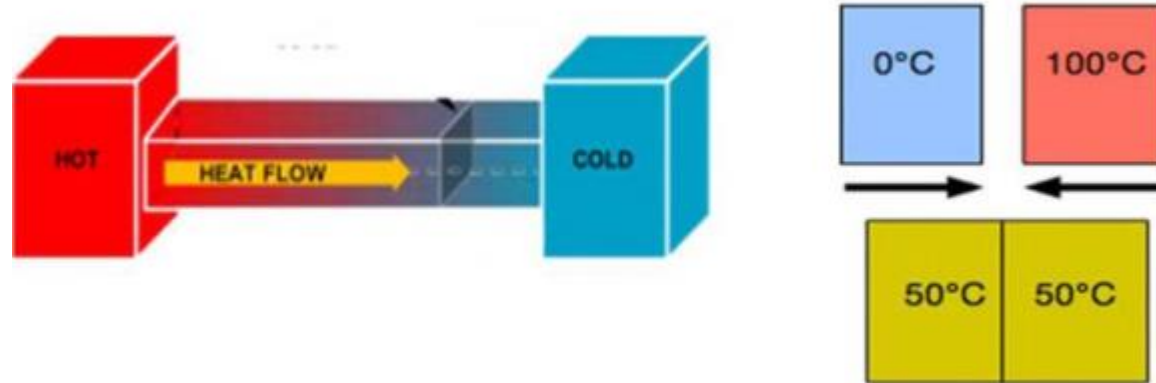


# Nguyên lý thứ 0 NĐH – Sự cân bằng nhiệt

The zeroth Law of thermodynamics: Nếu hai vật lần lượt cân bằng nhiệt với một vật thứ ba nào đó, thì chúng cũng cân bằng nhiệt với nhau



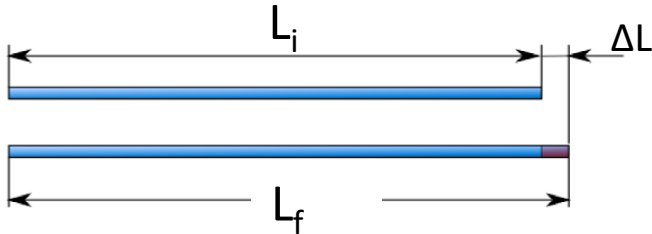
$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ F$$

$$T_K = T_C + 273,15$$

# Sự giãn nở nhiệt

- Thermal expansion in one dimension

$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$



$\alpha \rightarrow$  Average coefficient of linear expansion

- Thermal expansion in two dimensions

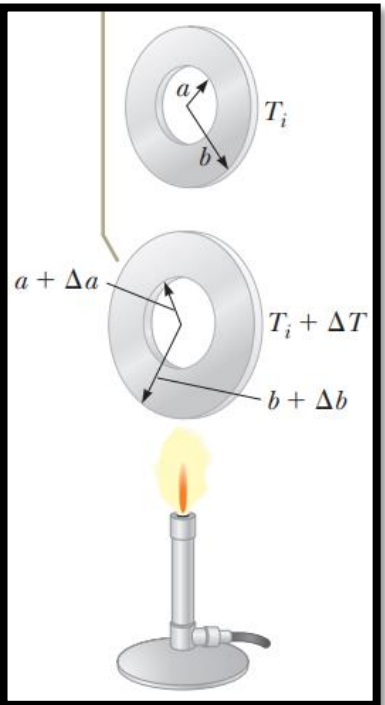
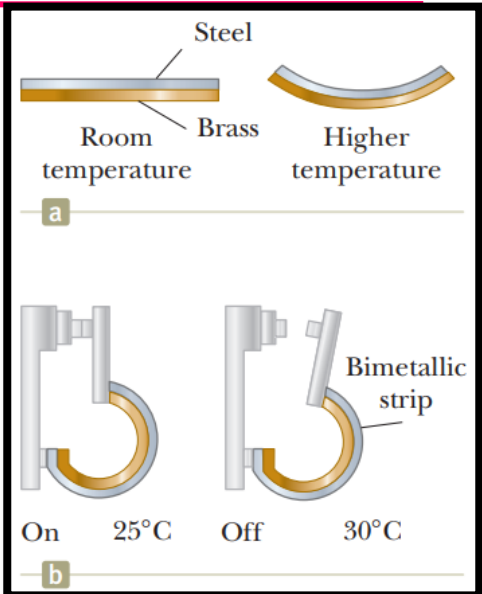
$$\Delta A = 2\alpha A_i \Delta T$$

- Thermal expansion in three dimensions

$$\Delta V = \beta V_i \Delta T$$

$\beta \rightarrow$  Average coefficient of volume expansion

$\beta = 3 \alpha \rightarrow$  Solids



**Table 19.1** Average Expansion Coefficients for Some Materials Near Room Temperature

Material (Solids)	Average Linear Expansion Coefficient ( $\alpha$ )( $^{\circ}\text{C}$ ) $^{-1}$	Material (Liquids and Gases)	Average Volume Expansion Coefficient ( $\beta$ )( $^{\circ}\text{C}$ ) $^{-1}$
Aluminum	$24 \times 10^{-6}$	Acetone	$1.5 \times 10^{-4}$
Brass and bronze	$19 \times 10^{-6}$	Alcohol, ethyl	$1.12 \times 10^{-4}$
Concrete	$12 \times 10^{-6}$	Benzene	$1.24 \times 10^{-4}$
Copper	$17 \times 10^{-6}$	Gasoline	$9.6 \times 10^{-4}$
Glass (ordinary)	$9 \times 10^{-6}$	Glycerin	$4.85 \times 10^{-4}$
Glass (Pyrex)	$3.2 \times 10^{-6}$	Mercury	$1.82 \times 10^{-4}$
Invar (Ni-Fe alloy)	$0.9 \times 10^{-6}$	Turpentine	$9.0 \times 10^{-4}$
Lead	$29 \times 10^{-6}$	Air <sup>a</sup> at 0 $^{\circ}\text{C}$	$3.67 \times 10^{-3}$
Steel	$11 \times 10^{-6}$	Helium <sup>a</sup>	$3.665 \times 10^{-3}$

