



Isaac Newton (1642 – 1727)

BÀI GIẢNG

VẬT LÝ 1

NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

BIÊN SOẠN:

VÕ THỊ NGỌC THUY

1.1.* Phương trình trạng thái khí lý tưởng

+ Khí lý tưởng :.....

+ Trạng thái một hệ (khối) khí được xác định bởi các thông số trạng thái: P, V, T

a/Áp suất

$$P = \frac{F_n}{S}$$



$$1at = 9,81.10^4 \left(\frac{N}{m^2} \right) = 736mmHg$$

$$1atm = 1,01.10^5 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$\frac{N}{m^2} = Pascal (Pa)$$

$$1bar = 10^5 N / m^2$$

$$mmHg = Torr = 133 N/m^2$$

-Định luật Dalton :

$$P = \sum_i^n P_i$$

“Áp suất một hỗn hợp khí bằng tổng áp suất riêng phần của từng chất khí thành phần “

b/ Nhiệt độ :Đại lượng vật lý thể hiện mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử của vật(hay hệ vật) đang xét.

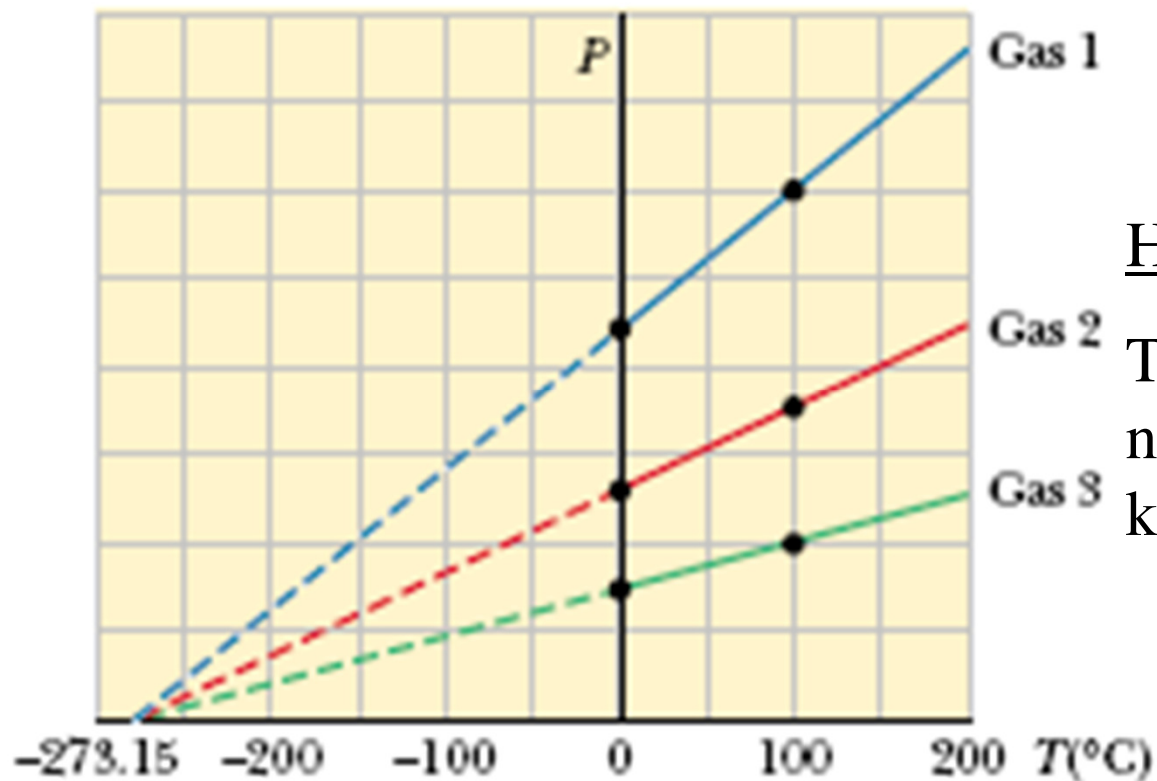
- **Nhiệt giai Celsius** : Điểm tan của nước đá và nhiệt độ sôi của nước tinh khiết ở áp suất 1 atm là 0°C và 100 °C

- **Nhiệt giai Kelvin :**

$$T = t_C^0 + 273(K)$$

❖ *Ngoài ra còn có các thang nhiệt độ khác như :*

- Nhiệt độ Fahrenheit $t(^0 F)$,
- Rankine $T(^0 R)$.



Hình (4.1):

Tương quan giữa áp suất và nhiệt độ đối với 3 loại khí khác nhau.



??? Nhận xét gì ?

