



# BÀI GIẢNG

## CHƯƠNG 8. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học

( Cơ và Nhiệt)



NGUYỄN THỊ HUYỀN NGÀ  
Email: [nthnga@hcmus.edu.vn](mailto:nthnga@hcmus.edu.vn)

# CHƯƠNG 8. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học

8.1. Những hạn chế của NL thứ nhất

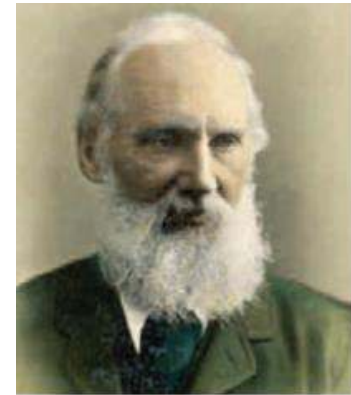
8.2. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch

8.3. Nguyên lý thứ hai của NĐL học

8.4. Định lý Carnot

8.5. Bài tập vận dụng

8.6. Entropy và nguyên lý tăng entropy



Lord Kelvin  
British physicist and mathematician  
(1824–1907)



# 1. NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

- ❑ Có nhiều quá trình nhiệt động trong tự nhiên chỉ có thể xảy ra theo một chiều mà không xảy ra theo chiều ngược lại mặc dù quá trình ngược vẫn không vi phạm nguyên lý thứ nhất. Sau đây là những hạn chế của nguyên lý thứ nhất:



❑ Sau đây là những hạn chế của nguyên lý thứ nhất:

1/ Không chỉ ra được chiều diễn biến của quá trình tự nhiên.

Cụ thể: Hệ gồm 2 vật cô lập:  $Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2$  (theo hệ thức này thì vật 1 có thể truyền nhiệt sang vật 2 và ngược lại, tức nóng truyền sang lạnh hay lạnh truyền sang nóng vẫn có thể được mà vẫn không vi phạm ngly 1)

➤ Thực tế cho thấy, nhiệt luôn truyền từ vật nóng sang vật lạnh hơn mà không có quá trình ngược lại (chiều ngược lại phải có sự trợ giúp từ bên ngoài).



2/ Không chỉ ra được sự khác biệt trong quá trình chuyển hóa giữa công và nhiệt.

Cụ thể: với quá trình đẳng nhiệt:  $\Delta U = A + Q = 0 \Rightarrow A = -Q$

**=> Thực tế công có thể chuyển hoàn toàn thành nhiệt lượng nhưng ngược lại nhiệt lượng chỉ biến một phần thành công.**

VD: vật rơi từ độ cao h xuống đất thì sự va chạm giữa vật và mặt đất làm vật tỏa nhiệt ra môi trường nơi vật rơi xuống. Nhưng nếu ta cc lượng nhiệt đúng bằng phần nhiệt tỏa ra đó thì vật không thể trở về vị trí cao bđau.



### 3/ Không đề cập đến chất lượng của nguồn nhiệt.

=> Thực tế thì nhiệt lượng ở nhiệt độ cao khi biến thành công tốt hơn nhiệt lượng ở nhiệt độ thấp.



## 8.1. Những hạn chế của NL thứ nhất

1) Nguyên lý 1 không cho biết nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh hay từ vật lạnh sang vật nóng ( $Q_1 = -Q_2$ ).



**NL1: không cho biết chiều diễn biến của quá trình thực tế xảy ra**

2) Nguyên lý 1 cho biết công và nhiệt tương đương nhau ( $A = -Q$ )



**Thực tế công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt, nhưng nhiệt không thể chuyển hóa hoàn toàn thành công.**

3) Nguyên lý 1 không đề cập tới vấn đề chất lượng nhiệt



**Thực tế nhiệt lượng  $Q$  lấy từ môi trường có nhiệt độ cao có chất lượng cao hơn nhiệt lượng lấy từ môi trường có nhiệt độ thấp**





## 8.2. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch

Quá trình đưa một hệ nhiệt động từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 được gọi là **thuận nghịch** nếu ta có thể thực hiện được quá trình ngược lại đi qua đúng mọi trạng thái trung gian giống hệt chiều thuận=> Tự đi và tự về.

Môi trường xung quanh **không** bị biến đổi  
Là quá trình lý tưởng => khó xảy ra

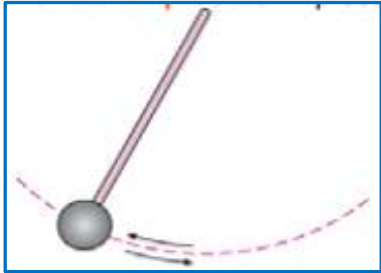
Quá trình **không thuận nghịch** là quá trình sau khi tiến hành theo chiều ngược lại, hệ không qua đầy đủ các trạng thái trung gian như trong quá trình thuận=> tự đi mà không tự về.

Môi trường xung quanh bị biến đổi  
Quá trình thường gặp hơn.





## 8.2. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch



a) Con lắc không ma sát



b) Quá trình giãn-nở khí vô cùng chậm

**VD: Các quá trình không thuận nghịch**

- + Vật chỉ rơi từ cao xuống thấp  $\Rightarrow$  Thấp lên cao cần có tác nhân.
- + Vật chỉ truyền từ vật nóng sang lạnh  $\Rightarrow$  ngược lại muốn ly nước thành đá thì bỏ vào tủ lạnh (tức cần tác nhân xúc tác).



