



**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**  
**VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE**

# Chương 6

# Nhiệt học

**Nguyễn Tiến Hiến - Bộ môn Vật lý**

**Email: [nguyentienhien@vnua.edu.vn](mailto:nguyentienhien@vnua.edu.vn)**

**Webpage: <http://fita.vnua.edu.vn/nthien/>**

# NỘI DUNG CHÍNH

- ❖ Một số khái niệm mở đầu
- ❖ Thuyết động học phân tử các chất khí, áp suất của hệ khí lý tưởng
- ❖ Các thông số trạng thái cơ bản
  - Nhiệt độ
  - Nội năng của hệ khí lý tưởng
  - Phương trình trạng thái.
- ❖ Các nguyên lý nhiệt động lực học
  - Nguyên lý I của nhiệt động lực học
  - Nguyên lý II của nhiệt động lực học

# MỞ ĐẦU

- ❖ Nhiệt học = phần Vật lý nghiên cứu “Chuyển động nhiệt”
- ❖ “Chuyển động nhiệt”: chuyển động hỗn loạn của các phân tử/nguyên tử (không có phương ưu tiên)
- ❖ Phương pháp nghiên cứu
  - Phương pháp thống kê: Dựa vào các quy luật thống kê để tìm ra quy luật chung cho cả hệ và giải thích các tính chất của hệ.
  - Phương pháp nhiệt động lực: Nghiên cứu quá trình trao đổi và chuyển hóa năng lượng dựa vào kết quả thực nghiệm từ sự quan sát các quá trình tự nhiên từ đó tổng quát hóa thành các nguyên lý nhiệt động lực học.
- ❖ Nội dung chính
  - Thuyết động học phân tử
  - Các quy luật phân bố hệ nhiệt động
  - Các nguyên lý nhiệt động lực học và ứng dụng

# KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- ❖ Hệ nhiệt động: “Tập hợp của các phân tử/ nguyên tử chuyển động trong một không gian nhất định” => môi trường xung quanh là phần còn lại của vũ trụ
  - VD: tập hợp các phân tử khí trong bình kín, tập hợp các phân tử nước trong phích,...
  - Phân loại:
    - Hệ cô lập: hệ nhiệt động không trao đổi cả chất và năng lượng với môi trường xung quanh
    - Hệ kín: hệ nhiệt động không trao đổi chất mà chỉ trao đổi năng lượng với môi trường xung quanh
    - Hệ mở: hệ nhiệt động trao đổi cả chất và năng lượng
- ❖ Trạng thái vi mô và trạng thái vĩ mô
- ❖ Thông số trạng thái: tập hợp tất cả các đại lượng đặc trưng cho các tính chất của hệ (các đại lượng  $p$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $m$  hoặc  $n$ )

# KHÁI NIỆM CƠ BẢN

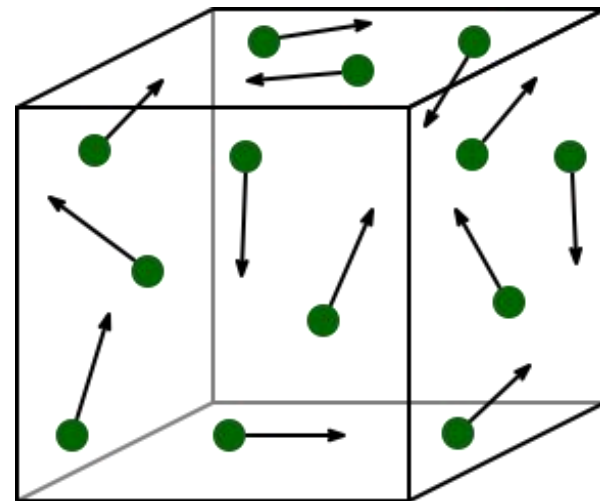
## ❖ Hệ khí lý tưởng

- Kích thước (đường kính) của các phân tử vô cùng nhỏ, mỗi phân tử được coi như một chất điểm.
- Các phân tử khí luôn chuyển động tịnh tiến hỗn loạn theo mọi phương không có phương ưu tiên.
- Các phân tử khí không tương tác với nhau, trừ khi va chạm.
- Va chạm giữa các phân tử là hoàn toàn đàn hồi

# THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ

- ❖ Giải thích các tính chất vĩ mô của hệ nhiệt động thông qua sự vận động của các phân tử vi mô
- ❖ Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí lý tưởng
  - **Trường hợp 1** - Khí lý tưởng cùng loại phân tử
    - Xét một bình chứa có cạnh  $a$  chứa khí lý tưởng cùng loại không chịu tác dụng của ngoại lực bên ngoài
    - Chuyển động nhiệt  $\Rightarrow$  các phân tử chuyển động hỗn loạn va chạm với thành bình gây ra một áp suất gọi là áp suất khí lý tưởng.
    - Giả thiết số phân tử chứa trong bình kín bằng  $N_0 \Rightarrow$  do chuyển động nhiệt số phân tử chuyển động tới đập vào mỗi thành bình là như nhau và bằng

$$N = \frac{N_0}{6}$$



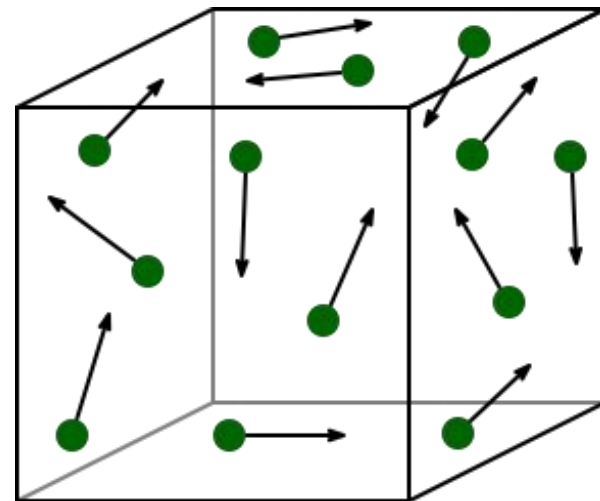
# THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ

- ❖ Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí lý tưởng
  - Trường hợp 1: - Khí lý tưởng cùng loại phân tử
    - Gọi  $F$  là tổng hợp lực do  $N$  phân tử gây ra
    - Áp suất của hệ khí theo mọi phương là  $p = \frac{F}{S} = N \cdot f/S$
    - $\Rightarrow$  Ta cần tìm  $N$  và  $f$
  - Tìm  $N$ :
    - Gọi  $\Delta t$  là thời gian để phân tử đi được quãng đường bằng chiều dài  $a$  của bình chứa thì ta sẽ có  $a = v\Delta t$  và thể tích bình chứa được tính là

$$V = aS = (v\Delta t)S$$

- Vì mật độ phân bố đều của hệ khí được tính là  $n = N_0/V$  nên

$$N_0 = nV = nv\Delta tS \Rightarrow N = \frac{nv\Delta tS}{6}$$



# THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ

## ❖ Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí lý tưởng

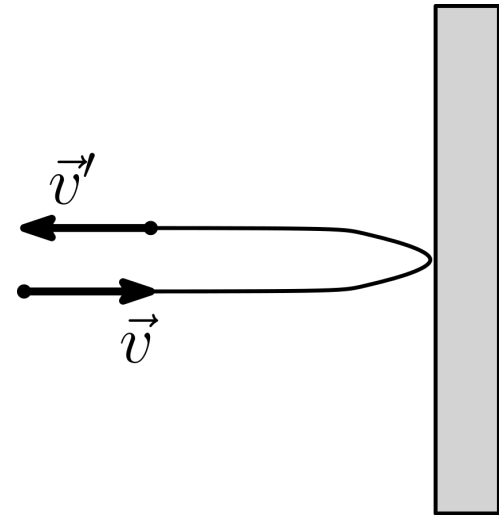
### ○ Tìm $f$ :

- Để tìm  $f$  ta áp dụng định lý về động lượng và định luật III Newton cho chuyển động của mỗi phân tử khí va chạm vào thành bình.
- Do va chạm của phân tử khí lý tưởng với thành bình là va chạm đàn hồi, nên khi một phân tử có vận tốc  $v$  đập vào thành bình thì sẽ bị phản xạ ngược lại với vận tốc  $-v$ .
- Biến thiên động lượng của phân tử là

$$\Delta \vec{p} = m(-\vec{v}) - m\vec{v} = -2m\vec{v}$$

- Định lý về động lượng: sự thay đổi động lượng của phân tử cân bằng với lực  $f$  mà thành bình tác dụng lên phân tử.

$$\vec{f} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = -\frac{2m\vec{v}}{\Delta t}$$





# THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ

## ❖ Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí lý tưởng

### ○ Tìm $f$ :

- Định luật 3 của Newton

$$\vec{f} = -\vec{f}'$$

- Trong đó  $\vec{f}$  là lực do phân tử khí tác dụng lên thành bình S

$$\vec{f} = -\vec{f}' = \frac{2m\vec{v}}{\Delta t}$$

### ○ Vậy

$$p = \frac{N \cdot f}{S} = \frac{nv\Delta tS}{6} \times \frac{2mv}{\Delta t} \times \frac{1}{S} = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$$

$$p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$$

# THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ

- ❖ Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử khí lý tưởng
  - Trong thực tế các phân tử có vận tốc khác nhau, nên ta thường dùng vận tốc bình phương trung bình

$$v^2 = \overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n}$$

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m \overline{v^2}}{2} = \frac{2}{3} n \overline{W_d}$$

