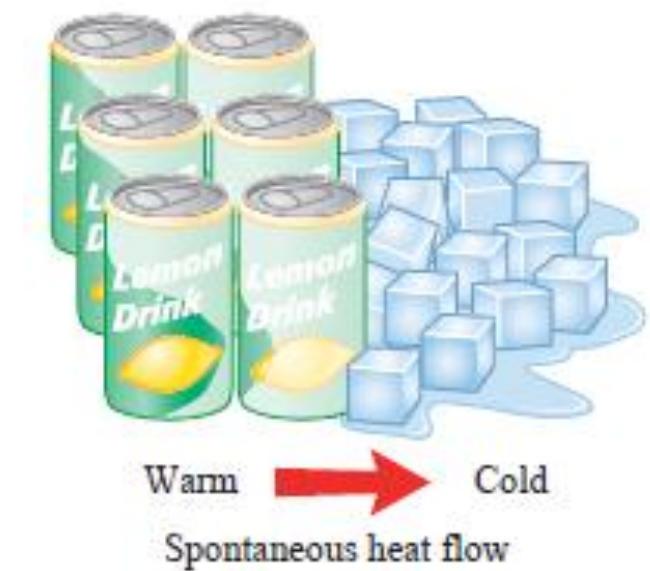


# Chương 7: Nguyên lý II Nhiệt động học



# I. Những hạn chế của Nguyên lý I Nhiệt động học

- Nhiệt luôn truyền từ vật nóng sang vật lạnh hơn.
- Theo nguyên lý I công và nhiệt lượng là tương đương nhau nhưng thực tế công có thể chuyển hoàn toàn thành nhiệt lượng nhưng nhiệt lượng chỉ có thể biến 1 phần thành công.
- Nguyên lý I không quan tâm đến nhiệt độ của nhiệt lượng khi biến thành công. Thực tế nhiệt lượng ở nhiệt độ cao khi biến thành công tốt hơn nhiệt lượng ở nhiệt độ thấp.



## **II. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch**

- **Quá trình thuận nghịch:** quá trình đưa hệ nhiệt động từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 và ngược lại, từ trạng thái 2 về trạng thái 1, đi qua đúng mọi trạng thái trung gian giống như chiều thuận từ 1 đến 2.
- **Quá trình không thuận nghịch**

### III. Nguyên lý II Nhiệt động học

#### 1. Máy nhiệt

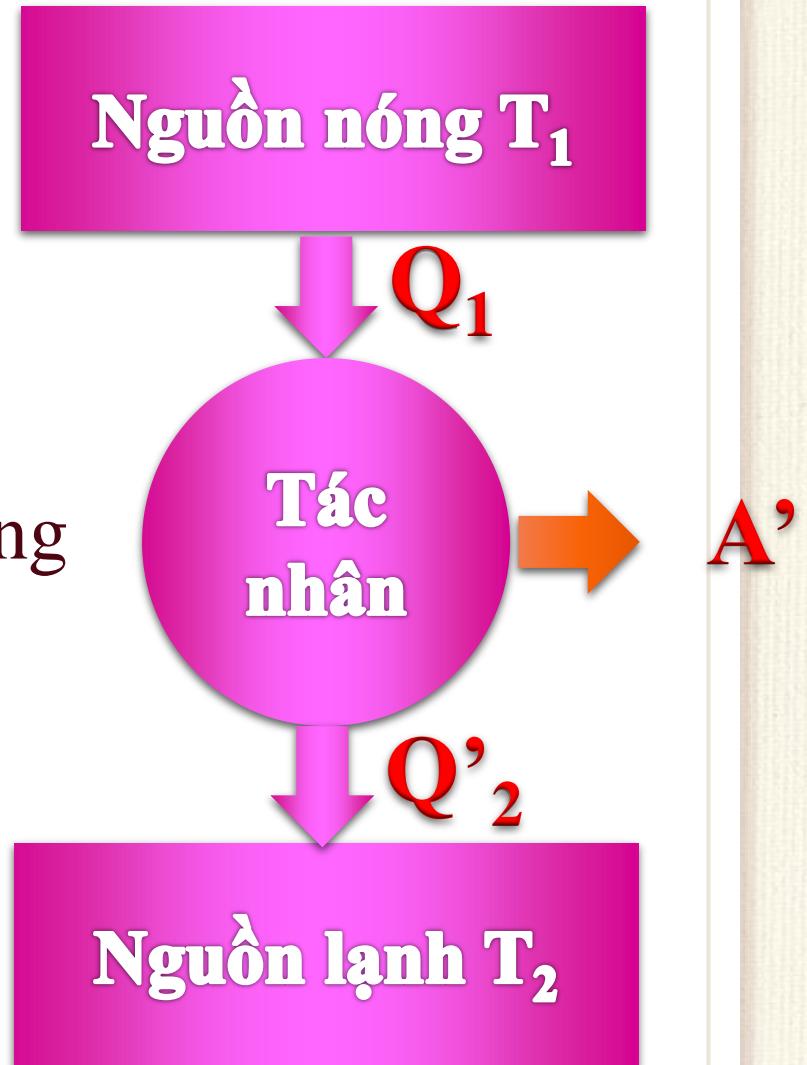
- Hệ hoạt động tuần hoàn để biến công thành nhiệt hoặc biến nhiệt thành công

##### a) *Động cơ nhiệt*

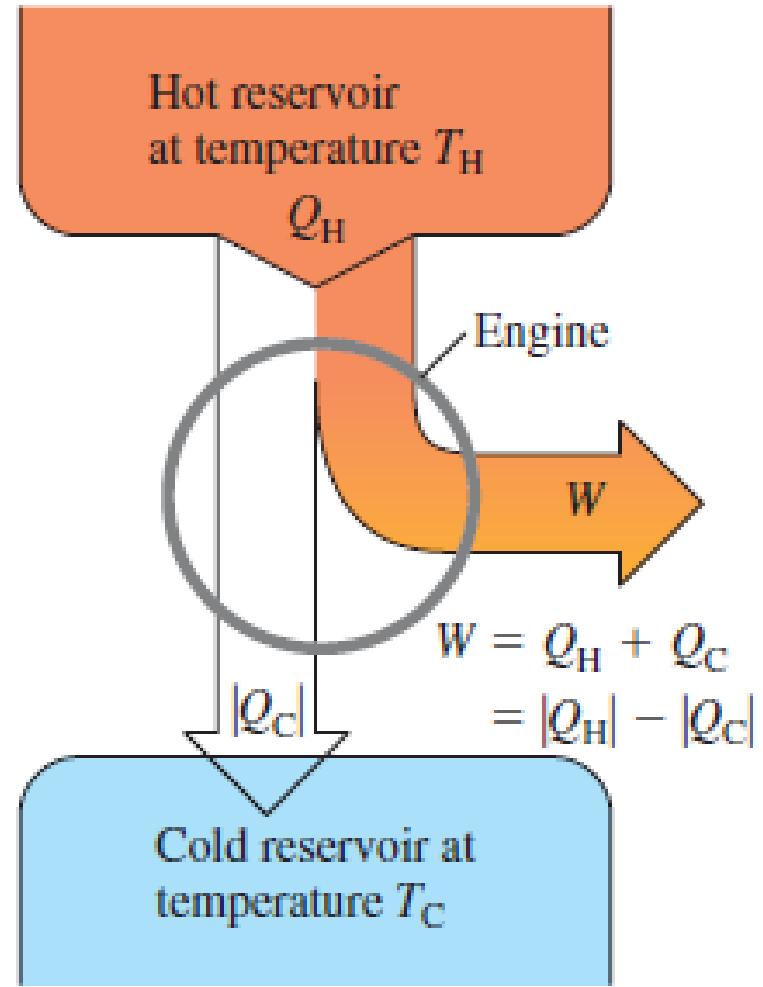
- Nguyên tắc: biến đổi nhiệt lượng thành công

##### - Cấu tạo:

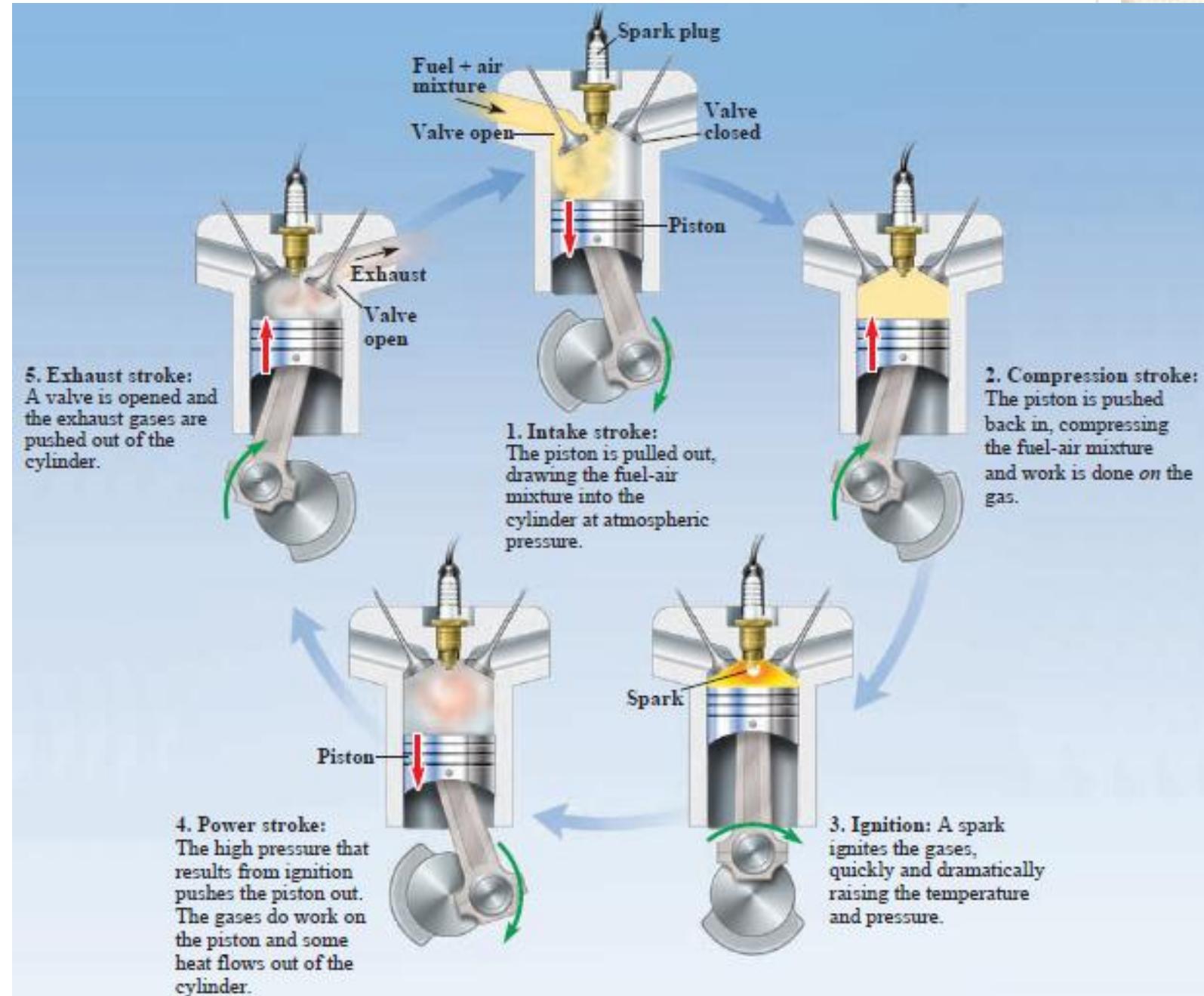
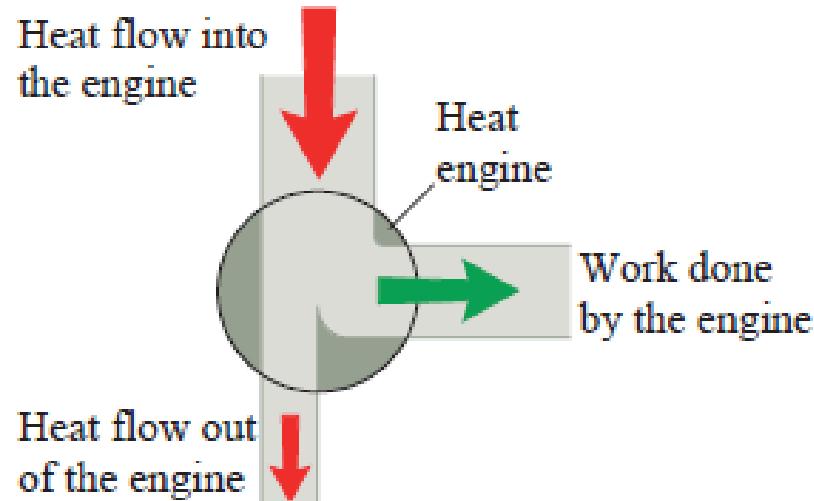
- Nguồn nóng ( $T_1$ )
- Nguồn lạnh ( $T_2$ )
- Tác nhân (TN)