## 8.3. NGUYÊN LÝ THỨ HAI NHIỆT ĐỘNG HỌC

### 1. Máy nhiệt:

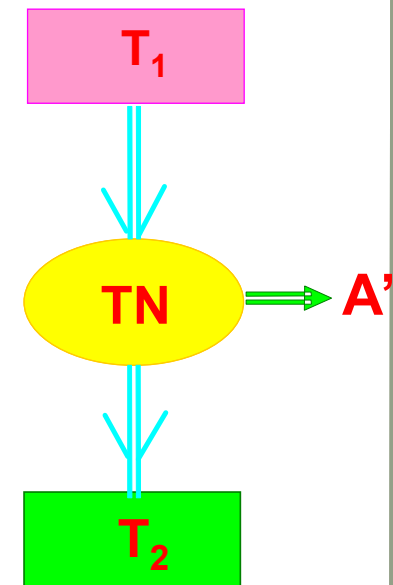
Máy nhiệt là một hệ hoạt động tuần hoàn để biến công thành nhiệt hoặc nhiệt thành công.



## 2. Động cơ nhiệt:

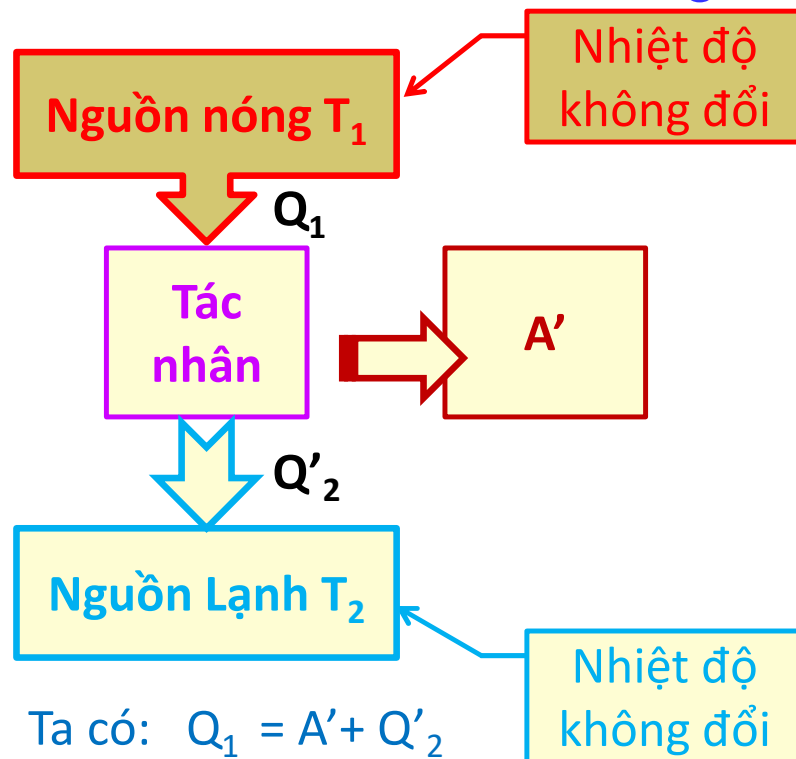
- ❑ Định nghĩa: Là loại **máy nhiệt** biến đổi **nhiệt lượng** thành **công**.
- ❑ Cấu tạo gồm ba phần: nguồn nóng có nhiệt độ  $T_1$ , nguồn lạnh có nhiệt độ  $T_2$  và **môi trường vật chất làm nhiệm vụ biến đổi nhiệt thành công** (tác nhân: TN).
- ❑ Hoạt động: Theo một chu trình khép kín, trong một chu trình, tác nhân (TN) nhận nhiệt lượng  $Q_1$  từ nguồn nóng có nhiệt độ  $T_1$ , biến một phần thành công  $A'$  cho bên ngoài, phần còn lại là **nhả** cho nguồn lạnh có nhiệt độ  $T_2$  và trở về trạng thái ban đầu, quá trình lặp lại tuần hoàn.
- ❑ Hiệu suất của động cơ nhiệt: Là tỉ số giữa công sinh ra  $A'$  và nhiệt lượng nhận vào  $Q_1$

$$H = \frac{A'}{Q_1} \cdot 100\%$$



## 8.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

❑ Mô hình hoạt động của Động cơ nhiệt: Là một hệ hoạt động tuần hoàn biến nhiệt thành công.



❑ Hiệu suất của động cơ nhiệt:

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

Vì:  $A' = Q_1 - Q'_2$

❑ Công suất P của động cơ nhiệt:

$$P = \frac{A'}{t}$$



### 3. Động cơ nhiệt vĩnh cửu loại II:

Một động cơ sinh công mà chỉ trao đổi với một nguồn nhiệt duy nhất

Động cơ vĩnh cửu loại hai

### 4. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học:

**Nội dung 1:** Một động cơ nhiệt không thể sinh công nếu nó chỉ trao đổi với một nguồn nhiệt duy nhất.



**Ví dụ 1:** Một động cơ có hiệu suất 20% và sinh ra công cơ học 23000J trong mỗi giây. (a) Tính nhiệt lượng mà động cơ nhận vào. (b) Tính nhiệt lượng mà động cơ thải ra

**Bài giải:**

a) Ta có: 
$$H = \frac{A'}{Q_1} \cdot 100\% \Rightarrow Q_1 = \frac{A'}{\eta} = \frac{23000}{0,2} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ (J)}$$

b) Ta có: 
$$Q'_2 = Q_1 - A' = 1,15 \cdot 10^5 - 2,3 \cdot 10^4 = \dots \text{ (J)}$$