→ Với mọi loại khí, đường ngoại suy $P \rightarrow 0$ với mọi loại khí đều gặp nhau tại $-273,15^{\circ}\text{C}$.

c/ **Thể tích**

- Là miền không gian mà các phân tử chuyển động
- Đối với khí lý tưởng, thể tích bình chứa là thể tích của khối khí.
- Hệ SI, đơn vị của V là m^3

* Phương trình trạng thái khí lý tưởng

(Phương trình Clapeyron – Mendeleev)

$$f(P, V, T) = 0$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \quad (4.1)$$

Với 1 kmol khí :

Với m (kg) khí :

$$V_0 = 22,4 m^3 \quad N_A = 6,023 \cdot 10^{26} \text{ pt}$$

μ : khối lượng của 1 kmol

Trong điều kiện tiêu chuẩn: $p=1 \text{ atm}; 0^0 \text{ C}$

$$\longrightarrow \frac{m}{\mu} (\text{kmol})$$

$$\frac{PV}{T} = R \quad (4.2)$$

----->

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (4.3)$$

Hằng số khí lý tưởng :

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 8,31 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Joule}}{\text{kmol.K}} \right) = 8,31 \left(\frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right) \\ 0,0848 \left(\frac{\text{at.m}^3}{\text{kmol.K}} \right) = 0,0848 \left(\frac{\text{lit.at}}{\text{mol.K}} \right) \end{array} \right.$$

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

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

Các trường hợp riêng : Các định luật thực nghiệm.

$$T = \text{const}$$

$$PV = \text{const}$$

Boyle-
Mariotte(1669)

$$P = \text{const}$$

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

Gay-
Lussac(1802)

$$V = \text{const}$$

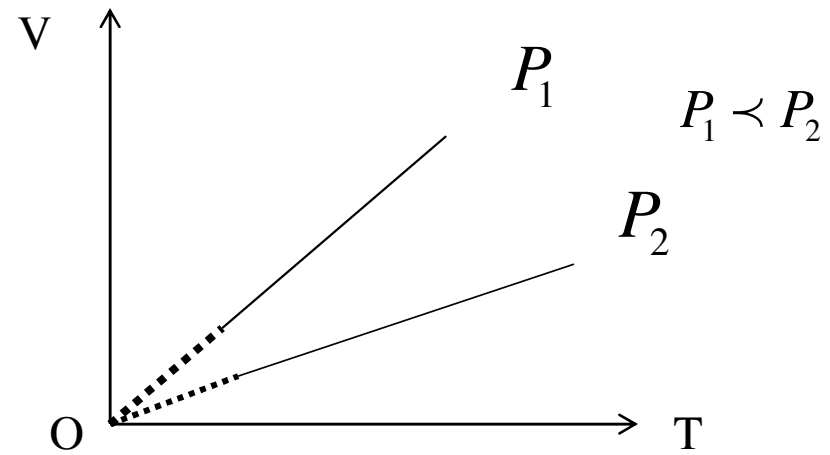
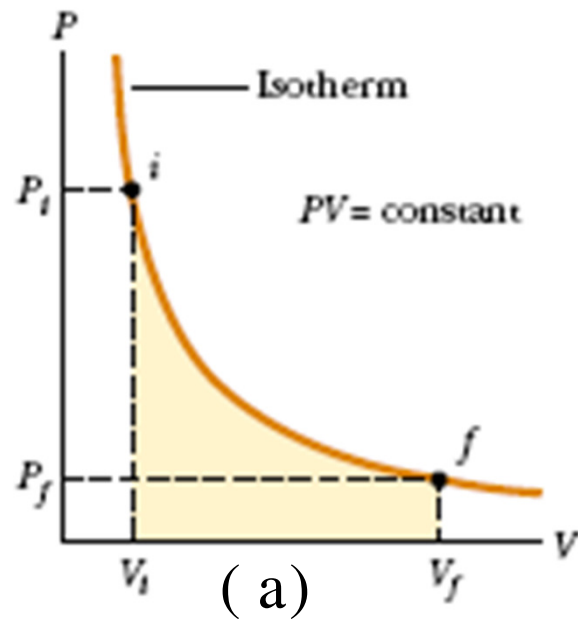
$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

Charles

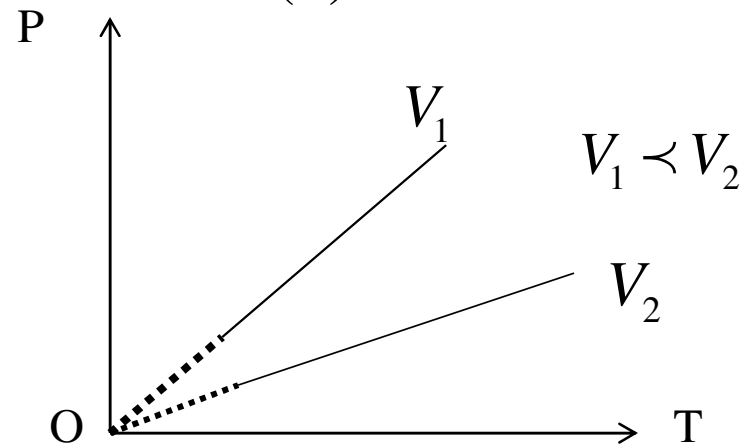
$\alpha = \frac{1}{273} (1/^\circ\text{C})$: Hệ số dẫn nở nhiệt, cho mọi chất khí