# Động cơ nhiệt

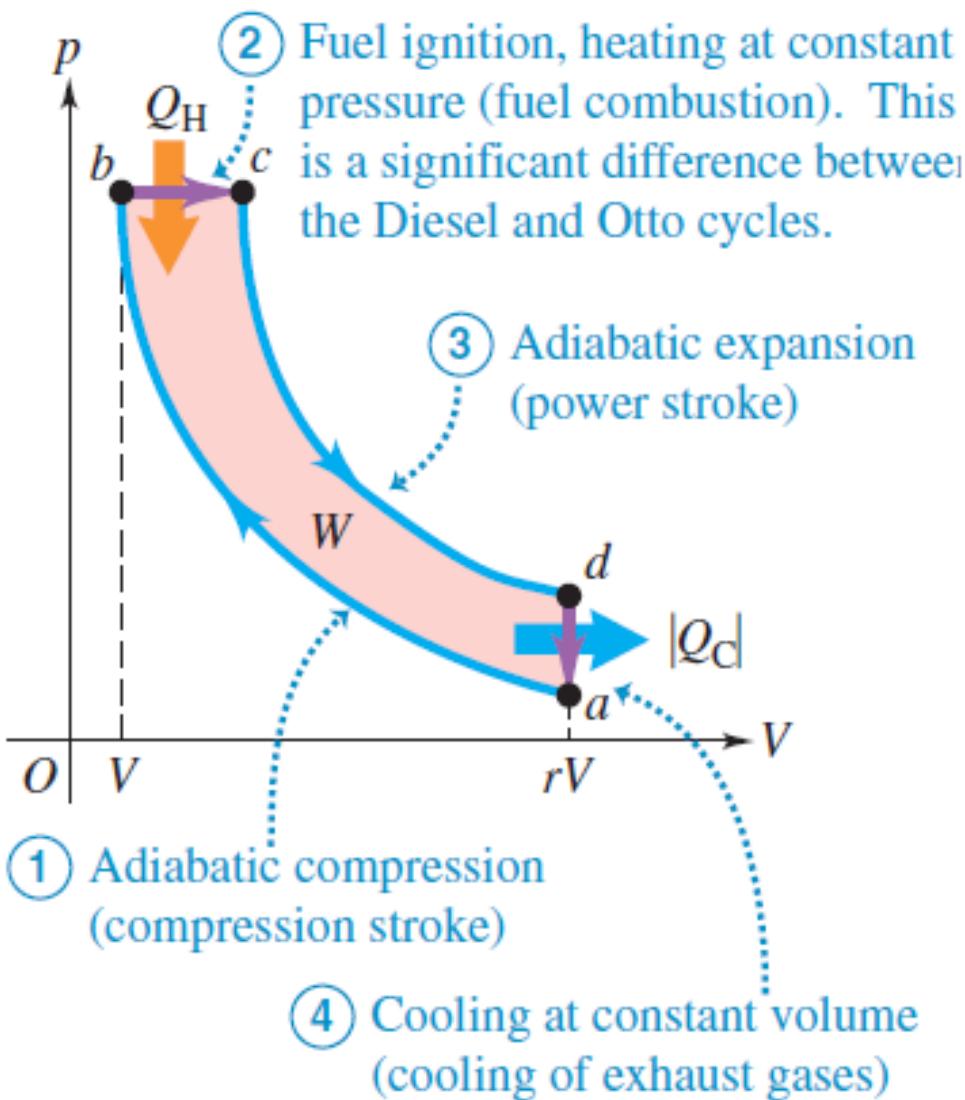


# Động cơ nhiệt



# Động cơ Diesel

Diesel cycle



Tại trạng thái a, khói khí bị **nén** **đoạn nhiệt** đến trạng thái b, sau đó nung nóng ở **áp suất không đổi** đến trạng thái c, **dãn nở** **đoạn nhiệt** đến trạng thái d và làm **lạnh** **đẳng tích** trở lại trạng thái a.

$$Q_1 = A' + Q'_2$$



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

- Hiệu suất động cơ nhiệt:

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

Nguyên lý thứ II: một động cơ nhiệt không thể sinh công nếu như nó chỉ trao đổi nhiệt với một nguồn nhiệt duy nhất.

Nguồn nóng  $T_1$

$Q_1$

Tác  
nhân

$A'$

$Q'_2$

Nguồn lạnh  $T_2$

## Ví dụ:

Một động cơ nhiệt trong xe tải lấy 2500 J từ nguồn nóng và thực hiện công 500 J trong một chu trình. Nhiệt lượng động cơ nhận được thông qua quá trình đốt cháy xăng nhiên liệu.

- a) Xác định hiệu suất động cơ nhiệt.
- b) Xác định nhiệt lượng trả cho nguồn lạnh trong một chu kỳ.

## SOLUTION

**SET UP** It's often useful to make an energy-flow sketch for heat-engine problems; Figure 16.2 shows what we draw. We are given that  $Q_H = 2500 \text{ J}$  and  $W = 500 \text{ J}$ .

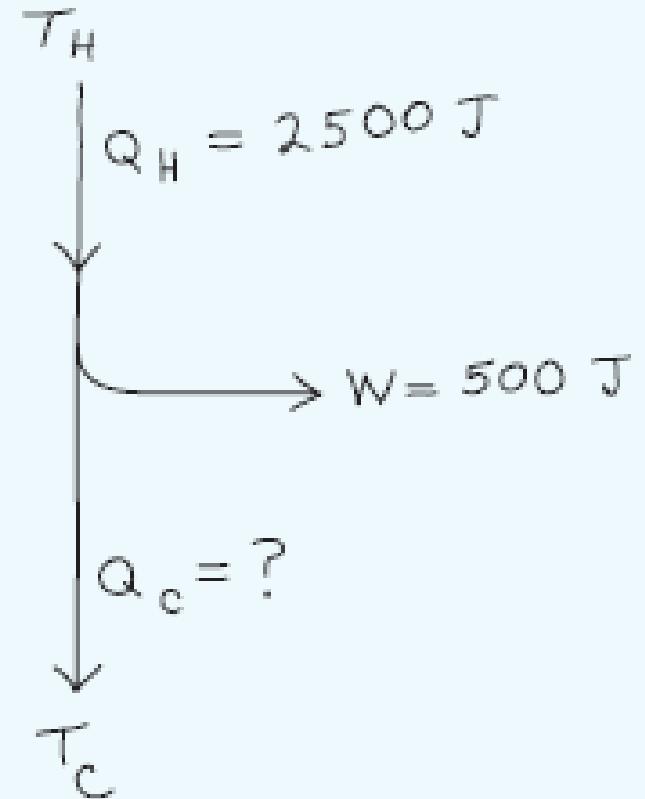
**SOLVE** Part (a): The thermal efficiency is found from Equation 16.3:

$$\epsilon = \frac{W}{Q_H} = \frac{500 \text{ J}}{2500 \text{ J}} = 0.20 = 20\%.$$

Part (b): From Equation 16.2, the heat  $Q_C$  discarded per cycle is the difference between the heat absorbed ( $Q_H$ ) and the work  $W$  done by the engine:

$$\begin{aligned} W &= Q_H + Q_C, \\ 500 \text{ J} &= 2500 \text{ J} + Q_C, \\ Q_C &= -2000 \text{ J}. \end{aligned}$$

Thus, 2000 J of heat leaves the engine during each cycle.



## b) Máy làm lạnh

- Nguyên tắc: biến đổi công thành nhiệt

- Cấu tạo:

- Nguồn nóng ( $T_1$ )
- Nguồn lạnh ( $T_2$ )
- Tác nhân (TN)

- Hệ số máy làm lạnh:

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

Nguyên lý thứ II: không thể tồn tại một quá trình nhiệt động mà kết quả duy nhất là sự truyền nhiệt lượng từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.

