

##### a. Quá trình thuận nghịch

- + Là một quá trình cân bằng.
- + Sau khi tiến hành quá trình thuận và quá trình nghịch để đưa hệ về trạng thái ban đầu, môi trường xung quanh không biến đổi.
- + Công mà hệ nhận trong quá trình thuận luôn bằng và ngược dấu so với quá trình nghịch

## 9.1. Quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch

### 2. Đặc điểm

#### *b. Quá trình không thuận nghịch*

- + Là quá trình không cân bằng.
- + Sau khi tiến hành quá trình thuận và quá trình nghịch để đưa hệ về trạng thái ban đầu, môi trường xung quanh bị biến đổi

### 3. Ví dụ

#### *\* Quá trình thuận nghịch:*

- + Dao động của con lắc đơn hoặc con lắc lò xo khi không có ma sát.
- + Quá trình biến đổi khí nén giãn được thực hiện rất chậm

#### *\* Quá trình không thuận nghịch*

- + Các quá trình xảy ra có ma sát
- + Quá trình truyền nhiệt từ vật nóng sang lạnh

## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## 9.2. Máy nhiệt. Hiệu suất của động cơ nhiệt

### 1. Máy nhiệt

**a. Định nghĩa:** là một hệ hoạt động tuần hoàn biến công thành nhiệt hoặc biến nhiệt thành công.

\* Có hai loại máy nhiệt: Động cơ nhiệt và Máy làm lạnh

#### \* Cấu tạo

- + Một nguồn nóng  $T_1$
- + Một nguồn lạnh  $T_2$
- + Một hệ nhiệt độ gọi là tác nhân

## 9.2. Máy nhiệt. Hiệu suất của động cơ nhiệt

### 2. Động cơ nhiệt

a. Định nghĩa: là loại máy biến nhiệt thành công

+ Tác nhân: Máy hơi nước hoặc động cơ đốt trong

### b. Hiệu suất động cơ nhiệt

Xét quá trình tác nhân:

- + Nhận nhiệt nguồn nóng  $Q_1$
- + Nhả nhiệt cho nguồn lạnh  $Q'_2$
- + Sinh một công là  $A'$

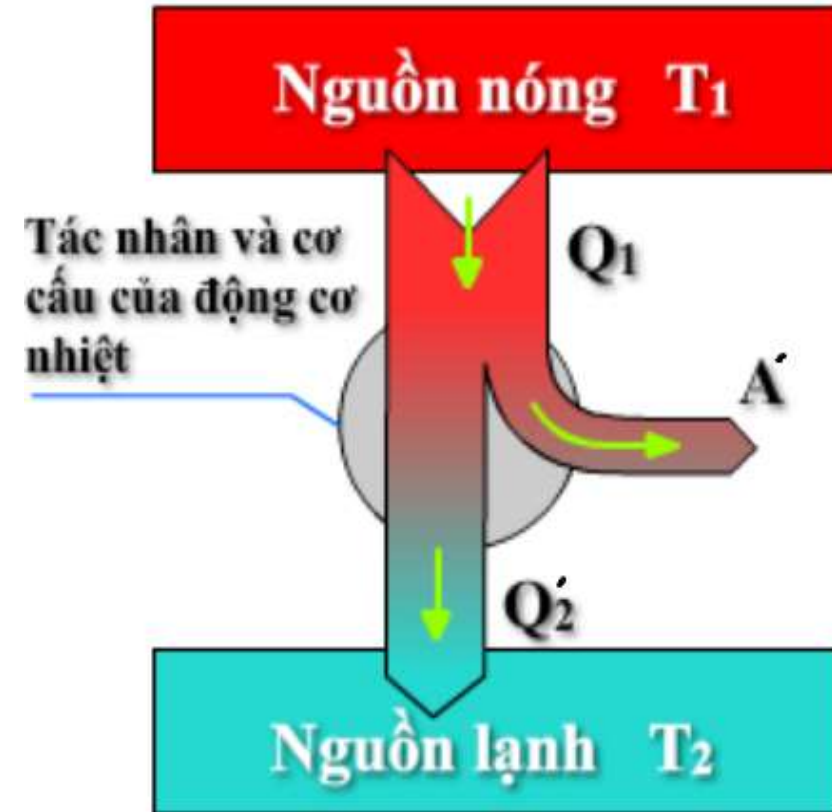
Hiệu suất của động cơ :  $\eta = \frac{A'}{Q_1}$

Do  $\Delta U = Q_1 - Q'_2 - A' = 0$  Nên  $A' = Q_1 - Q'_2$ .