# Ví dụ: Các động cơ nhiệt trong đời sống

- **Ô tô: Động cơ đốt trong** trong ô tô hoạt động nhờ sự cháy nhiên liệu (xăng, dầu diesel) trong không gian xi lanh để tạo ra sự di chuyển và cung cấp sức mạnh đẩy xe.
- **Máy bay: Động cơ phản lực** được sử dụng trong máy bay dùng để tạo lực đẩy và nâng máy bay lên không. Động cơ phản lực sử dụng nguyên tắc phản ứng của các phân tử phóng thích một lượng lớn khí đốt
- **Điện thoại di động: Động cơ nhiệt** được sử dụng trong điện thoại di động để làm mát CPU (Central Processing Unit), giúp duy trì hiệu suất và tránh quá nóng.
- **Máy lạnh và tủ lạnh: Máy nén nhiệt** được sử dụng trong các hệ thống làm lạnh để tạo ra sự lạnh bằng cách nén và xả khí lạnh qua các vòng lặp
- **Lò nướng: Lò nướng** sử dụng nguyên tắc của động cơ nhiệt để tạo ra nhiệt độ cao để nướng, nấu và nướng thực phẩm.
- **Máy phát điện: Động cơ nhiệt** được sử dụng trong máy phát điện để biến đổi năng lượng nhiên liệu thành năng lượng điện. Đây chỉ là một số ví dụ phổ biến, động cơ nhiệt được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp và gia đình khác nhau để tạo ra sức mạnh hoặc tạo ra các dạng năng lượng khác nhau.





➤ **Ví dụ 2:** Một động cơ nhận 2kJ nhiệt lượng từ nguồn nóng trong mỗi chu kỳ và nhả cho nguồn lạnh 1,5kJ nhiệt lượng.

(a) Tìm hiệu suất của động cơ.

(b) Tính công sinh ra trong mỗi chu kỳ của động cơ

➤ **Bài giải:**

a) Ta có:

$$H = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{1,5}{2} = 0,25 = 25\%$$

b) Ta có:

$$H = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow A' = \eta Q_1 = 0,25 \times 2 = 0,5 \text{ (kJ)}$$

$$\text{hay } A = Q_1 - Q'_2 = 2 - 1,5 = 0,5 \text{ (kJ)}$$





➤ **Ví dụ 3:** Một động cơ hoạt động ở hiệu suất 25% sinh ra công ở tốc độ 1 MW trong 1s. Tính tốc độ lượng nhiệt thải ra bên ngoài trong 1s.

➤ **Bài giải:**

Công sinh ra:  $A' = Pt = 1(MW).1(s) = 1(MJ)$

Nhiệt nhận vào:  $H = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A'}{H} = \frac{1}{0,25} = 4 (MJ)$

Nhiệt thải ra:  $Q'_2 = Q_1 - A' = 4 - 1 = 3 (MJ)$

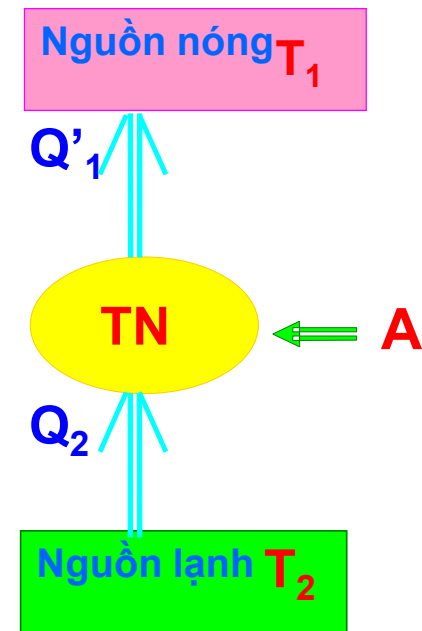
Tốc độ thải:  $P' = \frac{Q'_2}{t} = 3 (MW)$



## 5. Máy làm lạnh

□ Nguyên tắc: Là máy nhiệt biến công thành nhiệt. Tác nhân trong máy làm lạnh biến đổi theo quá trình ngược với động cơ nhiệt.

Hoạt động: Trong chu trình tác nhân nhận công  $A$  của ngoại vật và lấy một nhiệt lượng  $Q_2$  của nguồn lạnh và nhả nhiệt lượng cho nguồn nóng.



Hình 9.2

Ta có:  $Q'_1 = A + Q_2$

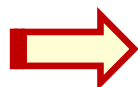
Với:  $A$  = là công tác nhân nhận vào.

$Q_2$  = nhiệt lượng tác nhân nhận từ nguồn lạnh.

$Q'_1$  = nhiệt lượng tác nhân tỏa ra cho nguồn nóng

## Hệ số làm lạnh của máy làm lạnh:

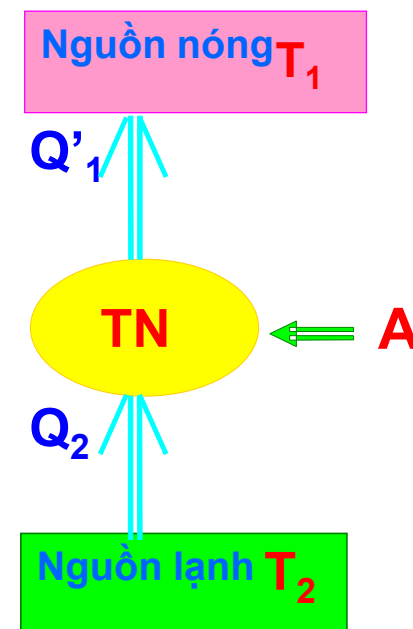
$$\varepsilon_L = \frac{Q_L}{A}$$



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

❑ Đối với máy lạnh lý tưởng (không thực hiện công  $A$ ):

$$\varepsilon_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$



## ❑ Tủ lạnh (máy lạnh) và máy bơm nhiệt (máy làm nóng)

- Theo nguyên lý thứ 2 nhiệt ĐL, nhiệt truyền từ **vật nóng** sang **vật lạnh**.
- Đối với **tủ lạnh** và **máy bơm nhiệt** thì QT diễn biến theo chiều ngược lại.
- **Với tủ lạnh**, nhiệt được bơm ra khỏi buồng lạnh vào thực phẩm ấm hơn  
=> cần công thực hiện từ bên ngoài để tác nhân nhận công.
- **Với máy lạnh**, cũng tương tự, nhiệt được bơm từ phòng ra ngoài ấm hơn.
- **Với máy bơm nhiệt**, nhiệt được bơm từ ngoài => tác nhân thực hiện công.