Nguồn nóng  $T_1$

$Q'_1$

Tác  
nhân

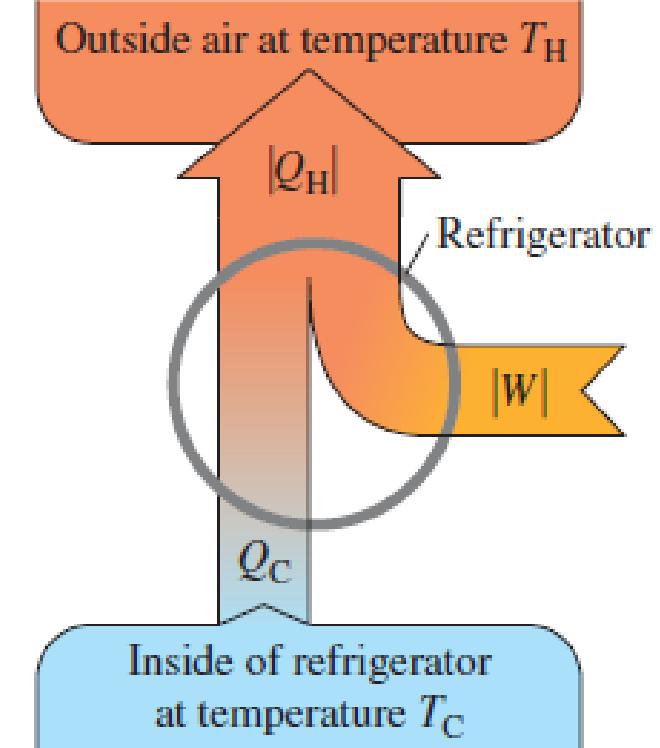
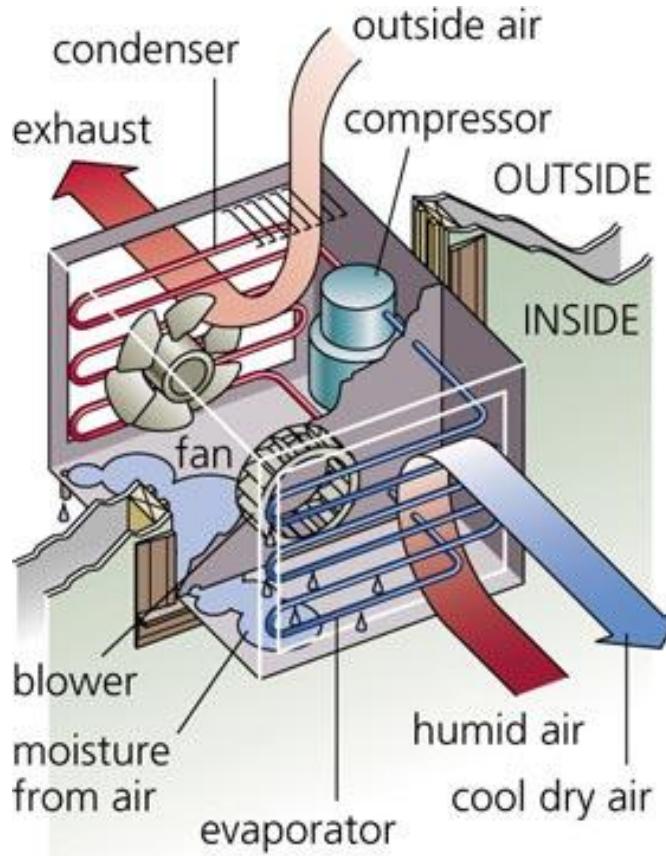
A

$Q_2$

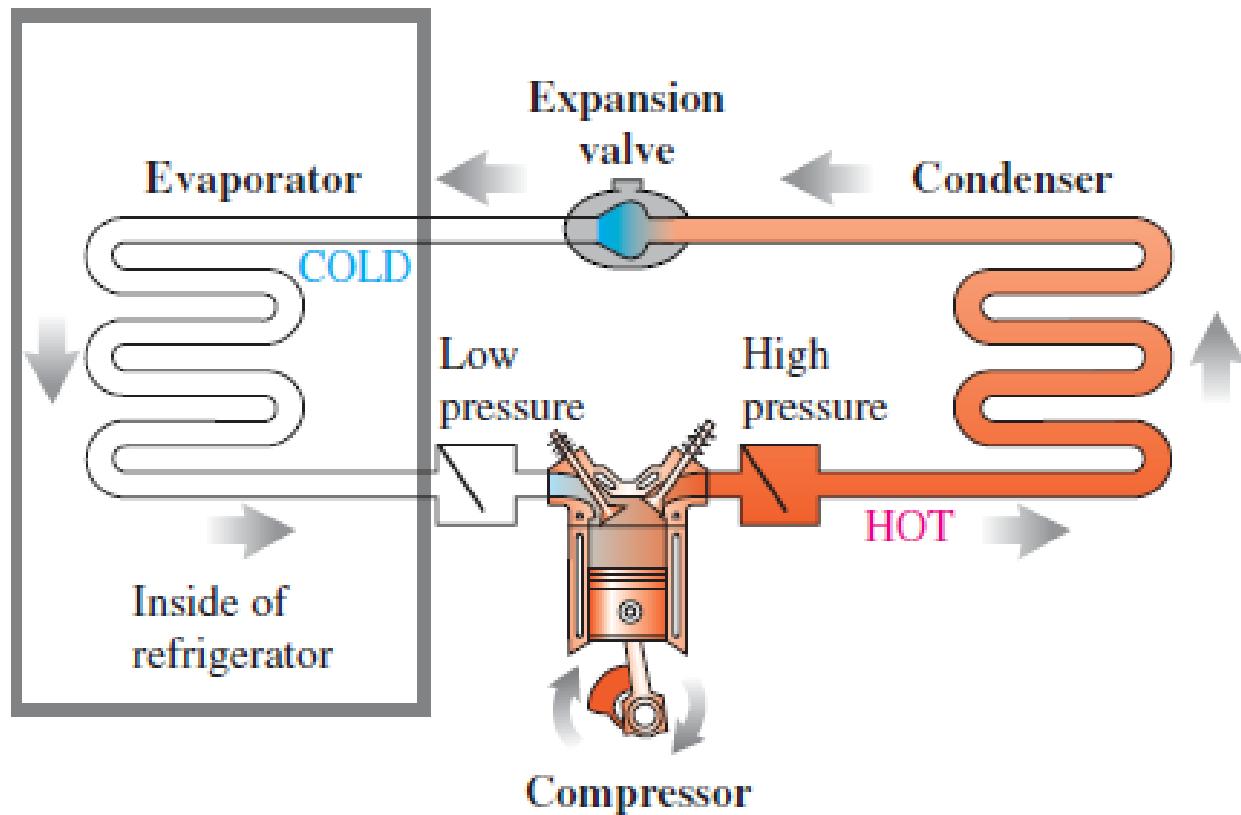
Nguồn lạnh  $T_2$

# Hệ số máy làm lạnh lý tưởng

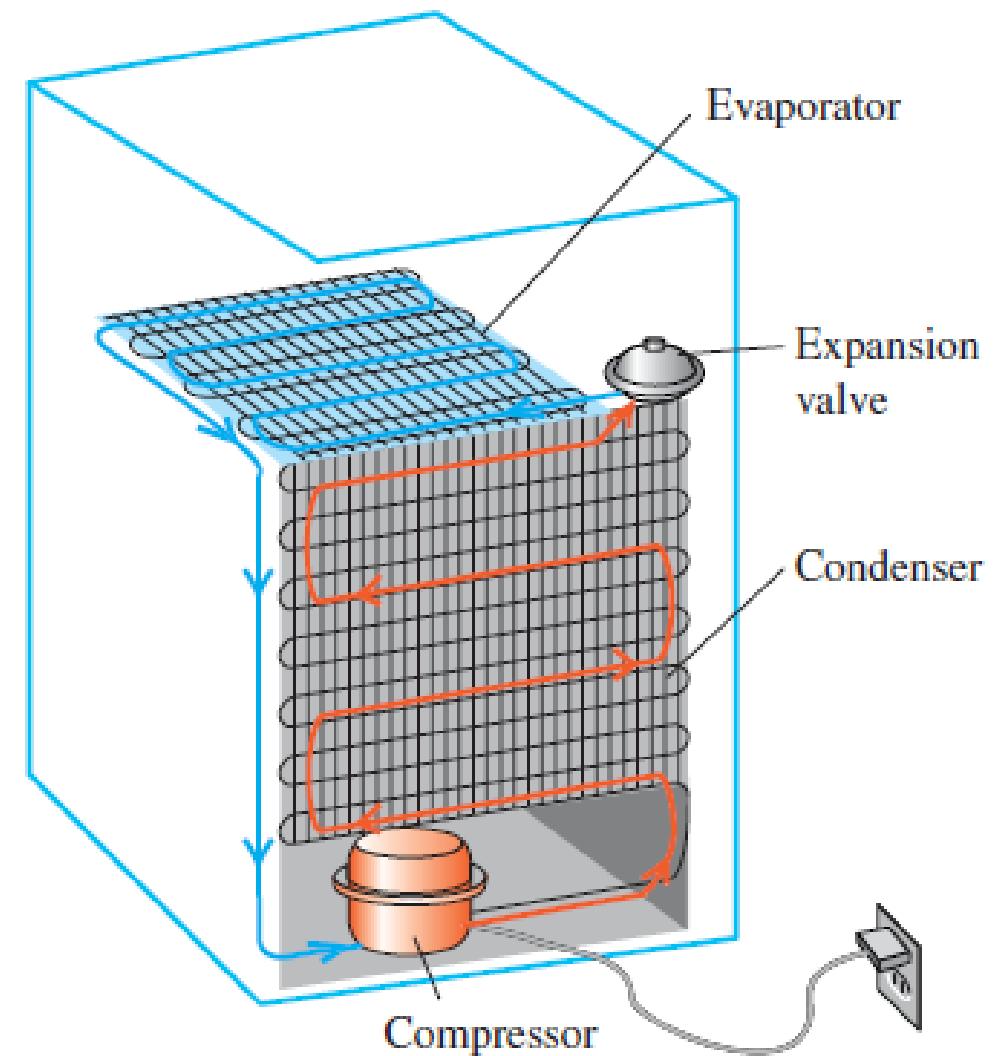
$$\varepsilon_{\text{ lý tưởng}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$