Hiệu suất

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

(9.1)



## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 9.3. Phát biểu nguyên lý 2 về truyền nhiệt và về động cơ vĩnh cửu loại hai

Hiệu suất

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} < 1 \quad (9.1)$$

Phát biểu nguyên lý 2

- + **Nhiệt không thể tự động truyền** từ vật lạnh sang vật nóng.
- + *Không thể có quá trình mà kết quả cuối cùng của nó là truyền nhiệt từ vật có nhiệt độ thấp hơn sang vật có nhiệt độ cao hơn.*
- + **Không thể chế tạo** được một máy hoạt động tuần hoàn biến đổi liên tục nhiệt thành công nhờ làm lạnh một vật mà môi trường xung quanh không bị biến đổi  
 $\Rightarrow$  không tạo ra được động cơ vĩnh cửu loại 2.

## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 9.4. Chu trình Carnot và Định lý Carnot

#### 9.4.1. Định nghĩa

Là quá trình gồm hai quá trình đẳng nhiệt thuận nghịch và hai quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch xen kẽ.

\*  $1 \rightarrow 2$ : Giãn nở đẳng nhiệt, tác nhân  $Q_1$

\*  $2 \rightarrow 3$ : Giãn nở đoạn nhiệt,  $T_1 \rightarrow T_2$

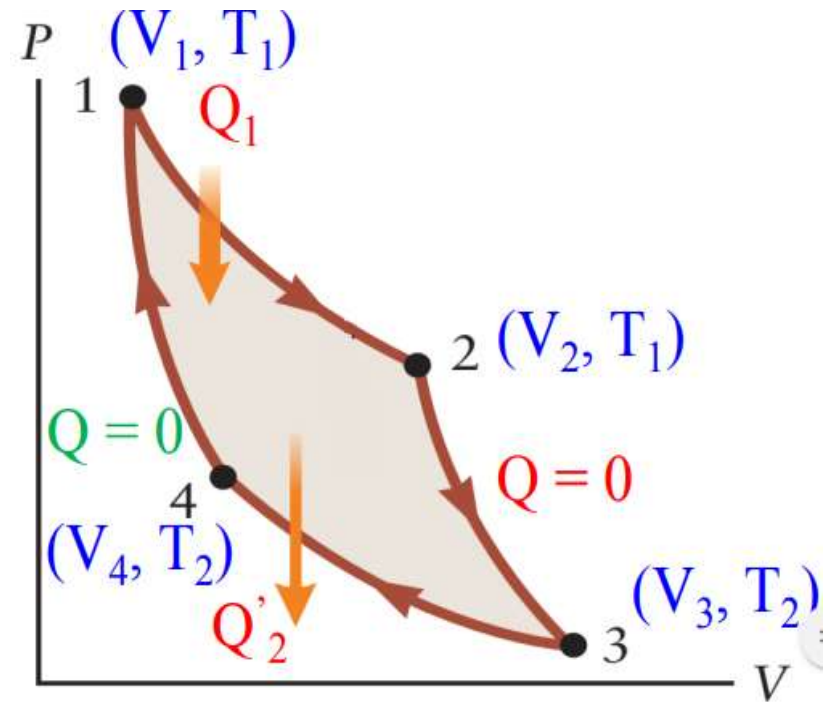
\*  $3 \rightarrow 4$ : Nén đẳng nhiệt, tỏa  $Q'_2$

\*  $4 \rightarrow 1$ : Nén đoạn nhiệt, nhiệt tổng  $T_2 \rightarrow T_1$

Hiệu suất

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

(9.1)



## 9.4. Chu trình Carnot và Định lý Carnot

+ *Quá trình 1 → 2, 3 → 4: đẳng nhiệt:*

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

$$Q'_2 = -Q_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -\frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$