- **Trường hợp 2** - Hỗn hợp khí lý tưởng
  - Nếu hỗn hợp gồm k loại khí với mật độ  $n_1, n_2, \dots, n_k$

$$p = \frac{2}{3} n_1 \overline{W_d} + \frac{2}{3} n_2 \overline{W_d} + \dots + \frac{2}{3} n_k \overline{W_d}$$

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_k$$

# NỘI NĂNG CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG

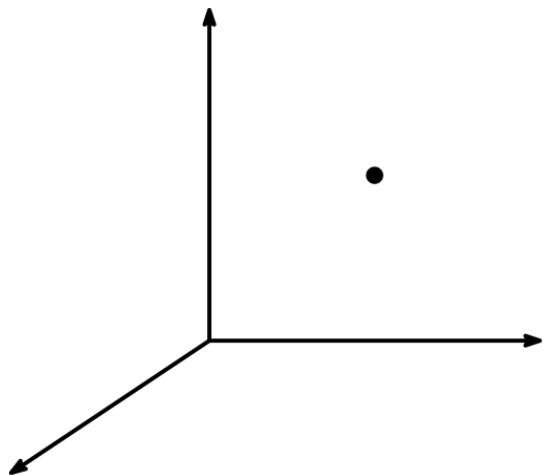
- ❖ “Nội năng = Tổng năng lượng chứa trong hệ”
- ❖ Nội năng = Động năng + Thế năng tương tác giữa các phân tử
- ❖ Đối với khí lý tưởng: Nội năng = Động năng
- ❖ Định luật phân bố đều động năng theo các bậc tự do:  
“Với phân tử có  $i$  bậc tự do thì động năng của nó phân bố đều theo số bậc tự do. Mỗi bậc tự do là”

$$\overline{W_d} = \frac{1}{2} k_B T$$

- ❖ Bậc tự do  $i$ : số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của một phân tử

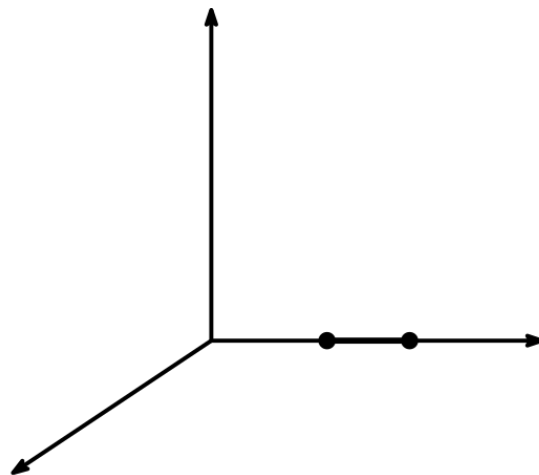
# NỘI NĂNG CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG

- ❖ Bậc tự do  $i$ : số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của một phân tử



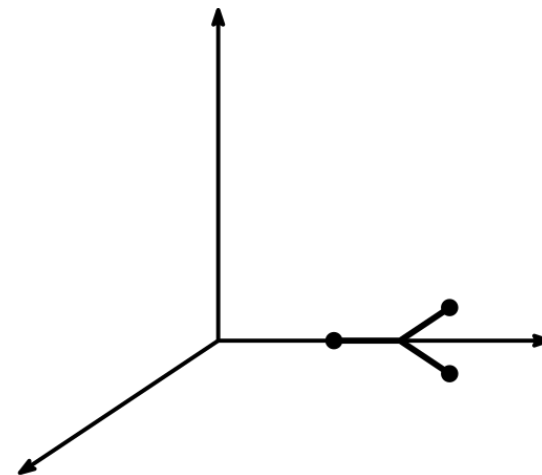
Phân tử  
đơn nguyên tử  
( $i = 3$ )

Nội năng  
( $U = \frac{3}{2}k_B T$ )



Phân tử có  
hai nguyên tử  
( $i = 5$ )

Nội năng  
( $U = \frac{5}{2}k_B T$ )



Phân tử có hơn  
đơn nguyên tử  
( $i = 6$ )

Nội năng  
( $U = \frac{6}{2}k_B T$ )