Tủ lạnh hoàn hảo là loại tủ lạnh **không cần công** để chuyển nhiệt lượng từ môi trường có nhiệt độ thấp vào môi trường có nhiệt độ cao



**KHÔNG THỂ CHẾ TẠO MỘT TỦ LẠNH HOÀN HẢO**

## 4. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học:

*Nội dung 2: “Không thể chế tạo một động cơ nhiệt hoạt động tuần hoàn mà chuyển nhiệt lượng từ **hệ có nhiệt độ thấp sang hệ có nhiệt độ cao** mà **không cần công thực hiện**” (Clausius)*



➤ Hệ số làm lạnh:

$$\epsilon_L = \frac{Q_L}{A}$$

➤ Hệ số làm nóng:  $\epsilon_H = \frac{Q_H}{A}$

➤ Theo nguyên lí 1:  $Q_L + A = Q_H$

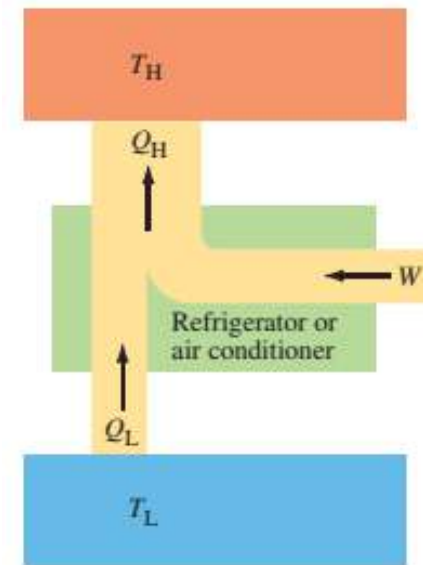
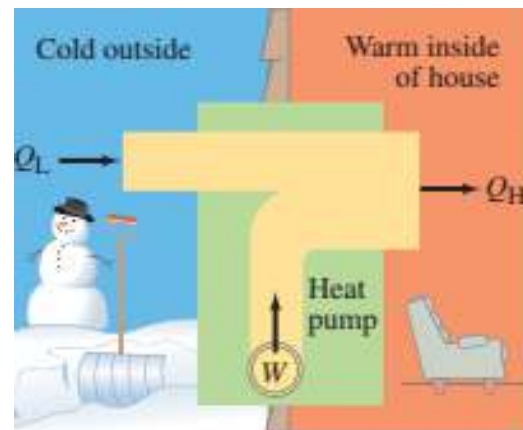
$$\epsilon_L = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

➤ Đối với máy lạnh lý tưởng:

$$\epsilon_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

Đối với máy làm nóng?

?







### 8.3.2 Tủ lạnh (máy lạnh) và máy bơm nhiệt (máy làm nóng)

➤ **Ví dụ 4:** Một máy ướp lạnh có hệ số làm lạnh là 2,8 và hoạt động ở công suất 200W. Phải mất bao lâu để đóng băng khối nước 600g tại 0°C. Biết nhiệt nóng chảy của nước ở 0°C là  $3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ .

➤ **Bài giải:** Áp dụng: Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon_L = \frac{Q_L}{A}$$

➤ Công mà khối nước nhận được để đóng băng:  $A = P \cdot t$

Nhiệt lượng của nước đóng băng tại 0°C (quá trình chuyển pha):  $Q = mL$

Ta có: 
$$\varepsilon_L = \frac{Q}{A} = \frac{mL}{P \cdot t}$$

Thời gian làm lạnh: 
$$t = \frac{mL}{P \cdot \varepsilon_L} = \frac{0,6 \times 3,33 \cdot 10^6}{200 \times 2,8} = 357 \text{ (s)} \approx 6 \text{ phút}$$

**Ví dụ 5:** Bạn yêu cầu chế tạo một tủ lạnh sao cho nhiệt độ bên trong tủ lạnh là 2°C trong khi nó hoạt động trong phòng ở 25°C và có hệ số làm lạnh là 13,5. Yêu cầu của bạn có thực hiện được không?