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

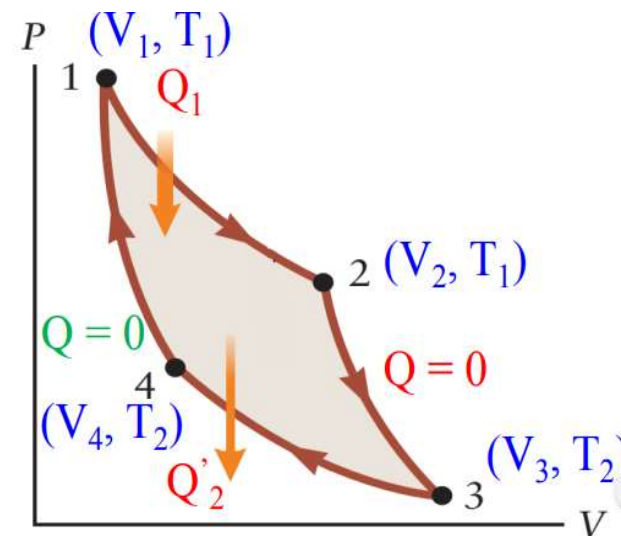
+ *Quá trình 2 → 3, 4 → 1: đoạn nhiệt:*

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}; T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1}$$

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

*Hiệu suất của chu trình các nô:*

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (9.2)$$





## 9.4. Chu trình Carnot và Định lý Carnot

### 9.4.2. Phát biểu định lý Carnot

**1. Phát biểu :** *Hiệu suất của mọi động cơ thuận nghịch hoạt động theo chu trình Carnot cùng nguồn nóng và nguồn lạnh đều bằng nhau, không phụ thuộc vào tác nhân cũng như chế tạo máy.*

$$+ \eta_{\text{KTN}} < \eta_{\text{NT}} < \eta_{\text{NT Carnot}} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

+ Một chu trình bất kỳ có hiệu suất

$$\eta \leq 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \Leftrightarrow \eta < 1 \quad (9.3)$$

## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 9.5. Biểu thức toán học của nguyên lý 2

*\* Xét một động cơ bất kỳ. Tác nhân tiếp xúc với hai nguồn có nhiệt độ lần lượt  $T_1, T_2$  nhận  $Q_1, Q_2$ .*

+ Hiệu suất động cơ:  $\eta \leq \eta_{Cacno\ TN}$

$$\frac{Q_1 - Q'_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \iff \frac{Q'_2}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1} \iff \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q'_2}{T_2} \leq 0 \text{ hay } \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \quad (9.4)$$

$Q'_2$  là nhiệt độ mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh:  $Q_2 = - Q'_2$

*\* Hệ có nhiều nguồn:  $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} + \dots + \frac{Q_n}{T_n} \leq 0$*

$$\sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 ; \oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad (9.5)$$

## Chương 9

# NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.1. Định nghĩa và các tính chất của Hàm entropy

#### 1. Định nghĩa.

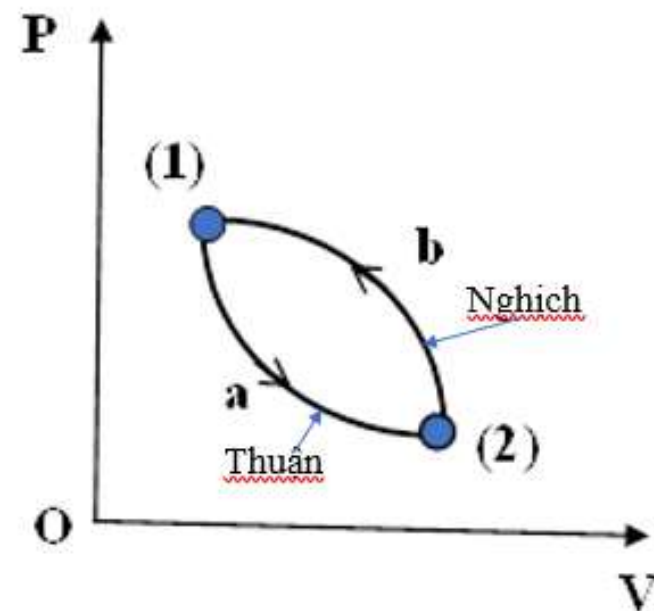
+ Xét 1 chu trình thuận nghịch 1a2b1

*Theo nguyên lý 2:*  $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$  Hay  $\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$