# Mô hình khí lý tưởng

PT trạng thái khí lý tưởng

$$1 \text{ atm} = 1,013.10^5 \text{ N/m}^2$$


$$PV = nRT$$

$$P \rightarrow \text{N/m}^2$$

$$V \rightarrow \text{m}^3$$

$$n = m/M \rightarrow \text{mol}$$

$$T \rightarrow \text{K}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$P \rightarrow \text{atm}$$

$$V \rightarrow \text{L}$$

$$n = m/M \rightarrow \text{mol}$$

$$T \rightarrow \text{K}$$

$$R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K}$$

Boyle's law:  $T = \text{const}$

$$PV = Nk_B T$$

$N \rightarrow$  total number of molecules

$$k = R/N_A = 1,38.10^{-23} \text{ J/K} \rightarrow$$

Boltzmann's constant

Charles's law:  $P = \text{const}$

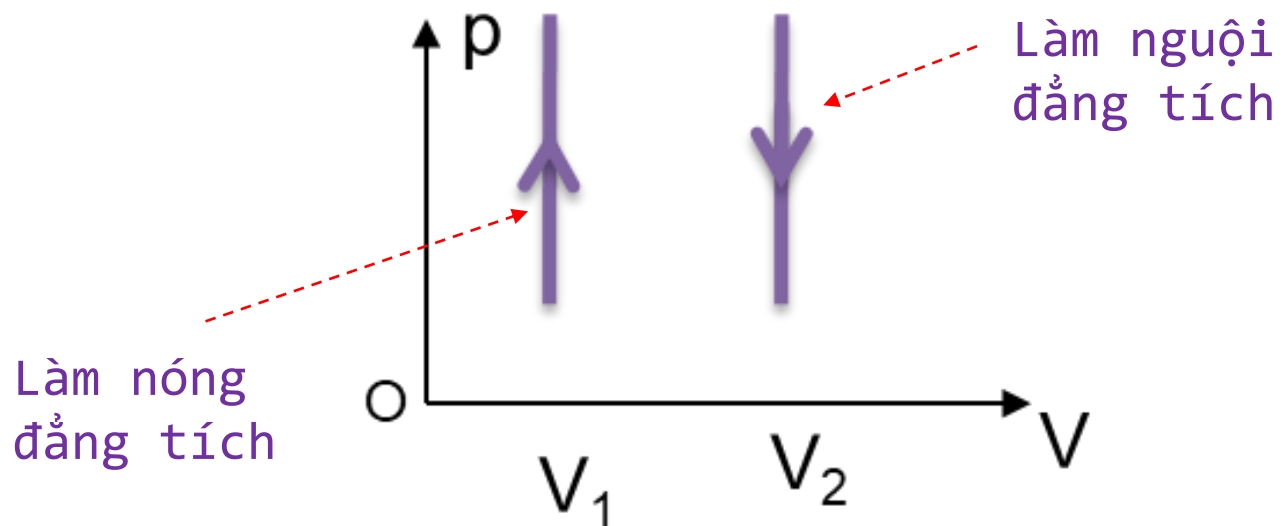
$$PV = \text{const}$$

Gay-Lussac's law:  $V = \text{const}$

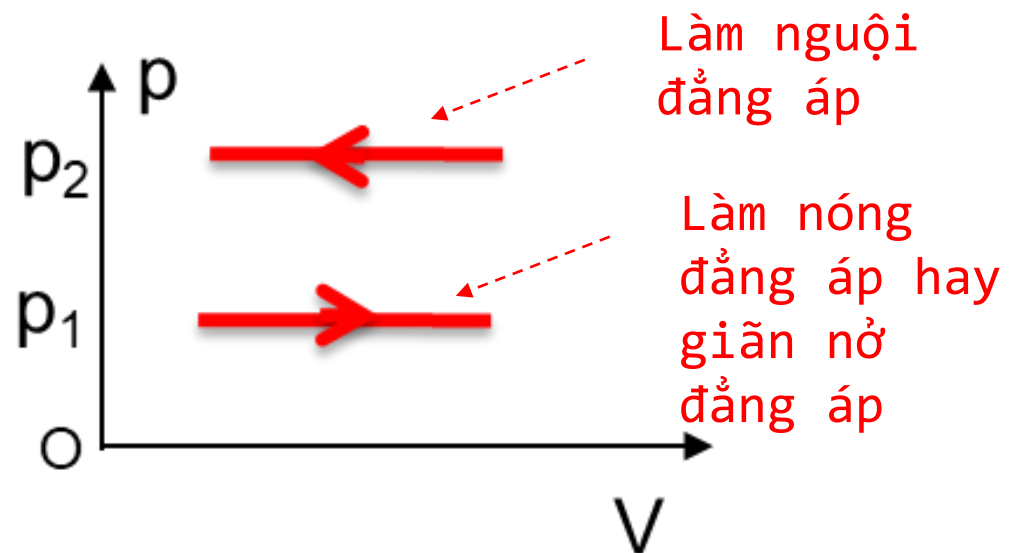
$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