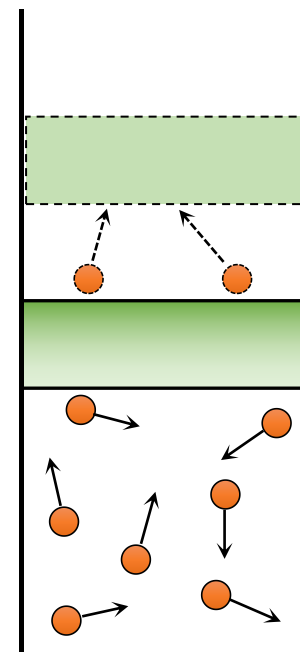
# NGUYÊN LÝ 1 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Công và Nhiệt lượng

- Truyền một năng lượng cho khối khí trong xi lanh làm khối khí giãn nở đẩy pít tông dịch chuyển  $\Rightarrow$  khối khí thực hiện công.
- Nếu giữ cố định piston thì năng lượng được truyền cho các phân tử khí làm chúng chuyển động hỗn loạn nhanh hơn  $\Rightarrow$  nhiệt độ khí trong xi lanh tăng lên  $\Rightarrow$  nội năng của khối khí tăng lên

## ❖ So sánh công và nhiệt lượng

- Giống nhau:
  - Đều là đại lượng đo mức độ trao đổi năng lượng của một hệ nhiệt động
  - Là hàm của quá trình không phải hàm trạng thái
- Khác nhau:
  - Công liên quan đến chuyển động có định hướng của hệ
  - Nhiệt lượng liên quan đến chuyển động hỗn loạn của các phân tử.



# NGUYÊN LÝ 1 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Nội dung của nguyên lý I

○ Phát biểu “Nhiệt lượng mà hệ nhiệt động nhận được một phần làm thay đổi nội năng của hệ, một phần biến đổi thành công mà hệ thực hiện ra môi trường”

○ Biểu thức

$$Q = \Delta U + A$$

○ Quy ước:

▪  $A < 0$ : hệ nhận công từ môi trường xung quanh

▪  $A > 0$ : hệ sinh công ra môi trường xung quanh

▪  $Q > 0$ : hệ nhận nhiệt lượng từ môi trường xung quanh

▪  $Q < 0$ : hệ tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh

○ Đối với quá trình biến đổi vô cùng nhỏ

$$\delta Q = dU + \delta A$$

# NGUYÊN LÝ 1 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Ý nghĩa của nguyên lý I

- $A < 0, Q > 0$ ; hệ nhận công và nhiệt lượng từ môi trường xung quanh, khí đó  $\Delta U > 0$ , nội năng của hệ tăng lên.
- $A > 0, Q < 0$ ; hệ thực hiện công và tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, khí đó  $\Delta U < 0$ , nội năng của hệ giảm đi.
- $A = 0, Q = 0$ ; khí đó  $\Delta U = 0$ , nội năng của hệ được bảo toàn
- **“Nguyên lý 1 của nhiệt động lực học thực chất là nguyên lý bảo toàn năng lượng áp dụng cho một hệ nhiệt động”**

# NGUYÊN LÝ 1 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Hệ quả của nguyên lý I

- **Hệ quả 1:** Hệ cô lập gồm hai vật trao đổi nhiệt với nhau

$$A = 0; Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$Q = 0 \Leftrightarrow Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2$$

==> nhiệt lượng của vật này tỏa ra bằng nhiệt lượng của vật kia thu vào

- **Hệ quả 2:** Hệ không trao đổi nhiệt với môi trường

$$Q = 0 \Rightarrow A = -\Delta U$$

==> Hệ liên tục sinh công đến khi mất hết năng lượng, nội năng bằng 0 thì không thể sinh công nữa



# NGUYÊN LÝ 1 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Hệ quả của nguyên lý I

- **Hệ quả 3:** Động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình khép kín

$$\Delta U = 0 \Rightarrow A = Q$$

==> Công sinh ra cân bằng với nhiệt lượng nhận vào. Điều đó có nghĩa là “hệ sinh công thì bắt buộc phải nhận nhiệt và ngược lại hệ chỉ tỏa nhiệt khi nhận công từ môi trường”.

- **Kết luận từ các hệ quả của nguyên lý 1**
  - Không tồn tại động cơ vĩnh cửu loại I:
  - Động cơ vĩnh cửu loại I
    - Hoặc sinh công mãi mãi mà không nhận nhiệt.
    - Hoặc sinh công lớn hơn nhiệt nhận vào.

# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Các hạn chế của nguyên lý I

- **Hạn chế 1:** “Không chỉ rõ chiều của quá trình truyền nhiệt”.
  - VD1: Thả viên đá lạnh vào cốc nước nóng => đá tan. Nhiệt lượng truyền từ cốc nước nóng sang viên đá lạnh mà ko có điều ngược lại.
  - VD2: Nhiệt lượng truyền từ bếp lửa sang dụng cụ nấu ăn, ko có điều ngược lại.
  - => “Trong thực tế nhiệt chỉ truyền từ vật nóng hơn sang vật lạnh”
- **Hạn chế 2:** “Không phân biệt được công và nhiệt lượng”.
  - VD: Một hòn đá rơi từ độ cao  $h$  xuống mặt đất, toàn bộ công của lực hấp dẫn  $A = W_t = mgh$  đã biến thành nhiệt lượng  $Q$  làm hòn đá và mặt đất nóng lên. Ở chiều ngược lại nếu cung cấp cho hòn đá đang nằm trên mặt đất một nhiệt lượng đúng bằng  $Q$  thì nó không thể biến thành công làm hòn đá tự nhảy lên độ cao  $h$  được
  - ==> “Trong thực tế công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt nhưng nhiệt không thể tự nhiên chuyển hóa thành công”

# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Các hạn chế của nguyên lý I

- **Hạn chế 3:** “Không đánh giá được chất lượng nguồn nhiệt”.
  - VD: mở to bếp ga đun nước sôi nhanh hơn
  - $\implies$  “Thực tế những nguồn nhiệt có nhiệt độ cao hơn thường có chất lượng hơn”

Từ những hạn chế trên ta thấy lý thuyết nhiệt động lực học dựa trên cơ sở của nguyên lý 1 có những hạn chế nhất định trong việc giải thích một số hiện tượng tự nhiên mặc dù nguyên lý 1 không vi phạm định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng. Vì thế ta cần phải bổ sung cho nguyên lý 1 để hoàn thiện lý thuyết nhiệt động lực học.

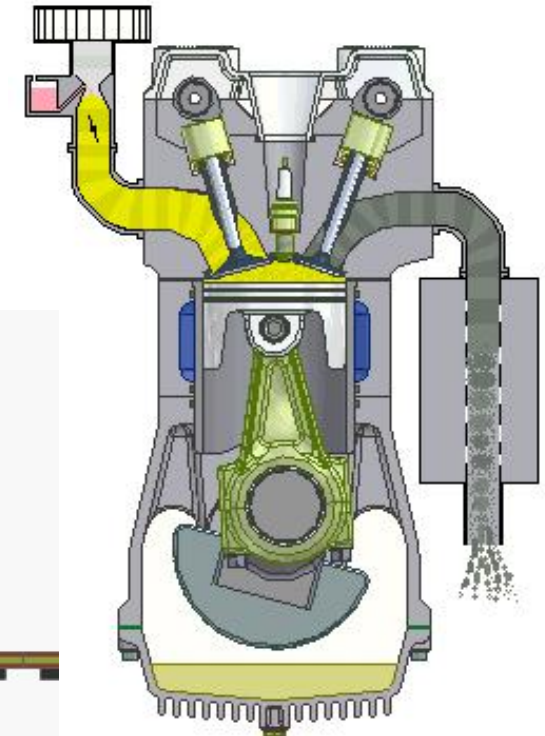
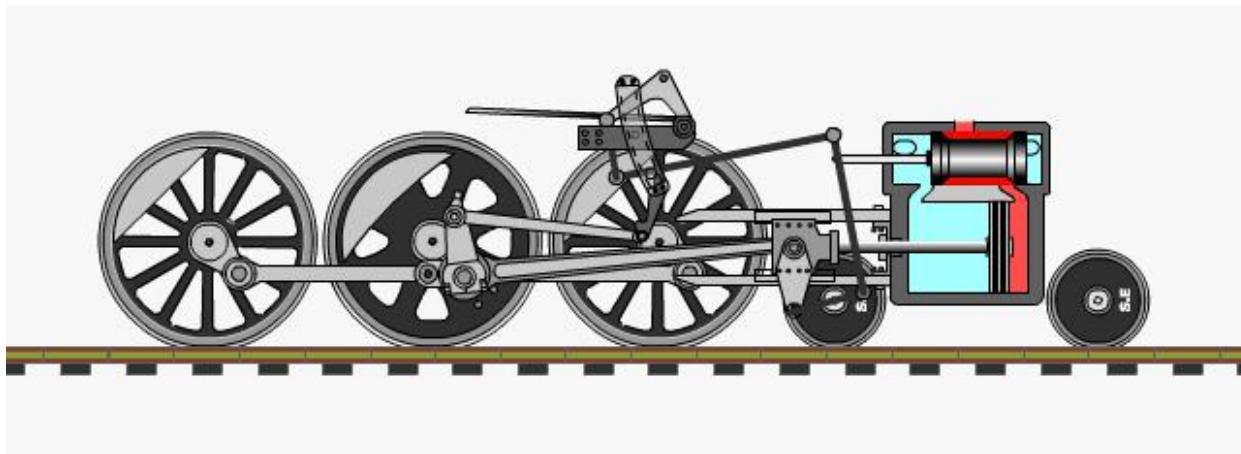
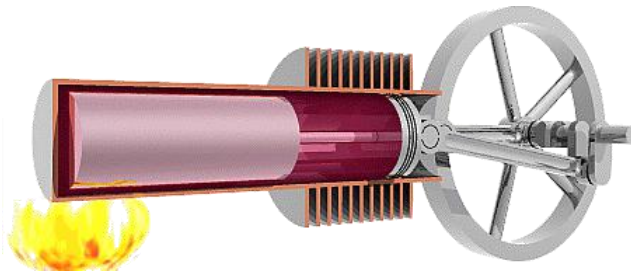
# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Phát biểu nguyên lý II