**Bài giải:** Áp dụng: Đối với máy lạnh lý tưởng:

$$\varepsilon_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

Với yêu cầu về nhiệt độ thực tế thì hệ số làm lạnh lý tưởng là:

$$\varepsilon = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{2 + 273}{25 - 2} = 11,95$$

Như vậy, yêu cầu của bạn có hệ số làm lạnh 13,5 là không thực hiện được



➤ **Ví dụ 6:** Một máy bơm nhiệt có hệ số làm nóng là 3,0 và hoạt động ở công suất 1500W. **a)** Tính lượng nhiệt được bơm vào trong phòng mỗi giây. **b)** Nếu máy bơm nhiệt được điều chỉnh để hoạt động như máy lạnh vào mùa hè, thì hệ số làm lạnh của máy phải bằng bao nhiêu? Các thông số máy không đổi

➤ **Bài giải:** Công  $A = P.t = 1500.1 = 1500 \text{ (J)}$

a) Ta có:  $\varepsilon_H = \frac{Q_H}{A} \Rightarrow Q_H = \varepsilon_H A = 3 \times 1500.1 = 4500 \text{ (J)}$

b) Ta có:  $\varepsilon_L = \frac{Q_L}{A} = \frac{Q_H - A}{A} = \frac{4500 - 1500}{1500} = 2$



- **BÀI TẬP 1:** Một máy bơm nhiệt hoạt động ở công suất 1500W. Lượng nhiệt được bơm vào trong phòng mỗi giây là 4500J. Tính hệ số làm nóng
- ĐS: 3
- **BÀI TẬP 2:** Một máy động cơ nhiệt có hệ số làm lạnh bằng 2. Lượng nhiệt lấy ra khỏi buồng lạnh là 3000 J. Tính công mà động cơ thực hiện.
- ĐS:  $A = 1500 \text{ J}$
- **BÀI TẬP 3:** Bạn yêu cầu chế tạo một tủ lạnh sao cho nhiệt độ bên trong tủ lạnh là  $2^{\circ}\text{C}$  trong khi nó hoạt động trong phòng ở  $27^{\circ}\text{C}$  và có hệ số làm lạnh là 9. Yêu cầu của bạn có thực hiện được không?
- ĐS: Có



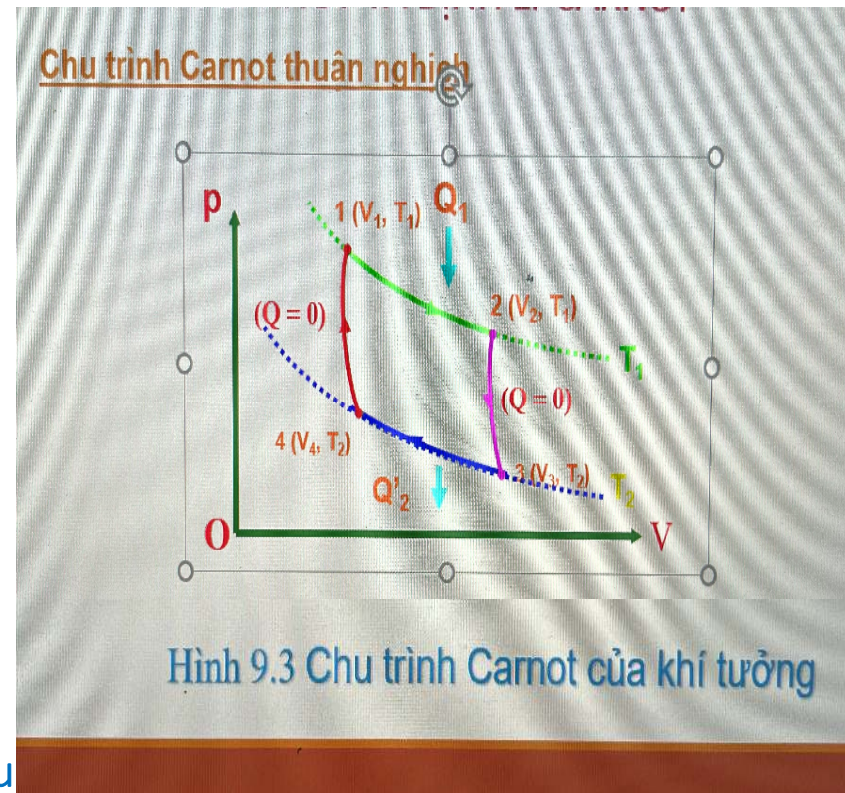
## 8.3.4. CHU TRÌNH CARNOT VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

\* Quá trình  $1 \rightarrow 2$ : Chất khí **dãn nở đẳng nhiệt** ở nhiệt độ  $T_1$ . Ở quá trình này, tác nhân nhận nhiệt lượng  $Q_1 = Q_{12}$  từ nguồn nóng, sinh công.

\* Quá trình  $2 \rightarrow 3$ : Chất khí **dãn nở đoạn nhiệt** (không có sự trao đổi nhiệt với xung quanh nên  $Q = 0$ ). Tác nhân sinh công  $A'_{23}$ , do đó nhiệt độ của nó giảm từ  $T_1$  xuống  $T_2$ .

\* Quá trình  $3 \rightarrow 4$ : Chất khí bị **nén đẳng nhiệt** ở nhiệt độ  $T_2$ . Quá trình này tác nhân tỏa nhiệt lượng  $= -Q_{34}$  cho nguồn lạnh và hệ nhận công  $A_{34}$ .

\* Quá trình  $4 \rightarrow 1$ : Chất khí bị **nén đoạn nhiệt**. Tác nhân nhận công  $A_{41}$  nên nhiệt độ của nó tăng từ  $T_2$  lên  $T_1$  và quay về trạng thái ban đầu và kết thúc chu trình Carnot.