## b) Máy làm lạnh

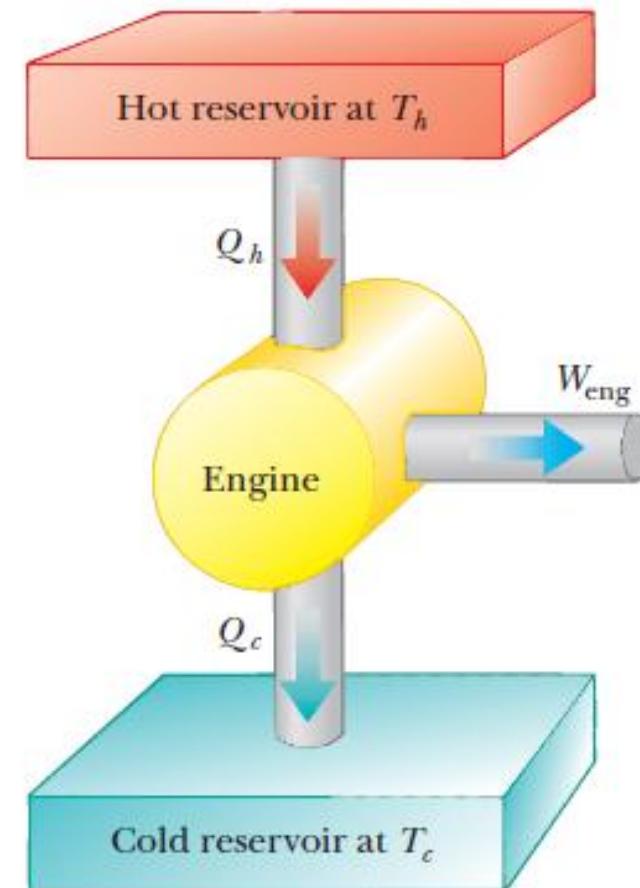


(a)



(b)

Tại sao các nhà máy nhiệt điện, nhà máy điện hạt nhân lại xây dựng tại những vị trí gần sông?



## IV. CHU TRÌNH VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

Động cơ vĩnh cửu  
loại hai: hiệu suất  
100%

Nguyên lý thứ III

Không thể chế tạo  
động cơ vĩnh cửu  
loại hai

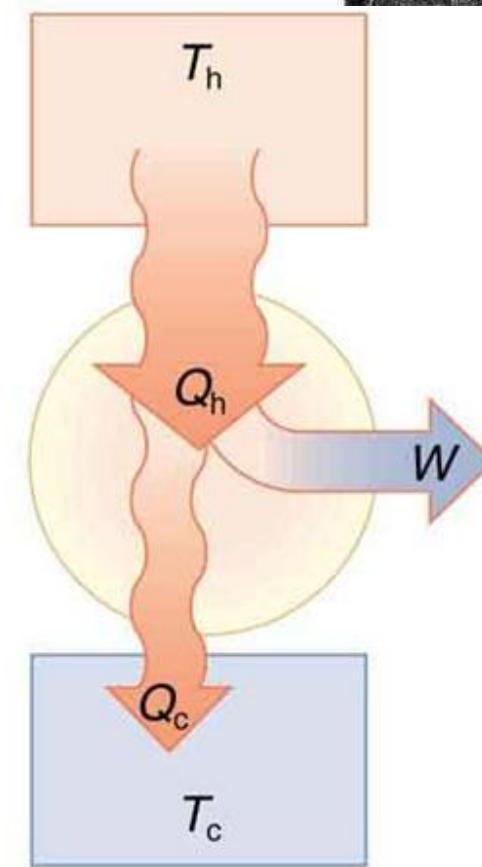
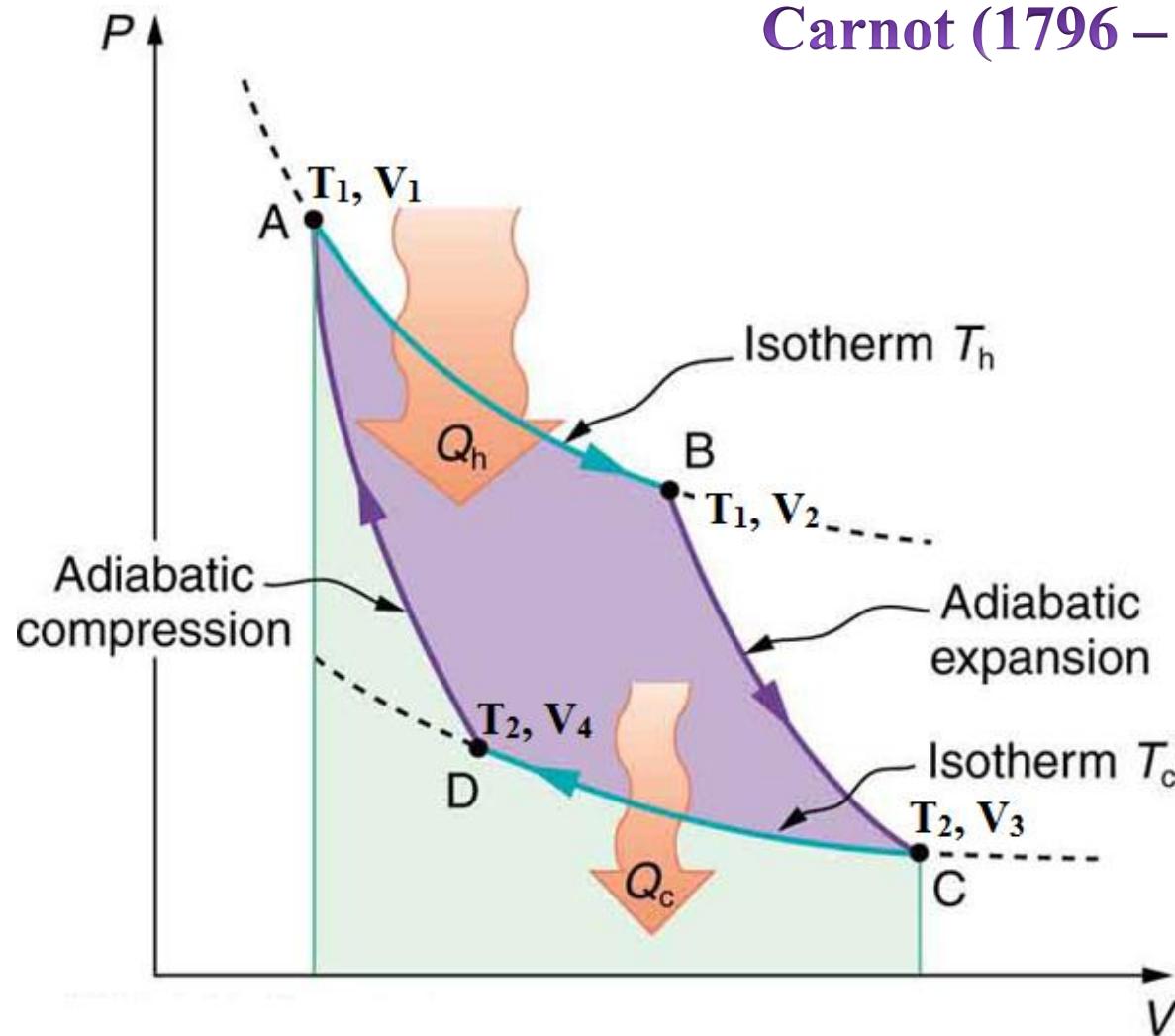
Chu trình Carnot  
thuận nghịch

Loại bỏ mọi quá  
trình bất thuận  
nghịch

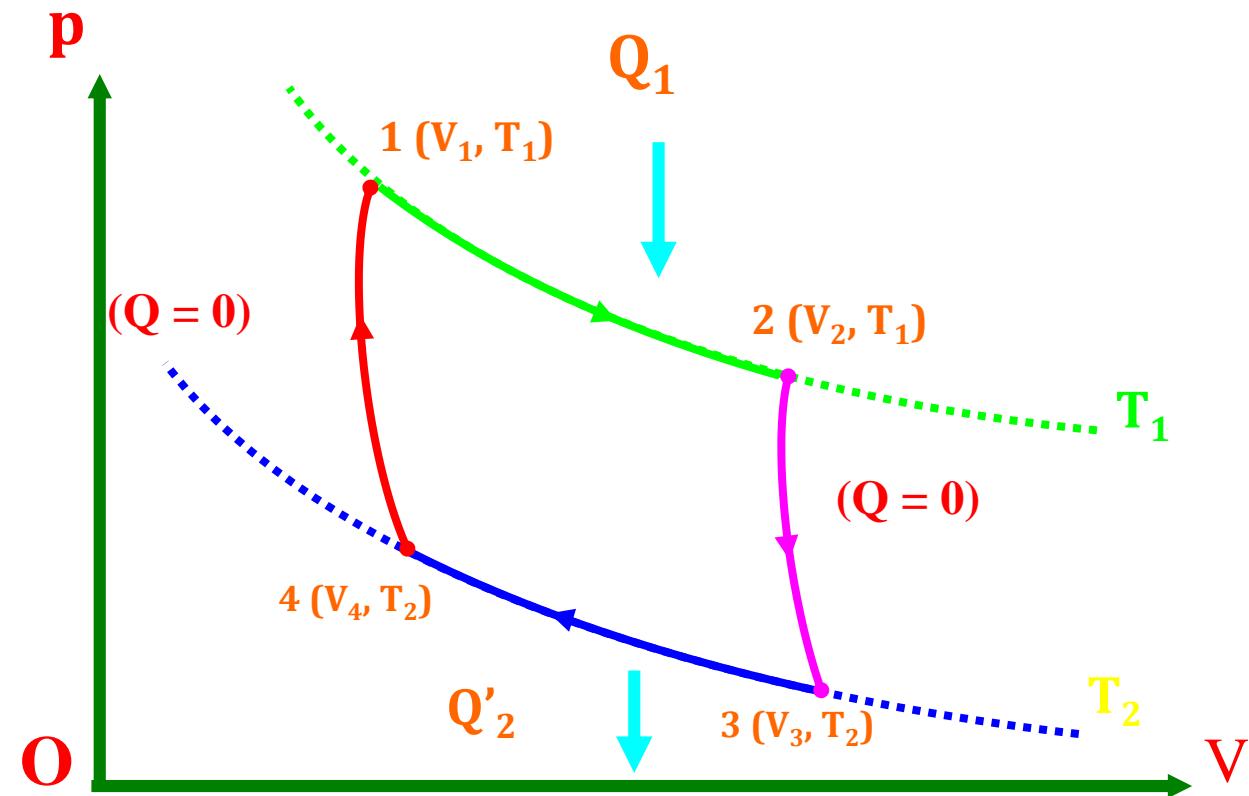
Động cơ có hiệu  
suất cực đại ???