- Cách phát biểu 1 của Thompson: “Không thể chế tạo được động cơ nhiệt hoạt động theo một chu trình khép kín liên tục chuyển hóa nhiệt thành công mà chỉ tiếp xúc với một nguồn nhiệt duy nhất” hay “không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 2 (đó là loại động cơ hoạt động mà chỉ tiếp xúc với một nguồn nhiệt duy nhất)”
- Cách phát biểu 2 của Clausius: “Nhiệt không thể tự động truyền từ nguồn lạnh sang nguồn nóng” hay “không thể chế tạo được máy lạnh vĩnh cửu

# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

- ❖ Cách phát biểu 1 của Thompson: Động cơ nhiệt
  - Máy biến đổi nhiệt thành công
  - VD: động cơ hơi nước, động cơ đốt trong, động cơ diesel
  - Hoạt động tuần hoàn theo chu trình khép kín
  - Tác nhân: hơi nước, chất khí, ga, xăng, dầu ...



# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Cách phát biểu 1 của Thompson: Động cơ nhiệt

### ○ Hoạt động trong 1 chu trình

- Động cơ nhiệt nhận nhiệt lượng  $Q_1$  từ nguồn nóng có nhiệt độ  $T_1$  (VD ta đốt khối khí nóng lên, áp suất tăng)
- Nhiệt lượng nhận được này chuyển hóa thành công (khí giãn nở đẩy pittong).
- Để hoạt động theo chu trình thì phải đưa động cơ nhiệt về trạng thái ban đầu ==> Vậy chỉ có cách giảm nhiệt độ của động cơ nhiệt, lúc này ta cho động cơ nhiệt tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ  $T_2$  (bình làm lạnh: có thể dùng nước, không khí...).
- Động cơ nhiệt thải ra nguồn lạnh phần nhiệt lượng còn lại là  $Q_2$  và quay trở về trạng thái ban đầu ==> động cơ nhiệt không thể hoạt động được nếu không có nguồn lạnh
- Như vậy nhiệt lượng nhận được một phần để sinh công  $A$  phần còn lại được thải ra nguồn lạnh.

# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

## ❖ Cách phát biểu 1 của Thompson: Động cơ nhiệt

### ○ Hiệu suất của động cơ nhiệt

- Như vậy nhiệt lượng nhận được  $Q_1$  một phần để sinh công  $A$  phần còn lại  $Q_2$  được thải ra nguồn lạnh.
- Theo nguyên lý I với một chu trình thì công sinh ra bằng nhiệt lượng nhận vào