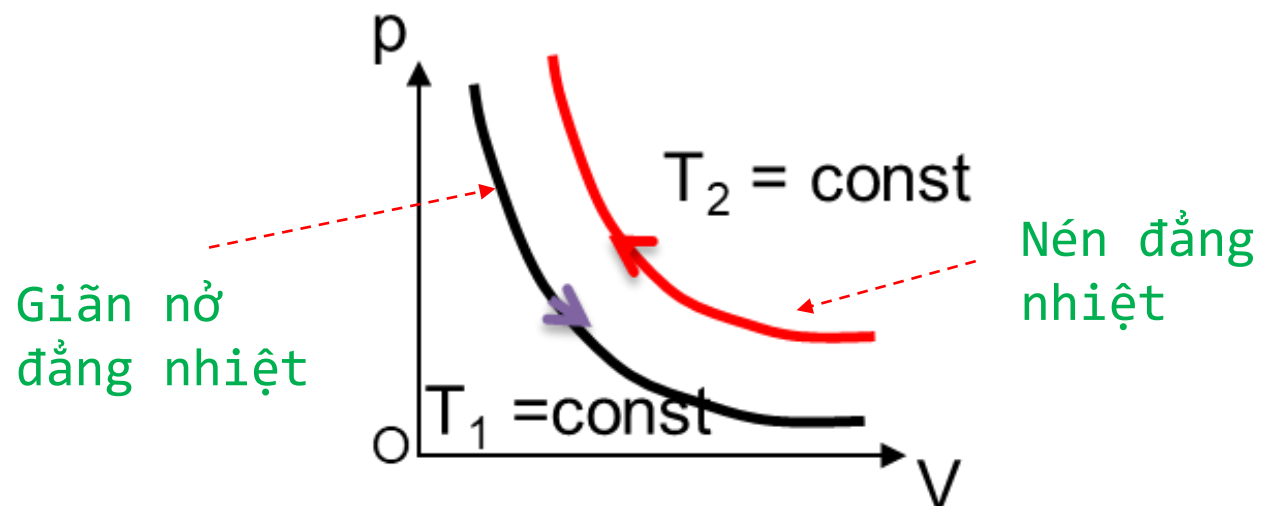
Quá trình đẳng tích:  $V = \text{const} \rightarrow \frac{P}{T} = \text{const}$



Quá trình đẳng áp:  $P = \text{const} \rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$



Quá trình đẳng nhiệt:  $T = \text{const} \rightarrow PV = \text{const}$



# Nội năng - Nhiệt lượng - Công

$$\Delta E_{int(if)} = n \frac{iR}{2} (T_f - T_i)$$

Số bậc tự do của phân tử khí:  $i = 3, 5, 6$  ứng với khí lý tưởng đơn, lưỡng, 3 nguyên tử trở lên

Q



$E_{int(if)}$



W

$$W_{if} = - \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

$$Q_{if} = mc(T_f - T_i)$$

$W > 0$  ( $V \downarrow$ ) → Hệ nhận công

$W < 0$  ( $V \uparrow$ ) → Hệ sinh công

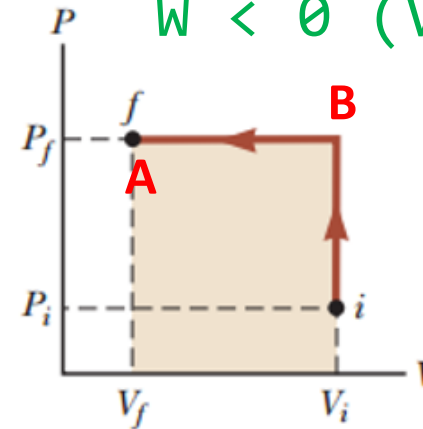
→  $c$  - specific heat ( $J/kg \cdot ^\circ C$ )

$$Q_{if} = nC_{mol}(T_f - T_i)$$

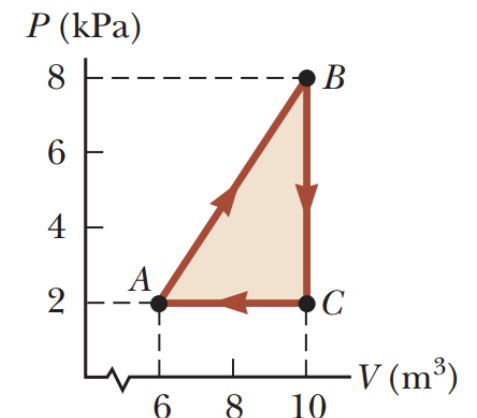
→  $C_{mol}$  - mol specific heat ( $J/mol \cdot K$ )

$Q > 0$  → Hệ nhận nhiệt lượng

$Q < 0$  → Hệ tỏa nhiệt lượng



$$W_{if} = +A_{ABViVf}$$



$$W_{\text{chu trình}} = -A_{\text{ctr}} = -A_{ABC}$$

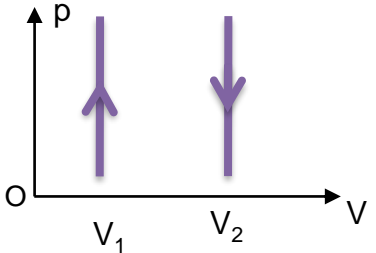
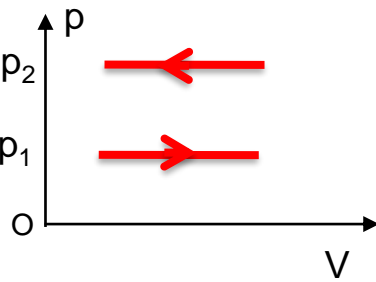
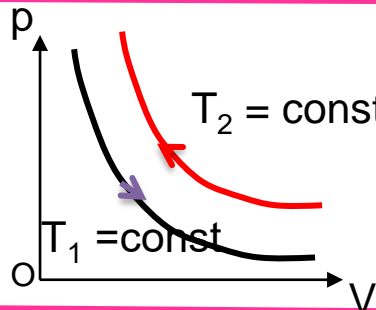
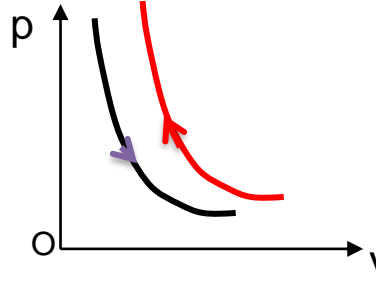
# Nguyên lý thứ nhất NĐH