## 4.1. Chu trình Carnot thuận nghịch

Nicolas Léonard Sadi  
Carnot (1796 – 1832) (Pháp)

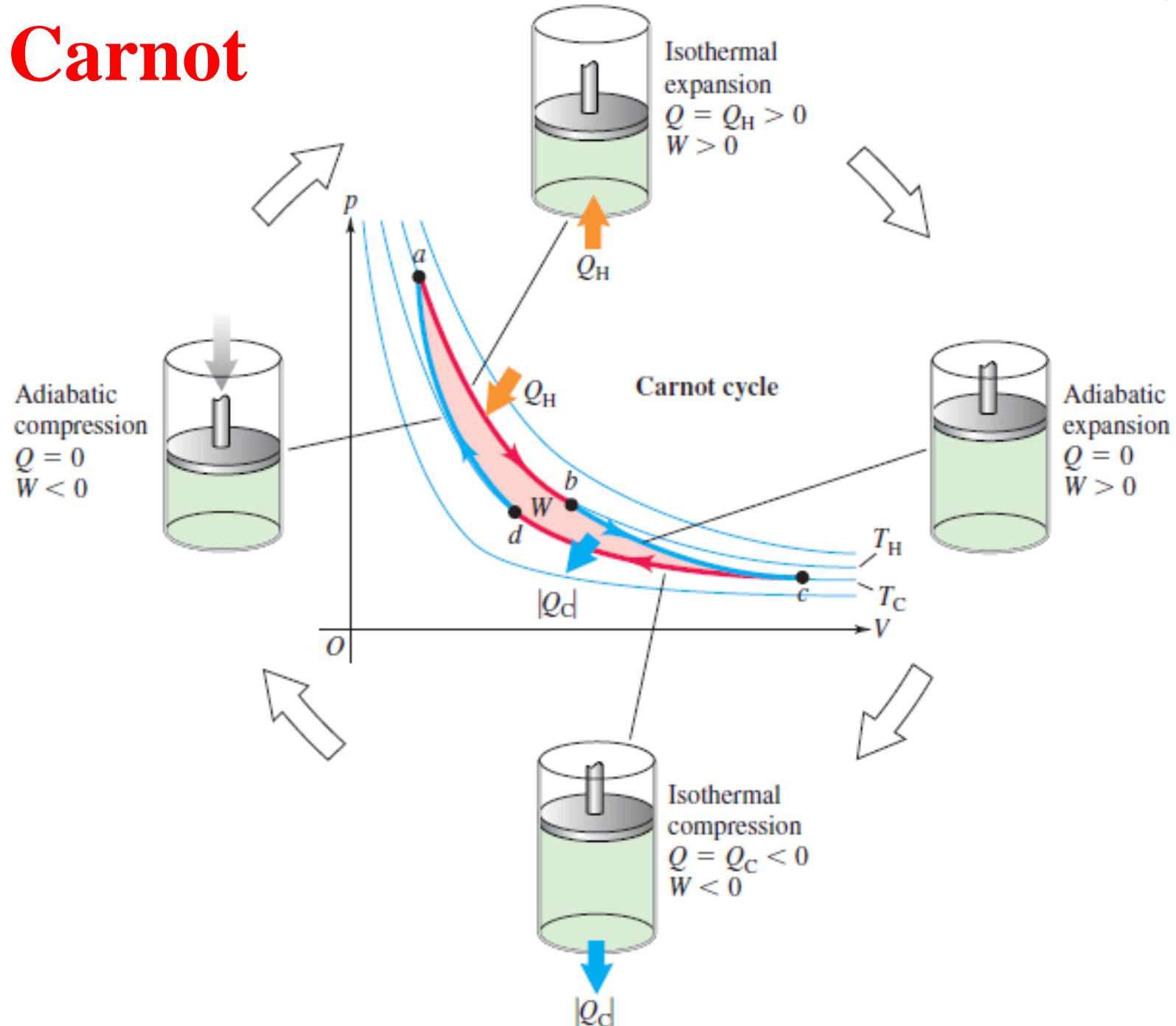


## IV. Chu trình Carnot

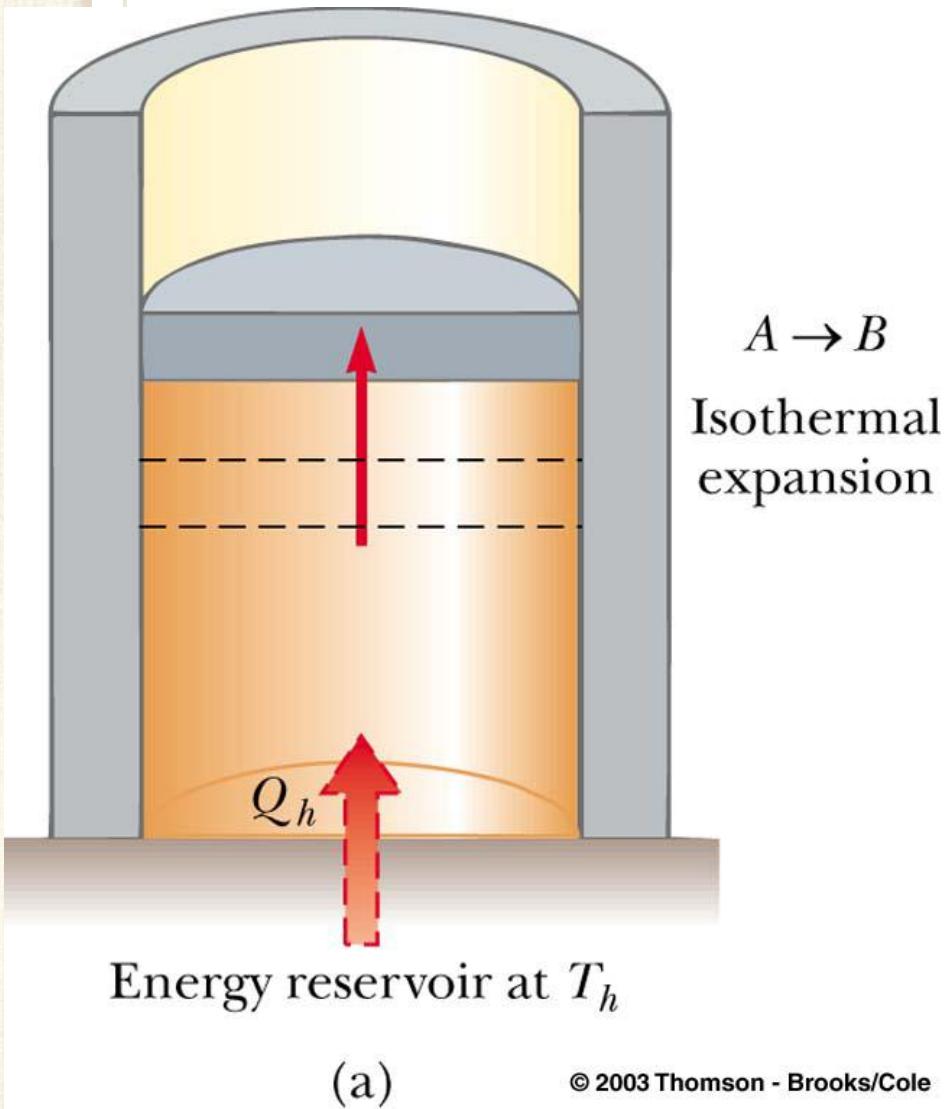


Hình: Chu trình Carnot của khí tưởng

## IV. Chu trình Carnot



## IV. Chu trình Carnot

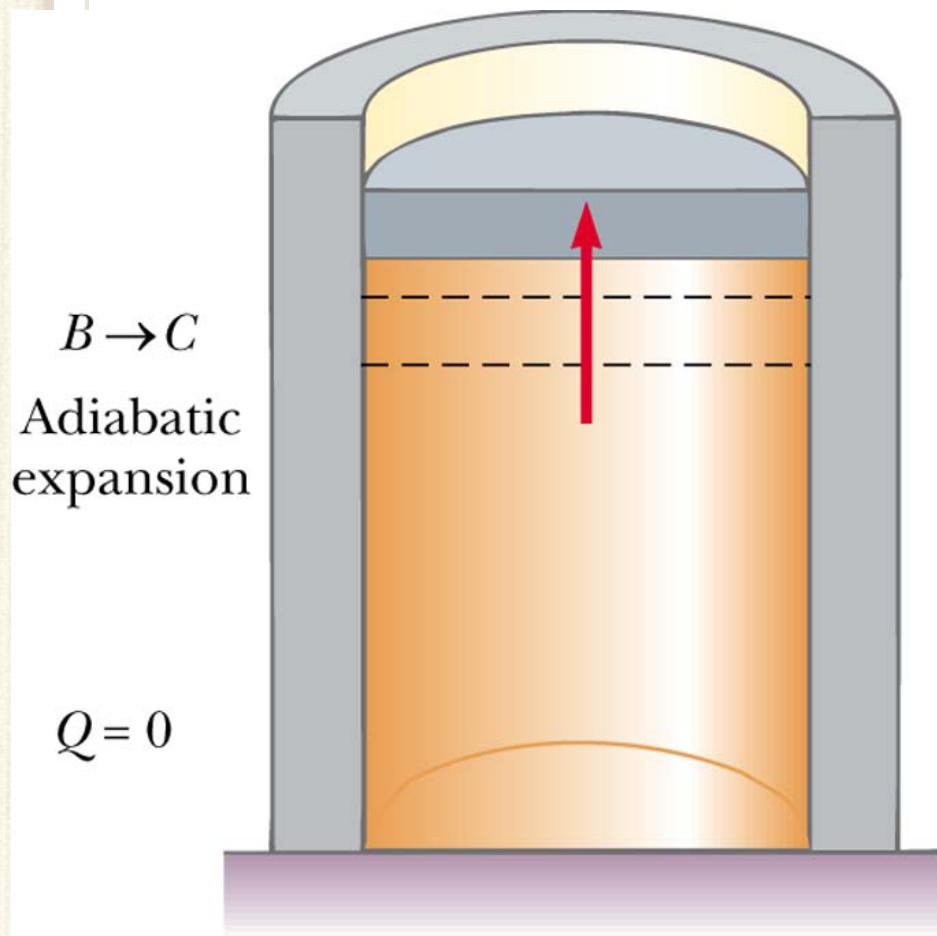


\* Quá trình  $1 \rightarrow 2$ :  
Chất khí *dãn nở đẳng nhiệt* ở nhiệt độ  $T_1$ . Ở quá trình này, tác nhân nhận nhiệt lượng  $Q_1 = Q_{12}$  từ nguồn nóng, sinh công.