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

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

(9.6)



\* Nhận xét:  $\int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$  theo các quá trình thuận nghịch khác nhau từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) thì như nhau, chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và cuối

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.1. Định nghĩa và các tính chất của Hàm entropy

**Định nghĩa:** Một hàm trạng thái của hệ sao cho khi hệ đổi từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) theo một quá trình thuận nghịch nào đó thì entropy của hệ biến thiên một lượng là:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} \quad (9.6)$$

+  $S$  gọi là hàm entropi của hệ, đơn vị là J/K

+ Dạng vi phân:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (9.7)$$

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.1. Định nghĩa và các tính chất của Hàm entropy

#### 2. Tính chất

+  $S$  là một hàm trạng thái, nghĩa là ở mỗi trạng thái của hệ nó có một giá trị xác định và nó không phụ thuộc vào quá trình của hệ từ trạng thái này sang trạng thái khác.

+  $S$  là một đại lượng có tính cộng được, nghĩa là entropi của một hệ cân bằng bằng tổng entropi của từng phần riêng biệt

+  $S$  được xác định sai kém một hằng số cộng

$$S = S_0 + \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} \quad (9.8)$$

Quy ước:  $S_0$  là giá trị entropi tại gốc tính toán;  $S_0=0$  ở  $T=0$  K.

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.2. Nguyên lý tăng entropy

#### 1. Tính chất của tích phân Clausius theo quá trình

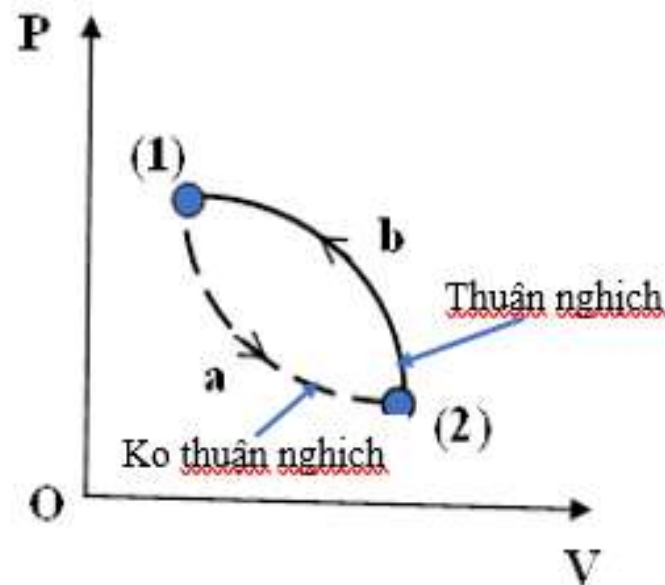
+ Xét 1 chu trình 1a2b1 (gồm 1a2 và 2b1):  $\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$

$$\Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0 \Leftrightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{1b2} - \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$* \text{Nên: } \int_{1a2(KTN)} \frac{\delta Q}{T} < \int_{1b2(TN)} \frac{\delta Q}{T} \Leftrightarrow \int_{1a2(KTN)} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S$$

$$(\text{Do } 1b2 \text{ là thuận nghịch: } \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = \Delta S = S_2 - S_1)$$

\* **Nhận xét:** Giá trị của tích phân Clausius theo một quá trình KTN từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 luôn nhỏ hơn độ biến thiên entropy của hệ giữa hai trạng thái



## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

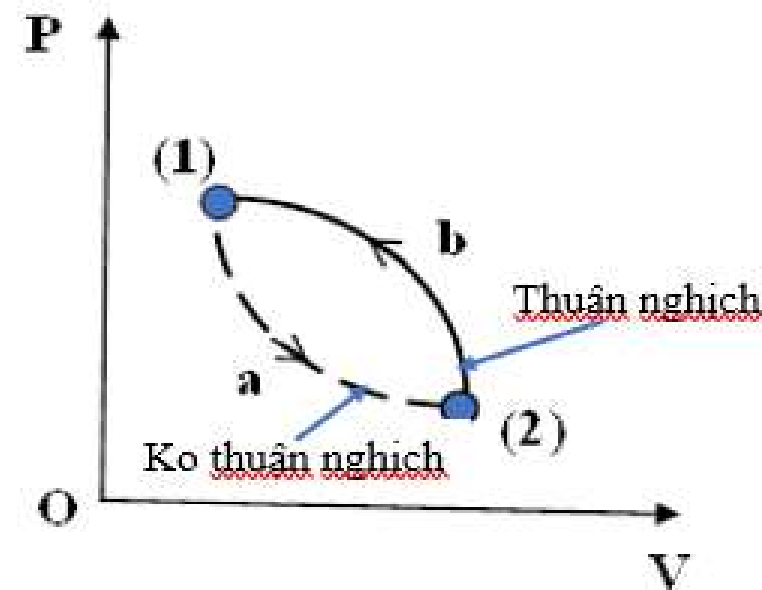
### 9.6.2. Nguyên lý tăng entropy

#### 2. Nguyên lý tăng Entropy

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

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

$$\Delta S \geq \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} \quad (9.9)$$



\* **Nên:** Biểu thức định lượng của nguyên lý thứ 2 viết dưới dạng hàm entropy và biểu thức này đúng cho cả hệ cô lập và không cô lập

+ Dấu “=” ứng với quá trình thuận nghịch

+ Dấu “>” ứng với quá trình không thuận nghịch

$$* \text{Dạng vi phân: } dS \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (9.10)$$

## 2. Nguyên lý tăng Entropy

### **Nhận xét:**

*Trong một hệ cô lập:  $\delta Q=0$  khi đó  $\Delta S \geq 0$*

*+ Nếu quá trình là thuận nghịch thì  $\Delta S=0$ ,  $S=const$*

*+ Nếu quá trình là không thuận nghịch thì  $\Delta S > 0$ , Entropy tăng*

*Thực tế quá trình nhiệt động là KTN nên Entropy tăng*

### **Phát biểu Nguyên lý tăng Entropy:**

Trong một hệ cô lập, các quá trình nhiệt động thực tế xảy ra theo chiều tăng entropy.

***Chú ý:*** Hệ cô lập, entropy tăng đến giá trị cực đại thì ngừng diễn biến và hệ đạt trạng thái cân bằng



## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.3. Biến thiên Entropy cho khí lý tưởng

\* Xét khối khí lý tưởng biến đổi thuận nghịch từ trạng thái 1 ( $P_1, V_1, T_1$ ) sang trạng thái 2 ( $P_2, V_2, T_2$ )

+ Nguyên lý 1:  $dU = \delta Q + \delta A \Rightarrow \delta Q = dU - \delta A = dU + PdV$

$$\text{Nên } \delta Q = \frac{m}{\mu} C_v dT + \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV$$

+ Độ biến thiên Entropy:  $\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m}{\mu} C_v \frac{dT}{T} + \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{\mu} R \frac{dV}{V}$

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

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (9.11)$$

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.3. Biến thiên Entropy cho khí lý tưởng

Các quá trình nhiệt động

- **Đẳng tích:**  $\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$
- **Đẳng áp:**  $\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$
- **Đẳng nhiệt:**  $\Delta S = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$  ;  $\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} Q_{\text{đẳng nhiệt}}$
- **Đoạn nhiệt:**  $\delta Q = 0$  nên  $\Delta S = 0$

# Khí lý tưởng

- + 4 quá trình: Q, A,  $\Delta U$ , BT nguyên lý 1
- + Hiệu suất ( chu trình), cacno, Entropy
- + Thuyết động học

## 9.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 9.6.4. Ý nghĩa thống kê của entropi và nguyên lý thứ hai

#### 1. Ý nghĩa nguyên lý thứ hai

+ *NL2 khắc phục 3 hạn chế của NL1, cùng NL1 là cơ sở xây dựng lý thuyết nhiệt học*

#### 2. Ý Nghĩa Entropy

+ *Là thước đo mức độ hỗn loạn chuyển động các phân tử trong hệ*

+ *Việc khảo sát độ biến thiên entropi ( $\Delta S$ ) giúp ta biết quá trình nhiệt động diễn biến theo chiều nào*

+ *Entropy của hệ cô lập không thể giảm.*

+ *Hệ cô lập không thể 2 lần đi qua một trạng thái, hệ biến đổi không TN từ trạng thái không cân bằng về trạng thái cân bằng*