---

Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận vào

$$\Delta E_{int}(if) = W_{if} + Q_{if}$$

- $W_{if} > 0 ; Q_{if} > 0 \rightarrow \Delta E_{int} > 0 \rightarrow E_{int} \uparrow$
- $W_{if} < 0 ; Q_{if} < 0 \rightarrow \Delta E_{int} < 0 \rightarrow E_{int} \downarrow$
- Cyclic process:  $\Delta E_{int} = 0 \rightarrow Q = -W$

Process name	Process equation	Diagram	$W_{if}$	$Q_{if}$	$\Delta E_{int(if)}$
<b>Isovolumetric</b> <b><math>V = \text{const}</math></b>	$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$		$0$	$nC_V(T_f - T_i)$ Nhiệt dung mol đẳng tích $\rightarrow C_V = iR/2$	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$
<b>Isobaric</b> <b><math>P = \text{const}</math></b>	$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$		$P(V_i - V_f)$ $= nR(T_i - T_f)$	$nC_p(T_f - T_i)$ Nhiệt dung mol đẳng áp $\rightarrow C_p = (i+2)R/2$	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$
<b>Isothermal</b> <b><math>T = \text{const}</math></b>	$P_iV_i = P_fV_f$		$nRT_i \ln \frac{V_i}{V_f}$	$nRT_i \ln \frac{V_f}{V_i}$	$0$
<b>Adiabatic</b> Hệ số nhiệt dung phân tử: $\gamma = \frac{i+2}{i}$	$PV^\gamma = \text{const}$ $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ $T^\gamma P^{\gamma-1} = \text{const}$		$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$	$0$	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$

# Hạn chế của nguyên lý thứ nhất NĐLH

---

$$\Delta E_{int}(if) = W_{if} + Q_{if}$$

Sau một chu trình:  $\Delta E_{int} = 0 \rightarrow Q = -W$



- Không chỉ ra chiều chuyển hóa giữa công và nhiệt
- Không chỉ ra chiều truyền nhiệt
- Không đề cập đến chất lượng nguồn nhiệt



# HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT – $e$

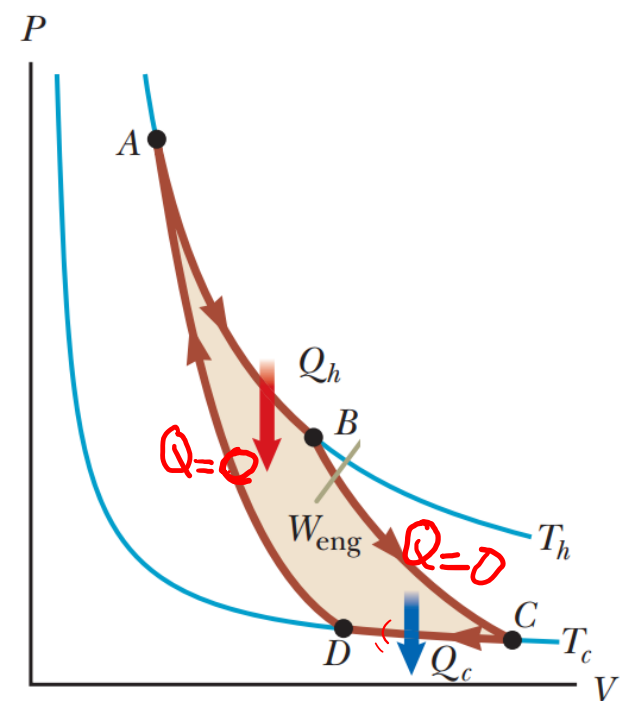
$Q_h = \sum Q_+ \rightarrow$  Nhiệt lượng hệ nhận vào sau một chu trình

$Q_c = \sum Q_- \rightarrow$  Nhiệt lượng hệ tỏa ra sau một chu trình

$W_{eng} = |\sum W_{quatrinh}| = Q_h - |Q_c| = A_{chu\ tr\grave{a}nh} \rightarrow$  Công hệ sinh ra sau một chu trình

$$e = \frac{W_{eng}}{Q_h} = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h}$$

$$\rightarrow e_{Carnot} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$



## HỆ SỐ THỰC HIỆN: (Coefficient of Performance – COP)

$Q_h = \sum Q_- \rightarrow$  Nhiệt lượng tỏa ra cho nguồn nóng

$Q_c = \sum Q_+ \rightarrow$  Nhiệt lượng thu được từ nguồn lạnh

$W = |Q_h| - Q_c = A_{chu\ tr\grave{a}nh} \rightarrow$  Công hệ nhận vào sau một chu trình

Chế độ làm lạnh:

$$COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{|Q_h| - Q_c}$$

$$\rightarrow COP_{Carnot} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

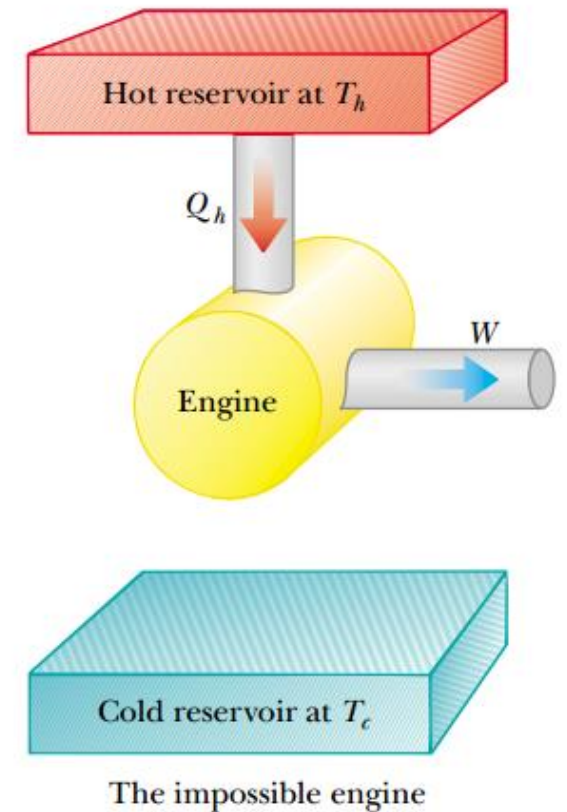
$$\rightarrow COP_{Carnot} = \frac{T_h}{T_h - T_c}$$

Chế độ làm nóng:

$$COP = \frac{|Q_h|}{W} = \frac{|Q_h|}{|Q_h| - Q_c}$$

## PHÁT BIỂU NL II THEO KELVIN-PLANCK

Không thể chế tạo được một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình mà không tạo ra tác dụng khác nào ngoài việc nhận năng lượng từ bên ngoài và sinh ra một lượng công bằng như thế.