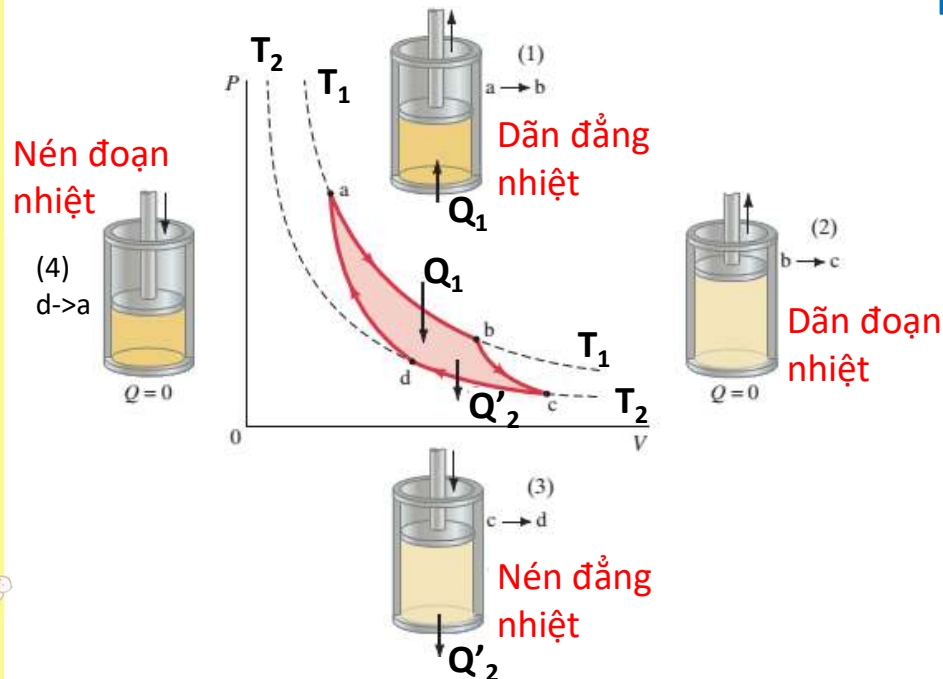




Sadi Carnot  
French engineer (1796–1832)

### 8.3.3 Động cơ Carnot:

Hoạt động dựa trên chu trình Carnot



- 2 quá trình đẳng nhiệt
- 2 quá trình đoạn nhiệt

Hiệu suất của động cơ Carnot (c/m từ các công thức của đẳng quá trình biến đổi ta có):

$$\text{Từ: } H = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} \Rightarrow H = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

**Hiệu suất của động cơ hoạt động theo chu trình Carnot chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn nóng  $T_1$  và nguồn lạnh  $T_2$**



## Hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch

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

hoặc có thể viết:

$$H_{\text{tn}}^c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$





# Định lý Carnot

- **Phát biểu định lý 1:** Hiệu suất của các động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot thuận nghịch, hoạt động giữa hai nguồn nhiệt có nhiệt độ  $T_1$  và  $T_2$  cho trước thì đều bằng nhau và đạt giá trị cực đại và không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo máy.

$$H_{tn}^C = \max = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$



# Định lý Carnot

- **Phát biểu định lý 2:** Hiệu suất của động cơ không thuận nghịch thì nhỏ hơn hiệu suất của động cơ thuận nghịch:
- **Phát biểu định lý 3:** Trong cùng điều kiện như nhau, chu trình Carnot luôn luôn có hiệu suất lớn hơn các chu trình không phải là Carnot.  
Từ ba định lý trên, ta có thể rút ra:

$$H_{ktn} < H_{tn} < H_{tn}^C = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$



# Định lý Carnot

## Phát biểu

- Hiệu suất của tất cả các 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.

$$\eta_{ktn} < \eta_{tn} < \eta_c(tn) = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

## Nhận xét

- Nhiệt không thể hoàn toàn biến thành công ( $A < Q_1$ ).
- Hiệu suất của động cơ nhiệt càng lớn nếu nhiệt độ nguồn nóng ( $T_1$ ) càng cao và nhiệt độ nguồn lạnh ( $T_2$ ) càng thấp  $\Rightarrow$  cách làm tăng  $T_1$  dễ hơn hạ nhiệt độ nguồn lạnh  $T_2 \Rightarrow$  Chất lượng lấy từ nguồn nóng cao thì tạo ra máy động cơ tốt.
- Muốn tăng hiệu suất của động cơ nhiệt thì ngoài cách làm trên còn phải chế tạo sao cho động cơ càng gần với động cơ thuận nghịch.



➤ **Ví dụ 7:** Bạn yêu cầu chế tạo động cơ với điều kiện như sau: Động cơ phải nhận nhiệt lượng 9kJ tại 435K và nhả nhiệt cho nguồn lạnh 4kJ tại 285K. Yêu cầu của bạn có thể thực hiện được không?

➤ **Bài giải:**

Hiệu suất lí tưởng (hoạt động theo chu trình Carnot):  $H = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{285}{435} = 34,5\%$

Hiệu suất theo yêu cầu:  $H = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{4}{9} = 55,6\%$

=> Yêu cầu của bạn không thực hiện được.



➤ **Ví dụ 8:** Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot thải nhiệt lượng ở nhiệt độ  $T_2 = 340^\circ\text{C}$  và hiệu suất 36%. Tính nhiệt độ khí thải ra  $T_2' = ?$  để động cơ có thể đạt hiệu suất 42%.