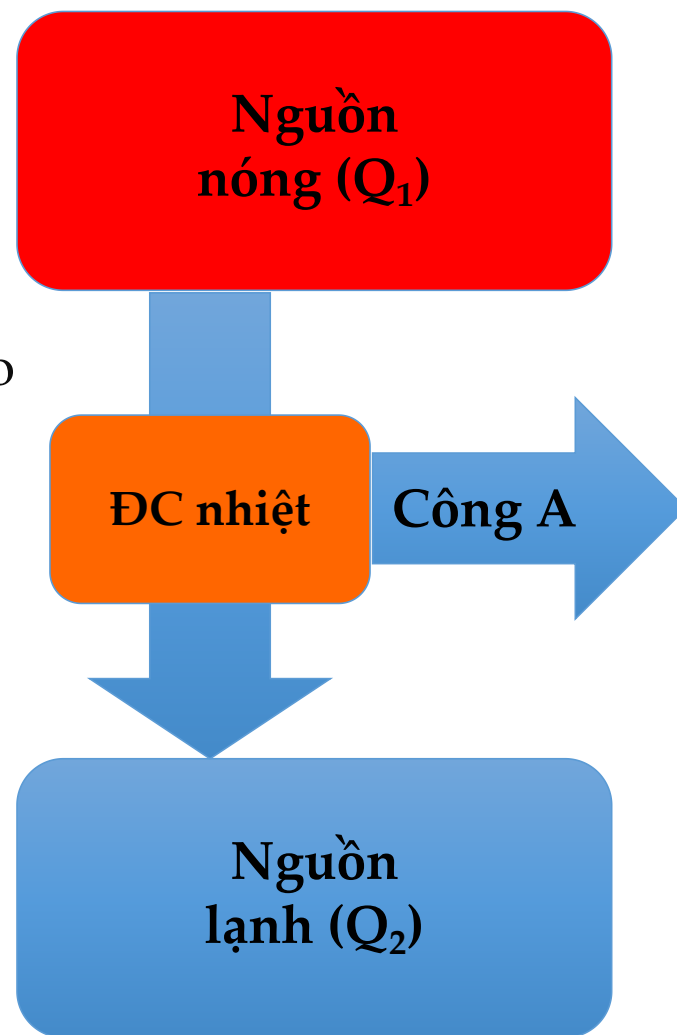
$$A = Q_1 - Q_2$$

- Hiệu suất của động cơ nhiệt

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

- Nếu động cơ nhiệt hoạt động theo một chu trình Carnot

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



# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

- ❖ Cách phát biểu 1 của Thompson: Động cơ nhiệt
  - Hiệu suất của động cơ nhiệt

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

Kết luận: “Rõ ràng để biến đổi hoàn toàn nhiệt lượng sang công thì  $Q_2$  phải bằng 0, dẫn tới hiệu suất của động cơ nhiệt bằng 1. Nhưng thực tế như đã lập luận ở trên động cơ nhiệt không thể thiếu được nguồn lạnh, tức là phải có nhiệt lượng  $Q_2$  tỏa ra cho nguồn lạnh. Như vậy, thực tế hiệu suất của một động cơ nhiệt luôn nhỏ hơn 1, do đó ta không thể chế tạo được động cơ nhận bao nhiêu nhiệt lượng thì sinh công bấy nhiêu mà không hề tổn chút nhiệt lượng hao phí nào (động cơ vĩnh cửu loại II). Mặc dù loại động cơ này không vi phạm nguyên lý I.”



# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

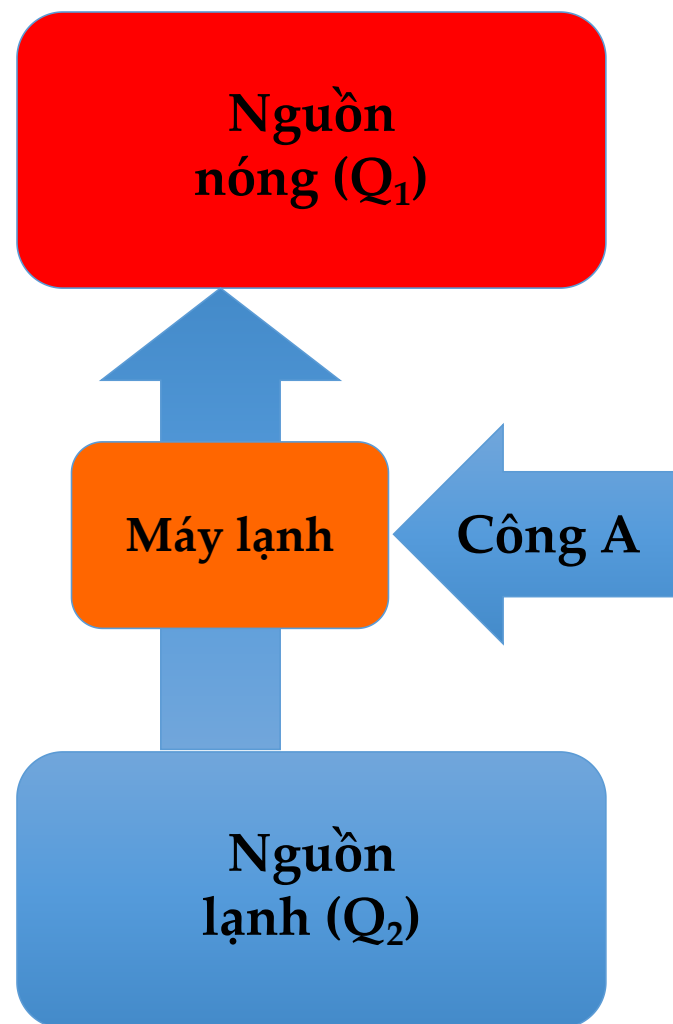
## ❖ Cách phát biểu 2 của Clausius: Máy làm lạnh