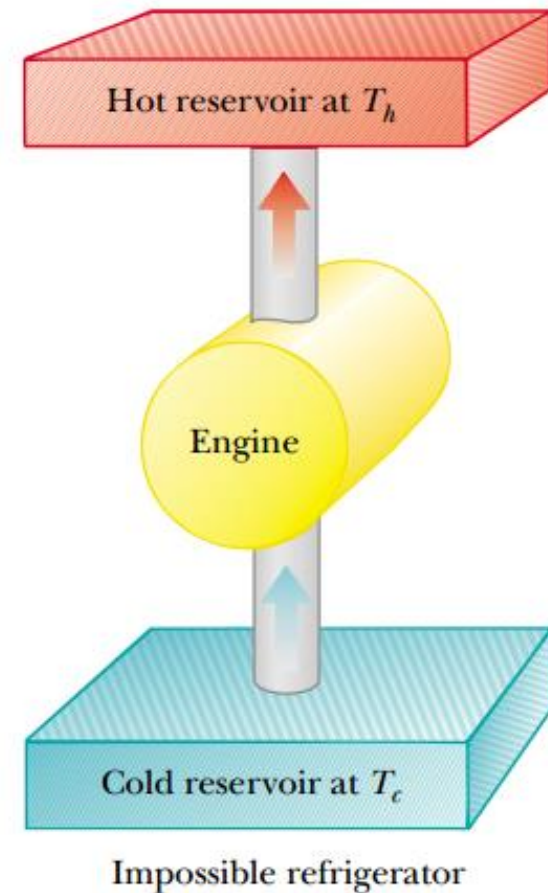


**Hay:** Không thể chế tạo ĐỘNG CƠ VĨNH CỬU loại 2

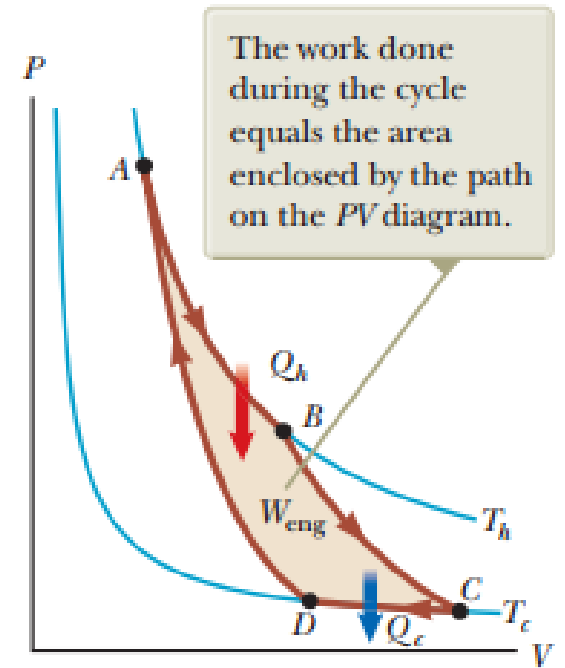
## PHÁT BIỂU NGUYÊN LÝ II THEO CLAUSIUS

Không thể chế tạo được một máy hoạt động theo chu trình mà tác động duy nhất của nó là truyền nhiệt một cách liên tục từ một vật sang một vật khác có nhiệt độ cao hơn mà không nhận năng lượng dưới dạng công.

Hay: Nhiệt lượng không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.



Cho một chu trình gồm quá trình AB đẳng nhiệt với nhiệt độ  $T_h$ , CD đẳng nhiệt với nhiệt độ  $T_c$  và hai quá trình đoạn nhiệt BC và DA. (a) Hãy chứng minh:  $V_C/V_D = V_B/V_A$ . (b) Tính hiệu suất của chu trình trên.



$$\begin{aligned} B \rightarrow C: T_h V_B^{\gamma-1} &= T_c V_C^{\gamma-1} \\ D \rightarrow A: T_c V_D^{\gamma-1} &= T_h V_A^{\gamma-1} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \frac{T_c}{T_h} = \left( \frac{V_B}{V_C} \right)^{\gamma-1} = \left( \frac{V_A}{V_D} \right)^{\gamma-1} \quad \rightarrow \quad \frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D}$$

$$Q_{BC} = Q_{DA} = 0$$

$$Q_{AB} = nRT_h \ln V_B/V_A > 0 \rightarrow Q_h$$

$$Q_{CD} = nRT_c \ln V_D/V_C < 0 \rightarrow Q_c$$

$$\rightarrow e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

→ Bài tập chứng minh hiệu suất của chu trình Carnot

# ĐỊNH LÝ CARNOT:

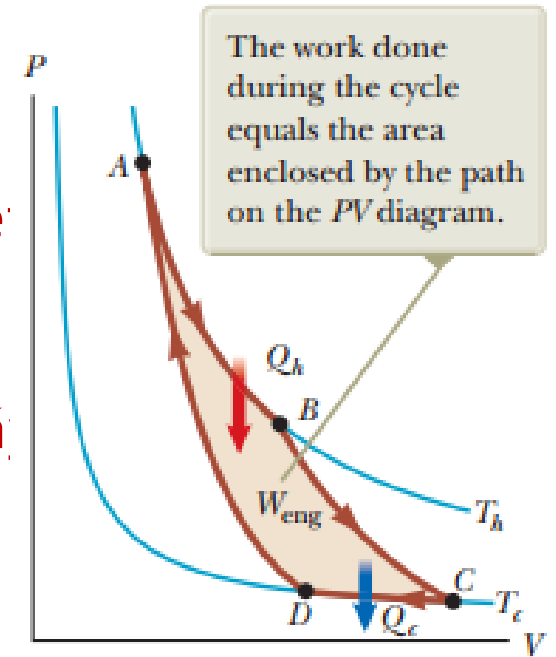
Chu trình Carnot: là chu trình gồm 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đoạn nhiệt xen kẽ nhau (Hình vẽ).