➤ **Bài giải:**

Trường hợp hiệu suất đạt 36%:  $H_C = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta_C} \quad (1)$

Trường hợp hiệu suất đạt 42%:  $H'_C = 1 - \frac{T'_2}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{T'_2}{1 - \eta'_C} \quad (2)$

So sánh (1) và (2):

$$\frac{T'_2}{T_2} = \frac{1 - H'_C}{1 - H_C} \Rightarrow T'_2 = T_2 \left( \frac{1 - H'_C}{1 - H_C} \right) = \dots (K) = \dots (^\circ C)$$



## Bài tập:

- **BÀI TẬP 4:** Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot NHẬN nhiệt lượng ở nhiệt độ  $800^{\circ}\text{C}$  và hiệu suất 40%. Tính nhiệt độ khí thải ra
- ĐS:  $T_2 = 370,8^{\circ}\text{C}$
- **BÀI TẬP 5:** Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot NHẬN nhiệt lượng từ buồng nóng ở nhiệt độ  $800^{\circ}\text{C}$  và thải nhiệt lượng ra buồng lạnh ở nhiệt độ  $300^{\circ}\text{C}$ . Tính hiệu suất của động cơ.
- ĐS: 46,6%
- **BÀI TẬP 6:** Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot thải nhiệt lượng ra buồng lạnh ở nhiệt độ  $200^{\circ}\text{C}$ , và hiệu suất của động cơ là 45%. Tính nhiệt độ ở buồng nóng mà động cơ nhận được.
- ĐS:  $T_1 = 587^{\circ}\text{C}$



# Bài tập:

- **BÀI TẬP 7:** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot có công suất 500W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ , nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh mỗi giây.  
ĐS:  $Q'_2 = 750\text{J}$
- **BÀI TẬP 8:** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot có công suất 500W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ , nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân nhận được trong mỗi giây.  
ĐS:  $Q_1 = 1250\text{J}$
- **BÀI TẬP 9:** Một động cơ nhiệt nhận của nguồn nóng 52kcal và trả cho nguồn lạnh 36kcal nhiệt lượng trong mỗi chu trình. Tính hiệu suất của động cơ.  
ĐS: 30,7%





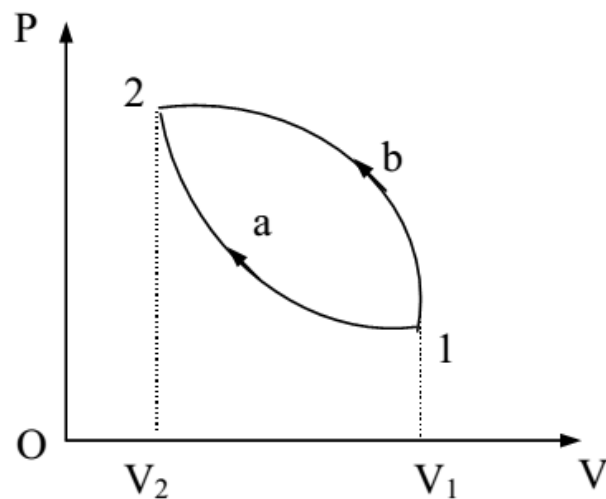
## 8.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 8.6.1 Entropy và hàm Entropy

- Entropy là đại lượng vật lý đo mức độ vô trật tự hay mức độ ngẫu nhiên của một hệ. Chiều diễn tiến tự nhiên của các quá trình nhiệt động có sự liên hệ với sự thay đổi entropy của hệ.

- Khi một hệ biến đổi theo một chu trình thuận nghịch thì:

$$\int \frac{\delta Q}{T} = 0$$



$$\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \oint_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = - \oint_{2b1} \frac{\delta Q}{T}$$

Chỉ phụ thuộc trạng thái đầu và cuối



## 8.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

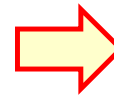
### 8.6.1 Entropy và hàm Entropy

➤ Độ biến thiên Entropy:  $\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$  **S**: entropy của hệ  
Đơn vị: **J/K**

➤ Vi phân của entropy:  $dS = \frac{\delta Q}{T}$

Đối với chu trình không thuận nghịch

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



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

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

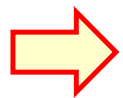


## 7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 7.6.1 Entropy và hàm Entropy

➤ vì 2b1 là quá trình thuận nghịch nên:

$$\oint_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = - \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$



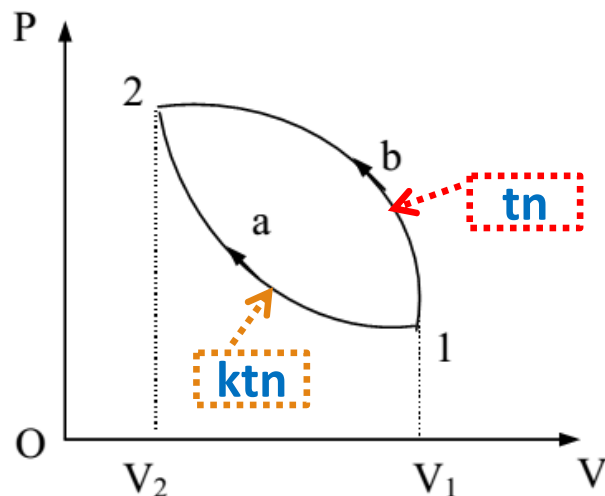
$$\oint_{1a2} \frac{\delta Q}{T} < \oint_{1b2} \frac{\delta Q}{T} \Leftrightarrow \oint_{ktn} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S$$

### TỔNG QUÁT

$$\Delta S \geq \oint \frac{\delta Q}{T}$$


$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}$$

Dấu = ứng thuận nghịch  
Dấu > ứng không thuận nghịch



## 7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

### 7.6.2 Nguyên lý tăng Entropy

➤ Đối với hệ cô lập:  $\delta Q = 0$    $\Delta S \geq 0$

$\Delta S = 0$ : quá trình TN

$\Delta S > 0$ : quá trình KTN

Với quá trình nhiệt động thực tế xảy ra trong một hệ cô lập, entropy của hệ luôn luôn tăng.