- Máy dùng công để chuyển nhiệt từ nguồn lạnh sang nguồn nóng
- Tác nhân: Khí ga
- VD: Tủ lạnh, điều hòa nhiệt độ, bơm nhiệt
- Hoạt động
- Hệ số làm lạnh

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

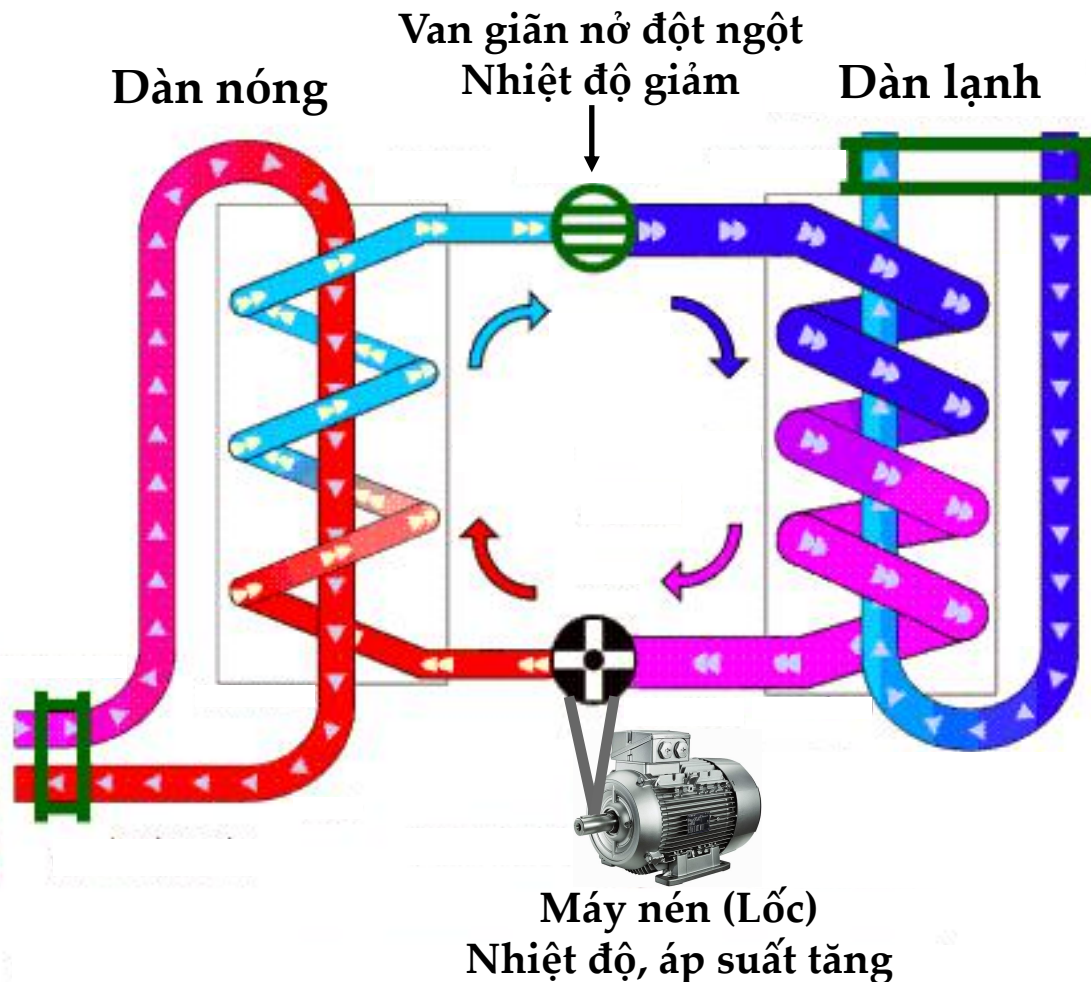
- Nếu máy lạnh hoạt động theo chu trình Carnot

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$



# NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

- ❖ Cách phát biểu 2 của Clausius: Máy làm lạnh
  - Nguyên tắc hoạt động của máy lạnh





# Hết chương 6

**Nguyễn Tiến Hiến - Bộ môn Vật lý**

**Email: [nguyentienhien@vnua.edu.vn](mailto:nguyentienhien@vnua.edu.vn)**

**Webpage: <http://fita.vnua.edu.vn/nthien/>**