Động cơ Carnot hoạt động theo chu trình Carnot thuận. Máy lạnh Carnot hoạt động theo chu trình ngược.

$$e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_h}{T_h - T_c}$$



Định lý Carnot: Không có động cơ nhiệt nào hoạt động giữa hai nguồn nhiệt có thể đạt hiệu suất cao hơn động cơ Carnot hoạt động cũng giữa hai nguồn nhiệt đó.

CH1: Khoan một lỗ trong một tấm kim loại. Khi tăng nhiệt độ tấm kim loại, đường kính lỗ khoan sẽ tăng hay giảm? Giải thích?

CH2: Nắp kim loại trên chai thủy tinh thường có thể được nới lỏng bằng cách cho nước nóng chảy qua nắp chai. Hãy giải thích tại sao.

CH3: Có hay không hai vật có thể ở trạng thái cân bằng nhiệt nếu chúng không tiếp xúc nhau? Giải thích và lấy ví dụ minh họa.

Tua bin hơi nước là thành phần chính của nhà máy điện. Ta có nhiệt độ hơi nước càng cao càng tốt. Giải thích tại sao.



Chất lượng nguồn nhiệt: NGUỒN NHIỆT CÓ NHIỆT ĐỘ CAO THÌ SINH CÔNG TỐT HƠN NGUỒN NHIỆT CÓ NHIỆT ĐỘ THẤP

Giả sử 2 ĐC có cùng  $T_c$  và cũng nhận nhiệt lượng như nhau.

$$T_{c(I)} = T_{c(II)} \text{ và } Q_h(I) = Q_h(II)$$

Nhưng  $T_o$  nguồn nóng  $\neq$  nhau:  $T_{h(I)} > T_{h(II)}$

Từ đ/L Carnot ta có HS của 2 ĐC:

$$e_{\text{Carnot}(I)} = 1 - \frac{T_{c(I)}}{T_{h(I)}}; \quad e_{\text{Carnot}(II)} = 1 - \frac{T_{c(II)}}{T_{h(II)}}$$

Do  $T_{h(I)} > T_{h(II)}$  nên  $e_{\text{Carnot}(I)} > e_{\text{Carnot}(II)}$

$$\text{Mà } e = \frac{W_{\text{eng}}}{Q_h}$$

$$\Rightarrow W_{\text{eng}(I)} > W_{\text{eng}(II)}$$

$$\text{vì } Q_h(I) = Q_h(II)$$

# Yếu tố nào ảnh hưởng đến hiệu suất của động cơ nhiệt?



Nâng cao hiệu suất của động cơ nhiệt: CHẾ TẠO ĐỘNG CƠ GẦN VỚI CHU TRÌNH CARNOT THUẬN NGHỊCH NHẤT – CHẾ TẠO ĐỘNG CƠ GẦN ĐÚNG VỚI CHU TRÌNH THUẬN NGHỊCH NHẤT (GIẢM THIỂU MA SÁT VÀ SỰ CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ) – TĂNG NHIỆT ĐỘ NGUỒN NÓNG

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Rightarrow \eta \nearrow \Leftrightarrow \begin{cases} T_c \downarrow \\ T_h \uparrow \end{cases}$$



# Chiều chuyển hóa giữa công và nhiệt chiều nào là hoàn toàn? Chứng tỏ điều đó từ nguyên lý thứ 2 NDH và ĐL Carnot.



Công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt nhưng nhiệt không thể chuyển hóa hoàn toàn thành công.

Từ định lý Carnot ta có Động cơ Carnot có hiệu suất  $e_{Carnot} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$  là động cơ có hiệu suất cao nhất với nhiệt độ nguồn lạnh  $T_c$  và nhiệt độ nguồn nóng  $T_h$ . Trong thực tế,  $T_c$  không thể bằng 0 do luôn có sự chênh lệch nhiệt độ giữa nguồn nóng và môi trường bên ngoài nên hiệu suất  $e$  luôn nhỏ hơn 1.

Mặc khác, hiệu suất ĐCN có biểu thức  $e = \frac{W_{eng}}{Q_h}$ . Ta có  $e < 1$  nên  $W_{eng} < Q_h$  hay công sinh ra luôn nhỏ hơn nhiệt nhận vào, tức là NHIỆT KHÔNG THỂ CHUYỂN HÓA HOÀN TOÀN THÀNH CÔNG.