(a)

© 2003 Thomson - Brooks/Cole

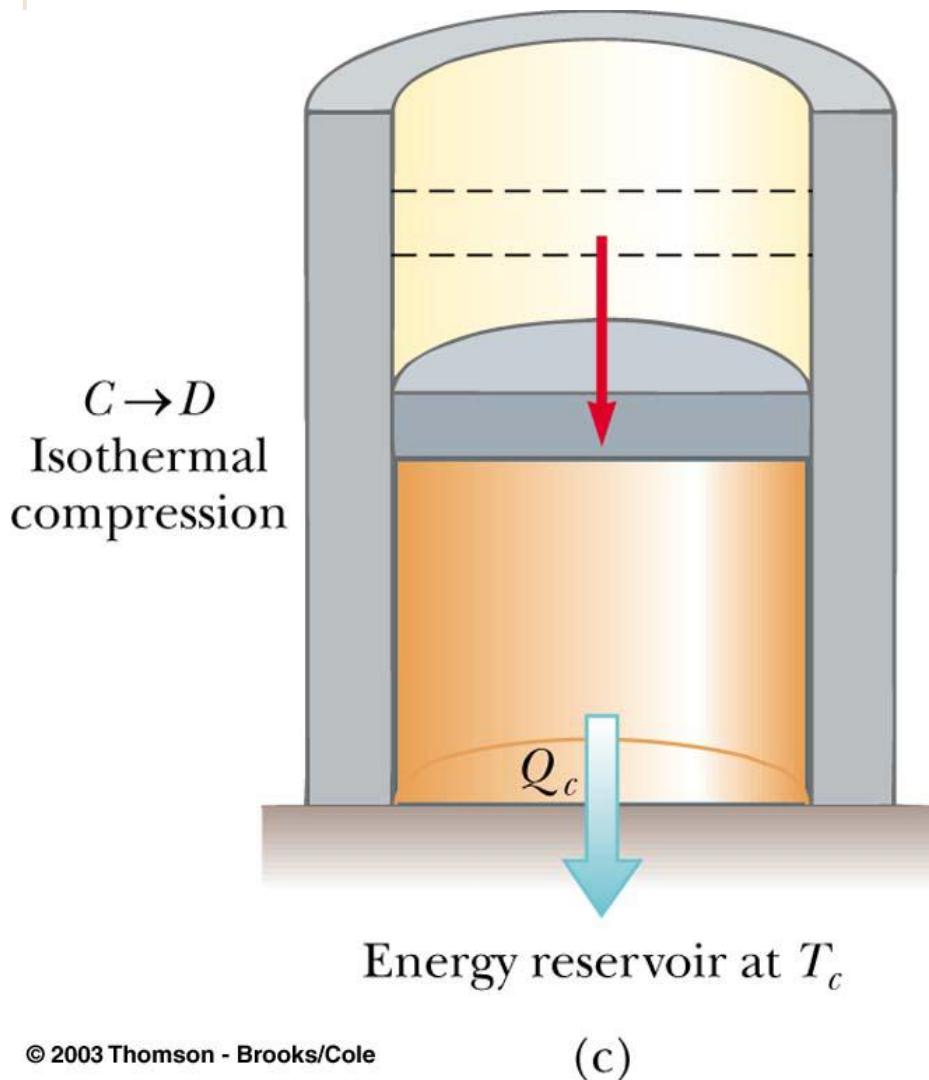
## IV. Chu trình Carnot



(b)

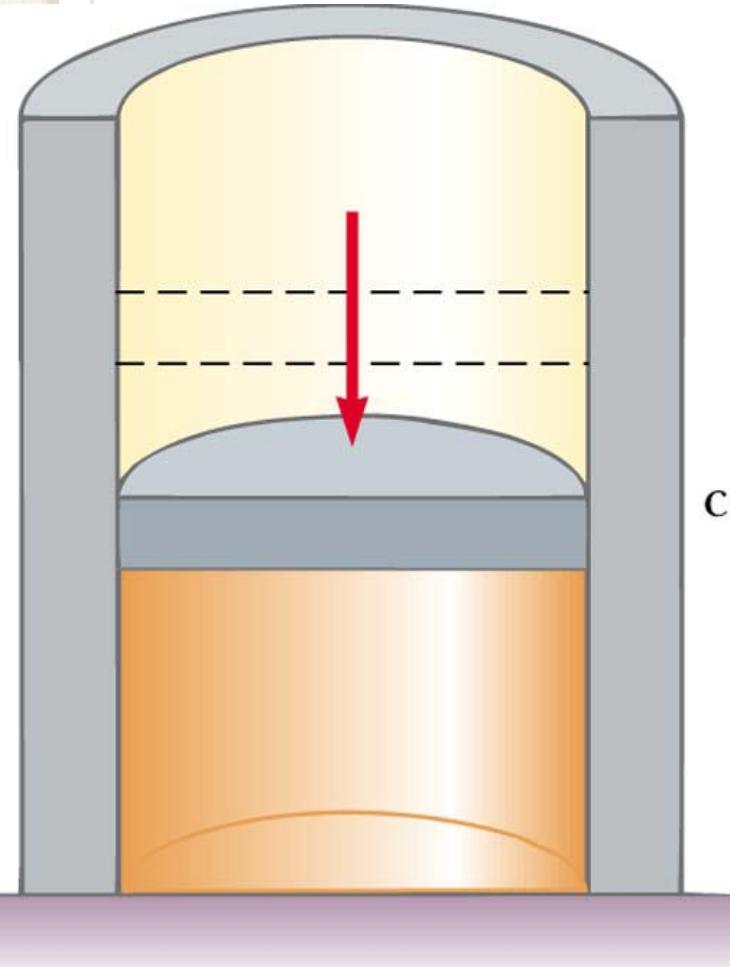
\* Quá trình  $2 \rightarrow 3$ : Chất khí *dẫn nở đoạn nhiệt* (không có sự trao đổi nhiệt với xung quanh nên  $Q = 0$ ). Tác nhân sinh công  $A'_{23}$ , do đó nhiệt độ của nó giảm từ  $T_1$  xuống  $T_2$ .

## IV. Chu trình Carnot



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

## IV. Chu trình Carnot

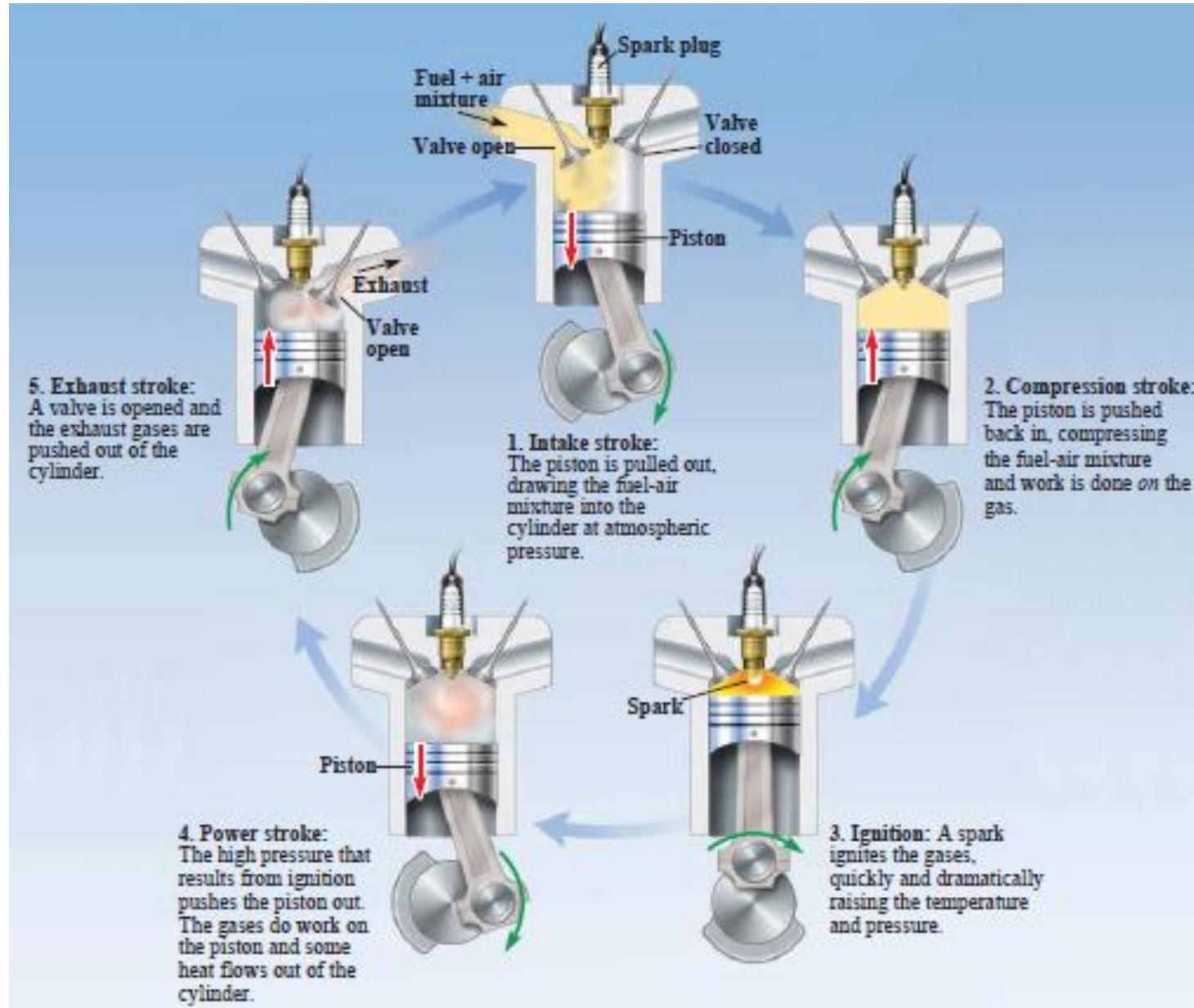


(d)

© 2003 Thomson - Brooks/Cole

\* 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.