### 7.6.3 Entropy của khí lý tưởng

a) Quá trình đoạn nhiệt:

$$\Delta S = 0 \Rightarrow S = \text{const}$$

b) Quá trình đẳng nhiệt:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

c) Quá trình bất kỳ:

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$$



## 7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

➤ **Ví dụ 7.9:** Một khối khí ôxy có khối lượng 10g được hơ nóng từ nhiệt độ  $t_1=50^\circ\text{C}$  tới  $t_2=150^\circ\text{C}$ . Tính độ biến thiên entropi nếu quá trình hơ nóng là:

a. Đẳng tích.

b. Đẳng áp.

Đáp số: a/  $\Delta S_V = 1,75 \text{ J/K}$   
b/  $\Delta S_P = 2,45 \text{ J/K}$

➤ **Bài giải:**

a) Đẳng tích:

Độ biến thiên entropi:

$$\begin{aligned}\Delta S_V &= \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \\ &= \frac{10}{32} \times \frac{5 \times 8,31}{2} \times \ln \left( \frac{273 + 150}{273 + 50} \right) = \dots \left( \frac{\text{J}}{\text{K}} \right)\end{aligned}$$

b) Đẳng áp:

Độ biến thiên entropi:

$$\begin{aligned}\Delta S_p &= \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \\ &= \frac{10}{32} \times \frac{7 \times 8,31}{2} \times \ln \left( \frac{273 + 150}{273 + 50} \right) = \dots \left( \frac{\text{J}}{\text{K}} \right)\end{aligned}$$



## 7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

- **Ví dụ 7.10:** Một khối đá có khối lượng 56g được lấy ra từ một tủ lạnh ở 0°C rồi đặt vào cốc bằng giấy. Sau vài phút thì một nửa khối đá tan thành nước ở 0°C. Tìm độ biến thiên entropy của đá/nước. Biết hệ số tan chảy của nước đá là  $3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ . Đáp số: 34,2J/K

➤ **Bài giải:**

Độ biến thiên entropi:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{L \cdot m}{T} = \frac{3,33 \cdot 10^5 \times \left(\frac{56}{2}\right) \cdot 10^{-3}}{273} = \dots \left(\frac{J}{K}\right)$$



# BÀI TẬP

➤ **Câu 1:** Khi nói về động cơ nhiệt, phát biểu nào sau đây là sai?

- a. Là thiết bị biến nhiệt thành công
- b. Tác nhân phải tiếp xúc với hai nguồn nhiệt: nguồn nóng và nguồn lạnh
- c. Hiệu suất của động cơ nhiệt là  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
- d. Công sinh ra từ động cơ là  $A' = Q_1 - Q'_2$

➤ **Câu 2:** Khi nói về máy làm lạnh, phát biểu nào sau đây là sai?

- a. Là thiết bị nhận công để vận chuyển nhiệt từ nguồn lạnh sang nguồn nóng
- b. Hệ số làm lạnh của máy là  $\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$
- c. Hệ số làm lạnh luôn nhỏ hơn 1
- d. Trong phòng có máy lạnh thì nguồn nóng đặt bên ngoài và nguồn lạnh đặt bên trong





# BÀI TẬP

➤ **Câu 4:** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot có công suất 500W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ , nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh trong 5s.

- a. 3750J
- b. 750J
- c. 6250J
- d. 2500J

➤ **Câu 5:** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot có công suất 500W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ , nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân nhận được trong 5s.

- a. 3750J
- b. 750J
- c. 6250J
- d. 2500J



# BÀI TẬP

- **Câu 6:** Một động cơ nhiệt nhận của nguồn nóng 52kcal và trả cho nguồn lạnh 36kcal nhiệt lượng trong mỗi chu trình. Tính hiệu suất của động cơ
- a. 41,5%
  - b. 49,2%
  - c. 30,7%
  - d. 70,4%
- **Câu 7:** Một động cơ đốt trong thực hiện 95 chu trình trong mỗi giây. Công suất của động cơ là 120HP (1HP = 736W). Hiệu suất động cơ là 40%. Công sinh ra trong mỗi chu trình là
- a. 2325J
  - b. 930J
  - c. 88,7kJ
  - d. 70,4k



# BÀI TẬP

- **Câu 8:** Một động cơ nhiệt lý tưởng làm việc theo chu trình Carnot. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $127^{\circ}\text{C}$ , nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Động cơ nhận của nguồn nóng nhiệt lượng  $6300\text{J}$  trong mỗi giây. Công suất của động cơ là
- a.  $4725\text{W}$
  - b.  $18,9\text{kW}$
  - c.  $4,9\text{kW}$
  - d.  $1575\text{W}$
- **Câu 9:** Nhiệt dung riêng của nước là  $c = 4200\text{J/kg.K}$ . Độ biến thiên entropy của  $5\text{kg}$  nước khi đun nóng từ  $20^{\circ}\text{C}$  đến  $100^{\circ}\text{C}$  là.
- a.  $\Delta S = 5\text{kJ/K}$
  - b.  $\Delta S = -5\text{kJ/K}$
  - c.  $\Delta S = 33,8\text{kJ/K}$
  - d.  $\Delta S = -33,8\text{kJ/K}$



# BÀI TẬP

➤ **Câu 10:** Khi hơi nóng đẳng áp 6,5g khí hydro sao cho thể tích tăng gấp đôi. Độ biến thiên entropy là

- a.  $\Delta S = 65\text{J/K}$
- b.  $\Delta S = -65\text{J/K}$
- c.  $\Delta S = 65,5\text{J/K}$
- d.  $\Delta S = -65,6\text{J/K}$





Thank you



**NGUYỄN THỊ HUYỀN NGÀ**

Email:

[nthnga@hcmus.edu.vn](mailto:nthnga@hcmus.edu.vn)