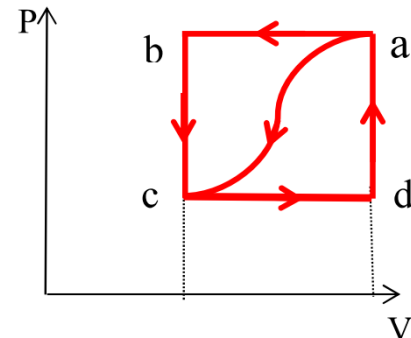
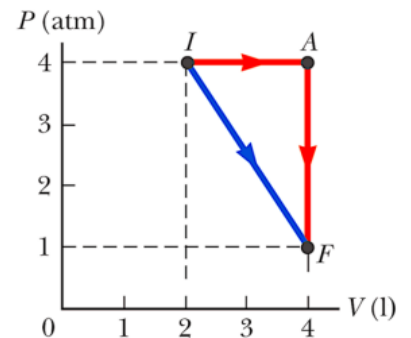
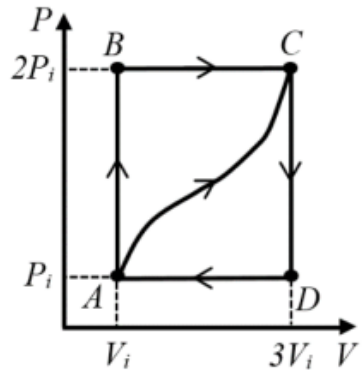
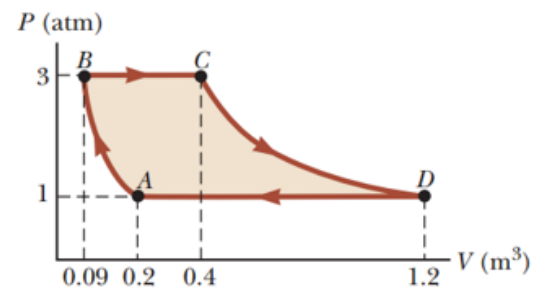
## Dạng 1: BT NGUYÊN LÝ 1 NĐH → Dùng biểu thức $\Delta E_{int(if)} = W_{if} + Q_{if}$ , hiểu hàm quá trình, hàm trạng thái

**Bài 1:** Khối khí lý tưởng thực hiện chu trình như hình bên. AB là quá trình đoạn nhiệt; BC là quá trình đẳng áp với nhiệt lượng nhận vào là 345 kJ; CD là quá trình đẳng nhiệt; DA là quá trình đẳng áp với nhiệt lượng tỏa ra là 371 kJ. Tính (a) công thực hiện sau quá trình BC, (b) công thực hiện sau quá trình DA và (c) độ biến thiên nội năng  $E_{intA} - E_{intB}$ .

**Bài 2:** Cho 0,05 mol khí lý tưởng có trạng thái ban đầu i với các thông số trạng thái ( $P_i, V_i, T_i$ ) thực hiện một chu trình ABCDA như miêu tả trên đồ thị PV. Hãy tính: (a) Nhiệt độ các trạng thái B, C, D, biết nhiệt độ ban đầu của khí bằng 10°C. (b) Công mà khối khí thực hiện trong chu trình nói trên. (c) Nhiệt lượng khí trao đổi với môi trường trong quá trình ABC và CDA. Biết độ biến thiên nội năng của khối khí trong quá trình từ A đến C bằng +882 J.

**Bài 3:** Một khối khí thực hiện quá trình chuyển từ trạng thái I đến trạng thái F. Nếu chuyển trực tiếp từ trạng thái I đến trạng thái F thì khối khí nhận 418 J nhiệt lượng. (a) Tính độ biến thiên nội năng của khối khí trong quá trình dịch chuyển này. (b) Nếu quá trình chuyển trạng thái từ I → A → F, tính nhiệt lượng mà khối khí nhận vào. (c) Tính công khối khí thực hiện sau 1 chu trình IAFI.

**Bài 4:** Khi một khí lý tưởng biến đổi từ trạng thái a đến c dọc theo đường cong như hình vẽ, công khối khí nhận được là 35 J và nhiệt lượng khí sinh ra là 175 J. Nếu biến đổi theo quá trình abc thì công khối khí nhận được là 56 J. Hãy tính (a) độ biến thiên nội năng khi khí di chuyển từ trạng thái a sang c, (b) nhiệt lượng khối khí sinh ra trong quá trình abc. (c) Biết áp suất của khối khí tại b gấp đôi tại c, tính công khối khí nhận được trong quá trình cda.



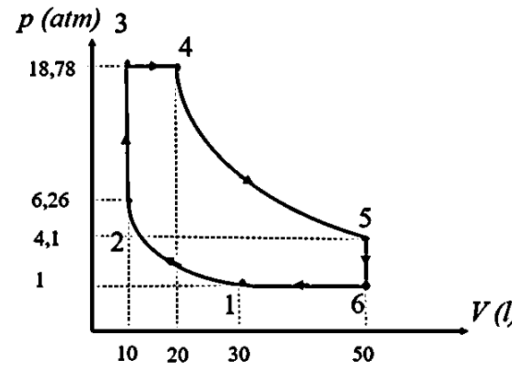
**Dạng 2: BT NGUYÊN LÝ 2 NĐH → Tính hiệu suất (Khai triển CT trong bảng, tính Q hoặc W từng quá trình để tính hiệu suất) → Đồ thị chu trình**

**Câu 9:** (2,0 điểm)

Chu trình Atkinson được phát triển bởi James Atkinson dựa trên nguyên lý của chu trình Otto có sơ đồ như hình bên, với 1-2 và 4-5 là quá trình đoạn nhiệt; 2-3 và 5-6 là quá trình đẳng tích; 3-4 và 6-1 là quá trình đẳng áp. Giả sử một khối khí lý tưởng đơn nguyên tử hoạt động theo chu trình Atkinson với các thông số áp suất, thể tích từng trạng thái như hình vẽ.

- a. Tính nhiệt lượng trao đổi ở từng quá trình.
- b. Tính hiệu suất của động cơ hoạt động theo chu trình trên.

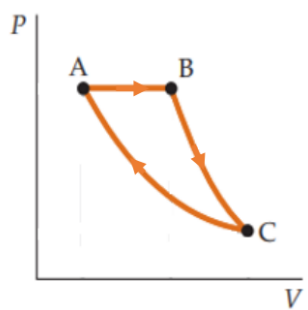
Cho hằng số khí lý tưởng  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ ;  
 $1 \text{ atm} = 1,013.10^5 \text{ N/m}^2$ .