# IV. Chu trình Carnot



## IV. Chu trình Carnot

- Hiệu suất động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot

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

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

## IV.2. Hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch

- ☐ Tỉ số nhiệt lượng tác nhân nhận được trong quá trình  $1 \rightarrow 2$  và  $3 \rightarrow 4$ :



$$\frac{Q'_2}{Q_1} = \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (1)$$

- ☐ Sử dụng các quá trình đoạn nhiệt  $2 \rightarrow 3$  và  $4 \rightarrow 1$



$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

- ☐ Thay vào phương trình (1)



$$\eta_{tn}^c = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

## IV.3. Hệ quả

- Hiệu suất cực đại của động cơ nhiệt luôn luôn nhỏ hơn 1
- Ta thấy  $\eta_{tn}^c$  phụ thuộc  $T_2, T_1$

$$\frac{T_2}{T_1} \ll 1 \Rightarrow \eta_{tn}^c \sim 1$$

- Nhiệt lượng lấy ở nhiệt độ cao có chất lượng hơn nhiệt lượng lấy ở nhiệt độ thấp.
- Muốn tăng hiệu suất của động cơ thì ngoài các cách làm nói trên còn phải chế tạo sao cho động cơ này càng gần động cơ thuận nghịch.

**Ví dụ:** Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot nhận 2000 J từ nguồn nóng có nhiệt độ 500 K, thực hiện công và trả một phần nhiệt lượng cho nguồn lạnh có nhiệt độ 350 K. Tính:

- a) Công thực hiện của động cơ nhiệt.
- a) Nhiệt lượng mà động cơ trả về cho nguồn lạnh.
- b) Hiệu suất của động cơ nhiệt.

## SOLUTION

**SET UP AND SOLVE** From Equation 16.8, the heat  $Q_C$  discarded by the engine is

$$\begin{aligned} Q_C &= -Q_H \frac{T_C}{T_H} = -(2000 \text{ J}) \frac{350 \text{ K}}{500 \text{ K}} \\ &= -1400 \text{ J}. \end{aligned}$$

Then, from the first law, the work  $W$  done by the engine is

$$\begin{aligned} W &= Q_H + Q_C = 2000 \text{ J} + (-1400 \text{ J}) \\ &= 600 \text{ J}. \end{aligned}$$

From Equation 16.9, the thermal efficiency is

$$e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{350 \text{ K}}{500 \text{ K}} = 0.30 = 30\%.$$

Alternatively, from the basic definition of thermal efficiency,

$$e = \frac{W}{Q_H} = \frac{600 \text{ J}}{2000 \text{ J}} = 0.30 = 30\%.$$

## V. Hàm Entropy và nguyên lý tăng 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 của entropy của hệ.
- Hàm Entropy:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

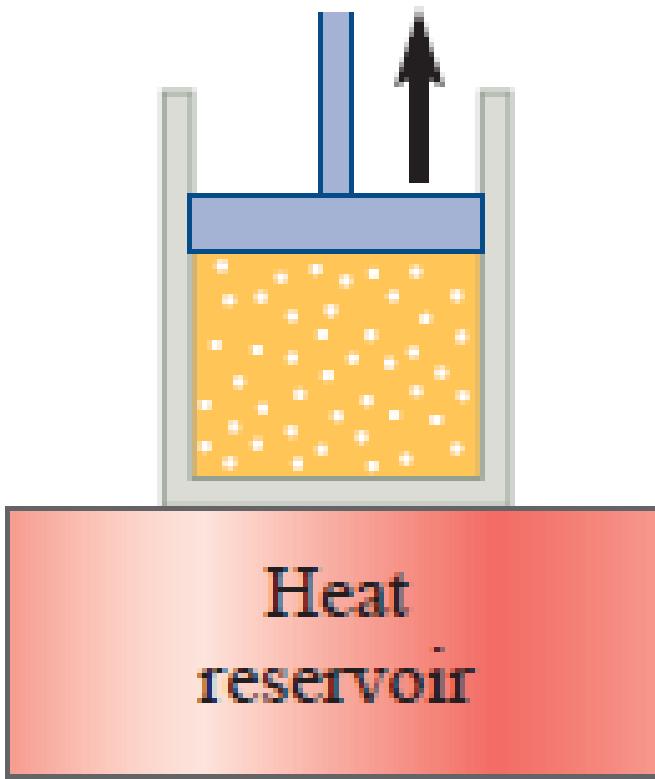
## V. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

Trong 1 hệ cô lập thì các quá trình tự nhiên xảy ra theo chiều tăng Entropy

- $\Delta S > 0$  : quá trình xảy ra
- $\Delta S < 0$  : quá trình không xảy ra

The entropy of the universe never decreases.

## V. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy



$$\Delta U = 0$$

$$\Rightarrow Q + A = 0$$

$$\text{Mà } A = \frac{m}{\mu} RT \ln \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

$$(A < 0 \text{ vì } V_1 < V_2)$$

$$\Rightarrow Q = -A$$

$$\Rightarrow Q > 0$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{Q}{T} = -\frac{m}{\mu} R \ln \left( \frac{V_1}{V_2} \right) > 0$$

As the gas in the cylinder expands,  
heat flows into it from the reservoir  
and keeps its temperature constant.

## Ví dụ 1:

Một lượng nhiệt  $Q$  được thêm vào hai chất khí lý tưởng A và B. Chất khí A ở nhiệt độ  $T$  và chất khí B ở nhiệt độ  $2T$ . Hai chất khí dẫn nở đẳng nhiệt. Độ biến thiên entropy chất khí nào lớn hơn?

- A. Khí A
- B. Khí B
- C. Cả hai chất khí có độ biến thiên entropy như nhau

## Ví dụ 2:

Động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot lấy nhiệt lượng 2000 J từ nguồn nóng có nhiệt độ 500K, thực hiện công và trả nhiệt lượng cho nguồn lạnh 350K. Xác định độ biến thiên entropy của động cơ trong một chu trình.

## SOLUTION

**SET UP AND SOLVE** During the isothermal expansion at 500 K, the engine takes in 2000 J and its entropy change is

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{2000 \text{ J}}{500 \text{ K}} = 4.0 \text{ J/K.}$$

During the isothermal compression at 350 K, the engine gives off 1400 J of heat and its entropy change is

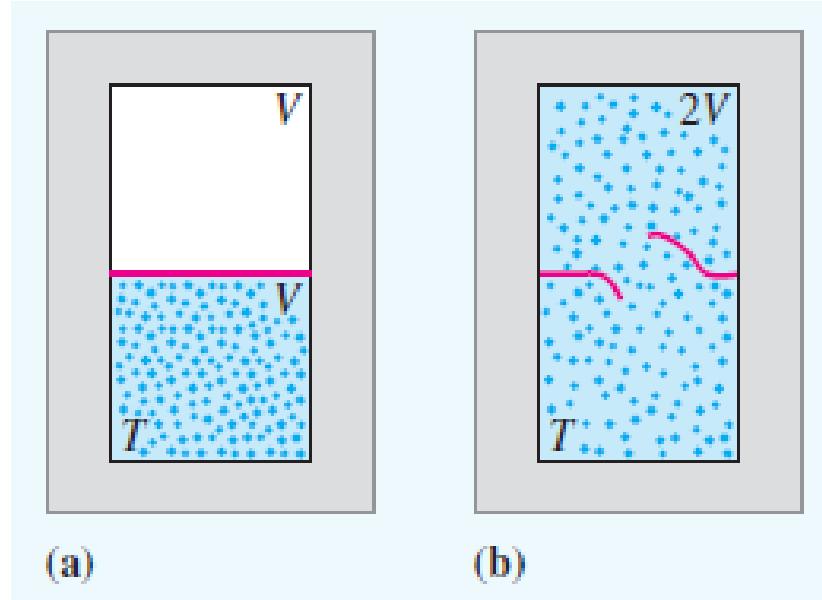
$$\Delta S = \frac{-1400 \text{ J}}{350 \text{ K}} = -4.0 \text{ J/K.}$$

The entropy change of the engine during each of the two adiabatic processes is zero. Thus, the total entropy change in the engine during one cycle is  $4.0 \text{ J/K} + 0 - 4.0 \text{ J/K} + 0 = 0$ .

**REFLECT** The total entropy change of the two heat reservoirs is also zero, although each individual reservoir has a nonzero entropy change. This cycle contains no irreversible processes, and the total entropy change of the system and its surroundings is zero.

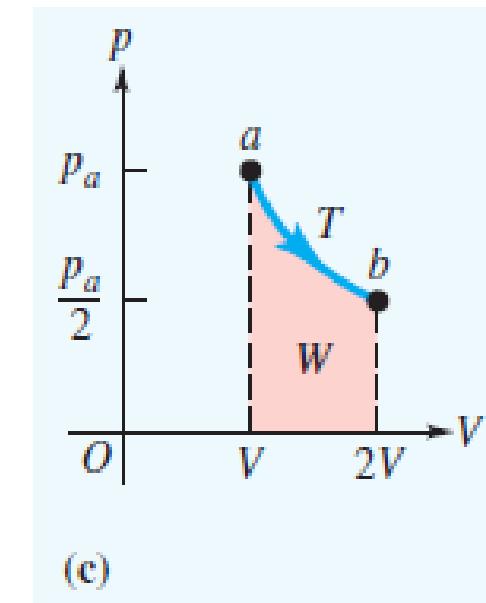
# Entropy trong các quá trình bất thuận nghịch

Một bình chứa được ngăn ra làm hai phần có thể tích bằng nhau. Ngăn thứ nhất chứa chất khí có thể tích  $V$ , nhiệt độ  $T$ , ngăn thứ hai là chân không. Sau đó, vách ngăn bị vỡ, chất khí trong ngăn nhanh chóng lấp đầy thể tích bình chứa như hình vẽ. Xác định độ biến thiên entropy trong quá trình này.



(a)

(b)



(c)

**SOLVE** The appropriate reversible process in this case is an isothermal expansion from  $V$  to  $2V$  at temperature  $T$ , shown on the  $pV$  diagram of Figure 16.13c. The gas does work during this substitute expansion, so heat must be supplied to keep the internal energy constant. The total heat equals the total work, which is given by Equation 15.17:

$$W = Q = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Thus, the entropy change is

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{nRT \ln \frac{2V}{V}}{T} = nR \ln 2,$$

and this is also the entropy change for the free expansion. For 1 mole,

$$\begin{aligned}\Delta S &= (1 \text{ mol})[8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})](0.693) \\ &= 5.76 \text{ J/K.}\end{aligned}$$

- 1) Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot có công suất  $P = 73600$  W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $100^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ của nguồn lạnh là  $0^{\circ}\text{C}$ . Tính hiệu suất của động cơ và nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng trong 1s.
- 2) Các ngoại lực trong máy làm lạnh lý tưởng thực hiện một công bằng bao nhiêu để lấy đi nhiệt lượng  $10^5\text{J}$  từ buồng làm lạnh, nếu nhiệt độ trong nguồn là  $263\text{ K}$  và nhiệt độ của nước làm lạnh là  $285\text{K}$

3) Một động cơ nhiệt lý tưởng, hoạt động theo chu trình Carnot nhả cho nguồn lạnh 80% nhiệt lượng mà nó thu được của nguồn nóng. Nhiệt lượng thu được trong 1 chu trình là 1,5 kcal. Tìm:

- a) Hiệu suất chu trình Carnot
- b) Công mà động cơ sinh ra trong 1 chu trình.