**Câu 9:** (2,0 điểm)

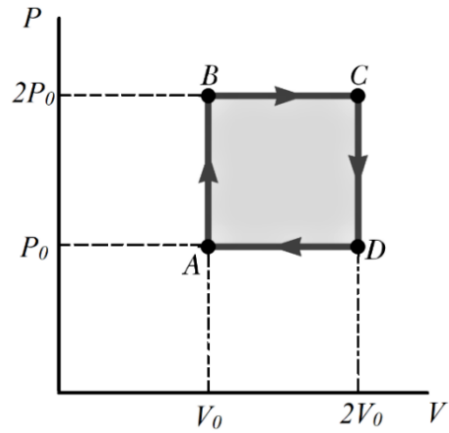
Hai mol khí lý tưởng mà phân tử khí có hai nguyên tử thực hiện chu trình ABCA như hình vẽ. Khối khí từ trạng thái A có nhiệt độ  $T_A = 350 \text{ K}$  thực hiện quá trình giãn đẳng áp đến trạng thái B sao cho  $V_B = 2 V_A$ . Quá trình BC là quá trình giãn nở đoạn nhiệt và quá trình CA là quá trình nén đẳng nhiệt.

- a. Tính nhiệt độ của khối khí ở trạng thái B và công mà khối khí trao đổi với môi trường trong quá trình AB.
- b. Tính hiệu suất của chu trình ABCA.



**Câu 9:** (2,0 điểm) 1 mol khí Ni-tơ thực hiện chu trình như miêu tả trên đồ thị  $PV$ . Nhiệt độ của khí tại trạng thái A bằng  $27^0 \text{ C}$ .

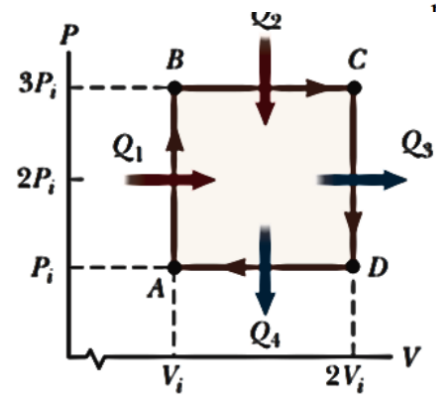
- a. Tính nhiệt lượng khí trao đổi với môi trường trong mỗi quá trình.
- b. Tính hiệu suất của chu trình.
- c. Tính hiệu suất của chu trình Carnot hoạt động ở hai nguồn nhiệt có nhiệt độ tương ứng bằng nhiệt độ cao nhất và nhiệt độ thấp nhất của chu trình nói trên. So sánh với hiệu suất tìm được ở câu (b).



**Câu 9:**(2,0 điểm)

Một khối khí lý tưởng đơn nguyên tử có trạng thái ban đầu A ( $P_i, V_i, T_i$ ), thực hiện chu trình như hình vẽ bên. Biết rằng nhiệt độ ở trạng thái A là  $25^0 \text{ C}$ .

- a. Tính hiệu suất của chu trình ABCDA.
- b. Hãy so sánh hiệu suất của chu trình ABCDA với chu trình Carnot hoạt động với nguồn nóng là nhiệt độ cao nhất của chu trình và nguồn lạnh là nhiệt độ thấp nhất của chu trình.



## Dạng 3: BT NGUYÊN LÝ 2 NĐH → Tính hiệu suất (Không dùng CT trong bảng) → Không thấy đồ thị chu trình.

**Câu 9:** (2,0 điểm)

Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot có công suất ra là 200 kW. Nhiệt độ của nguồn lạnh và nguồn nóng tương ứng là  $30^{\circ}\text{C}$  và  $500^{\circ}\text{C}$ . Hãy tính:

- Hiệu suất của động cơ trên?
- Công do động cơ thực hiện được trong mỗi giờ?
- Nhiệt lượng động cơ nhận vào trong mỗi giờ?
- Nhiệt lượng động cơ tỏa ra trong mỗi giờ?

**Câu 8** (2,0 điểm): Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot có chênh lệch nhiệt độ giữa hai nguồn nhiệt là  $75^{\circ}\text{C}$ . Hiệu suất của động cơ là 22%.

- Hỏi nhiệt độ của các nguồn nhiệt bằng bao nhiêu?
- Bạn muốn tăng hiệu suất của động cơ Carnot càng nhiều càng tốt. Bạn có thể làm điều đó bằng cách tăng nhiệt độ nguồn nóng  $T_h$  một lượng nào đó trong khi giữ nhiệt độ nguồn lạnh  $T_c$  không đổi hoặc bằng cách giảm  $T_c$  một lượng bằng như thế, trong khi giữ  $T_h$  không đổi. Bạn sẽ thực hiện theo cách nào? Giải thích?

- Một động cơ nhiệt có công suất là 5 kW và hiệu suất động cơ là 25%. Động cơ thải ra  $8 \cdot 10^3$  J nhiệt lượng trong mỗi chu trình. Tính (a) Nhiệt lượng nhận vào trong mỗi chu trình và (b) thời gian thực hiện một chu trình.

ĐS: 10,7 kJ; 0,53 s

- Một động cơ nhiệt nhận nhiệt lượng 360 J từ nguồn nóng và thực hiện 25 J công trong mỗi chu trình. Tính (a) Hiệu suất động cơ ? (b) Nhiệt lượng tỏa ra cho nguồn lạnh trong mỗi chu trình.

ĐS: 6,94 %; 355 J

- Một động cơ xăng của máy bay, hoạt động ở tốc độ  $2,5 \cdot 10^3$  vòng/phút, nhận năng lượng  $7,89 \cdot 10^3$  J và thải ra  $4,58 \cdot 10^3$  J cho mỗi vòng quay của trục khuỷu . (a) Có bao nhiêu lít nhiên liệu được tiêu thụ trong 1 giờ hoạt động nếu nhiệt đốt cháy nhiên liệu là  $4,03 \cdot 10^7$  J/L? (b) Tính công suất ở ngõ ra của động cơ (theo đơn vị mã lực)? Bỏ qua ma sát. (c) Mô men xoắn của trục khuỷu trên tải bằng bao nhiêu? (d) Công suất của hệ thống làm mát của động cơ?

ĐS: 29,4 L/h; 185 hp; 527 N.m;  $1,91 \cdot 10^5$  W