4) Nhiệt độ của hơi nước từ lò hơi vào máy hơi nước là  $t_1 = 227^{\circ}C$ . Nhiệt độ của bình ngưng là  $t_2 = 27^{\circ}C$ . Hỏi khi tốn một nhiệt lượng  $Q_1 = 1$  kcal thì ta thu được công cực đại theo lý thuyết bằng bao nhiêu?



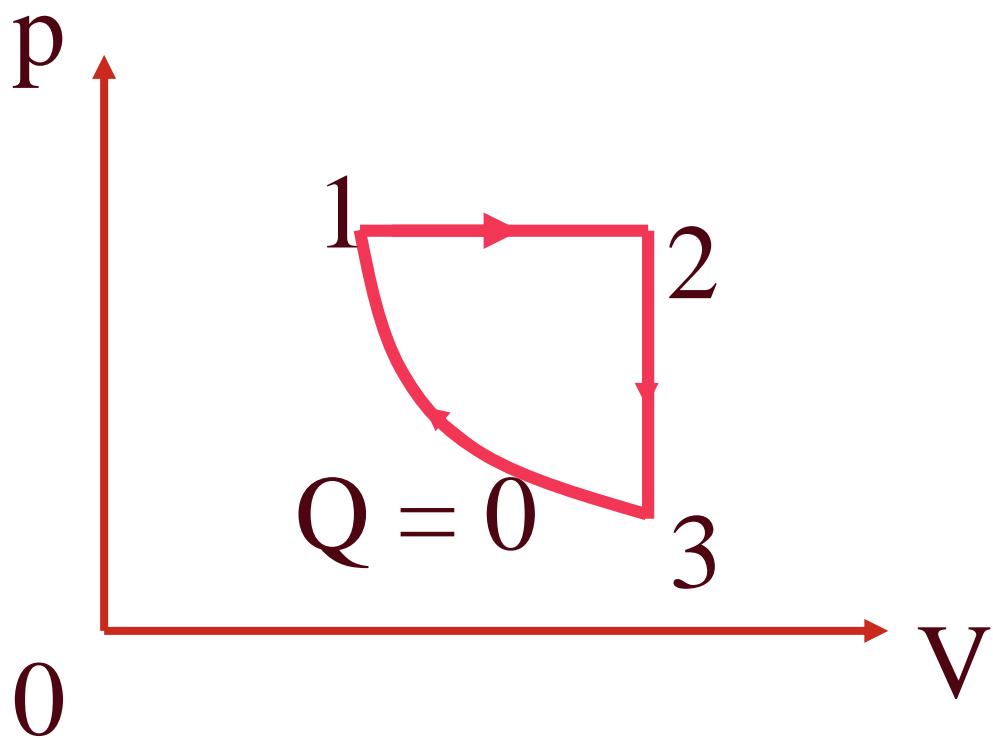
5) Nhiệt độ của buồng sinh hơi ở nhà máy nhiệt điện hiện đại, sử dụng hơi quá nhiệt là  $600^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ nước cung cấp cho buồng làm lạnh là  $20^{\circ}\text{C}$ . Hiệu suất cực đại của nhà máy nhiệt điện này là bao nhiêu?



- 6) Một động cơ nhiệt lý tưởng làm việc theo chu trình Carnot. Nhiệt độ nguồn nóng  $400\text{ K}$ , nhiệt độ nguồn lạnh  $300\text{ K}$ . Nhiệt lượng mà tác nhân nhận của nguồn nóng trong một chu trình là  $600\text{ calo}$ . Tính:
- a) Hiệu suất của động cơ.
  - b) Công thực hiện trong một chu trình
  - c) Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh trong một chu trình.



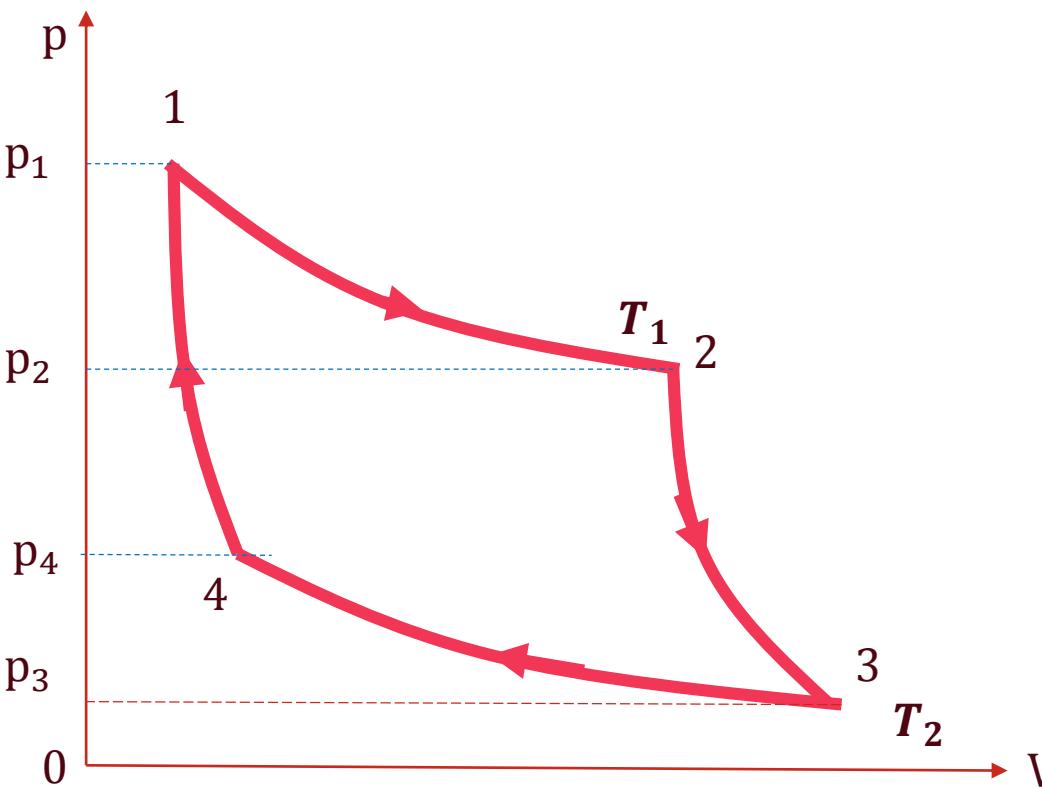
**9.2/204 SBH** Một khối khí lý tưởng thực hiện một chu trình gồm các quá trình: quá trình 1 đến 2 là quá trình đẳng áp, quá trình 2 đến 3 là quá trình đẳng tích, quá trình từ 3 đến 1 là quá trình nén đoạn nhiệt. Tính hiệu suất của động cơ nhiệt theo nhiệt độ  $T_1, T_2, T_3$  và hệ số Poisson  $\gamma$





**9.9/206 SBH** Một động cơ nhiệt mà tác nhân là một chất khí lưỡng nguyên tử thực hiện một chu trình Carnot như ở hình bên. Biết  $V_1 = 2$  lít,  $p_1 = 7$  atm,  $T_1 = 400$  K,  $V_2 = 5$  lít,  $V_3 = 8$  lít.

- Hãy xác định  $p_2$ ,  $p_3$ ,  $p_4$ ,  $V_4$ ,  $T_2$
- Nhiệt lượng mà khối khí nhận vào hoặc nhả ra trong từng quá trình đốt cháy.
- Tổng công mà khối khí thực hiện trong cả chu trình



## MỘT SỐ CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

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. Gọi  $T_1$  và  $T_2$  là nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh thì hiệu suất của động cơ nhiệt là  $H = 1 - T_1/T_2$ .
  - D.  $H = A/Q_1$

2. Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot, có công suất  $P = 500$  W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ của nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân trả cho nguồn lạnh trong 5 giây.

- A. 3750 J      B. 750 J      C. 2450 J      D. 1340 J

3. Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot, có công suất  $P = 500$  W. Nhiệt độ của nguồn nóng là  $227^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ của nguồn lạnh là  $27^{\circ}\text{C}$ . Tính nhiệt lượng mà tác nhân nhận được trong 5 giây.

- A. 3450 J      B. 6250 J      C. 8903 J      D. 458 J

4. Một động cơ nhiệt nhận của nguồn nóng 52 kcal và trả cho nguồn lạnh 36 kcal nhiệt lượng. Tính hiệu suất của động cơ.

- A. 30%      B. 40%      C. 50%      D. 60%

5. Một động cơ nhiệt lý tưởng hoạt động theo chu trình Carnot có nhiệt độ của nguồn nóng và lạnh là  $227^{\circ}\text{C}$  và  $27^{\circ}\text{C}$ . Động cơ nhận nhiệt lượng từ nguồn nóng  $6300\text{ J}$  mỗi giây. Công suất của động cơ là

- A. 2520 W      B. 575 W      C. 2457 W      D. 3678 W



6) Một động cơ nhiệt lý tưởng hoạt động theo chu trình Carnot nhả cho nguồn lạnh 80% nhiệt lượng mà nó thu được từ nguồn nóng. Tính công mà động cơ sinh ra trong một chu trình. Biết nhiệt lượng mà tác nhân nhận được trong một chu trình là 1,5 kcal ( $1\text{cal} = 4,16\text{ J}$ )

- A. 1575 J
- B. 575 J
- C. 1250 J
- D. 3678J



## 7) Chọn phát biểu đúng:

- a) Hệ nhiệt động gồm khói khí nằm trong xy lanh và xy lanh có pít tông.
- b) Trong thực tế các quá trình xảy ra ở các động cơ mô tô là hoàn toàn cân bằng.
- c) Quá trình cân bằng là tập hợp một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.
- d) Trạng thái cân bằng xảy ra khi các thông số trạng thái đang thay đổi với tốc độ chậm

## 8) Năng lượng của một hệ là:

- a) Công mà hệ nhận hay phát ra cho tác nhân ngoài
- b) Gồm động năng, thế năng của hệ và khả năng tương tác lẫn nhau của các hạt tạo thành hệ (nội năng).
- c) Công và nhiệt lượng mà hệ nhận được từ bên ngoài.
- d) Lượng chuyển hóa giữa công và nhiệt lượng.