$$\left| \begin{array}{l} V_{(t^\circ\text{C})} = V_{(0^\circ\text{C})} (1 + \alpha t) \\ V_{(T^\circ\text{K})} = V_{(0^\circ\text{C})} \cdot \alpha T_{(^{\circ}\text{K})} \square T_{(^{\circ}\text{K})} \end{array} \right|$$

$$\left| \begin{array}{l} P_{(^{\circ}\text{C})} = P_{(0^\circ\text{C})} (1 + \alpha t) \\ P_{(^{\circ}\text{K})} = P_{(0^\circ\text{C})} \cdot \alpha T_{(^{\circ}\text{K})} \square T_{(^{\circ}\text{K})} \end{array} \right|$$



(b)



(c)

Hình (4.2):

a/ Đường đẳng nhiệt, có dạng Hypecbol.

b/ Đường đẳng áp (Gay Lussac)

c/ Đường đẳng tích (Charles).

2.2.* Thuyết động học phân tử :

a/ Vật chất có cấu tạo gián đoạn gồm vô cùng nhiều phân tử riêng biệt luôn chuyển động hỗn loạn. Mức độ chuyển động của các phân tử biểu hiện qua Nhiệt độ của hệ.

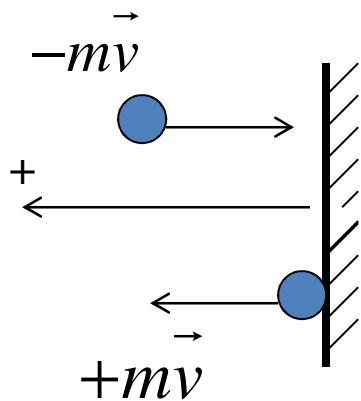


?? Trong bình lập phương cạnh a , có n phân tử khí lý tưởng. Số phân tử đập vào mỗi thành bình tính trung bình là bao nhiêu ?

→ $\left| \begin{array}{l} \text{Các phân tử chuyển động hỗn loạn không có phương} \\ \text{ưu tiên, vậy số phân tử đập vào mỗi thành bình xem} \\ \text{là } n(1/6) \end{array} \right.$

b/ Kích thước phân tử \ll khoảng cách giữa chúng \rightarrow Không tương tác nhau.

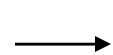
c/ Các phân tử xem như đàn hồi khí va chạm.



?? Một phân tử đập thẳng góc vào thành bình với vận tốc v và bị bật ra. Tính lực trung bình của thành bình tác dụng vào phân tử trong thời gian Δt .



- Va chạm đàn hồi với thành bình
→ Vận tốc sau khi va chạm đổi chiều, trị số không đổi.



Độ biến thiên động lượng của phân tử :

$$\Delta P = mv - (-mv) = 2mv$$

$$\Delta P = 2mv = f \cdot \Delta t$$

$$\longrightarrow f = \frac{2mv}{\Delta t}$$

Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử :

Gọi n_0 : Mật độ phân tử

$$\Delta n = \frac{1}{6} n_0 \cdot v \cdot \Delta t \cdot \Delta S$$

$\overline{W_d} = \frac{m(\overline{v})^2}{2}$: Động năng tịnh tiến trung bình của phân tử.

→ Áp suất khối khí :

$$P = \frac{2}{3} n_0 \overline{W_d} \quad (4.4)$$

Hệ quả :

← Với 1 Kmol

$$\frac{PV}{T} = \text{const} = R$$

$$\overline{W} = \frac{3}{2} \frac{P}{n_0} = \frac{3}{2} \frac{RT}{n_0 V} = \frac{3}{2} \frac{RT}{N_A}$$

Đặt : $K_B = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{J}{K} \right)$

$$\overline{W_d} = \frac{3}{2} K_B T \quad (4.6)$$

$$n_0 = \frac{3}{2} \frac{P}{\overline{W_d}}$$

Ở P, T xác định, mọi chất khí có cùng mật độ phân tử.

???

$$n_0 = \frac{P}{K_B T}$$

(4.5)

1.3.Nội năng khí lý tưởng :

+ Bậc tự do của chất điểm : Số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của chất điểm trong không gian (i).

Đơn nguyên tử Hai nguyên tử Đa nguyên tử (≥ 3)
i = 3 5 6

+ Định luật phân bố đều động năng Maxwell:

“Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các bậc tự do của phân tử “



Với phân tử đơn nguyên :

$$\overline{W_d} = \frac{3}{2} KT = 3 \cdot \frac{KT}{2}$$

Động năng ứng với 1 bậc tự do : $\frac{3}{3} \cdot \frac{KT}{2} = \frac{1}{2} KT$

Động năng của phân tử có i bậc tự do : $i \frac{KT}{2}$ (4.7)

+ Nội năng của khí lý tưởng :

Nội năng (U) : Phần năng lượng ứng với sự vận động bên trong khối khí.

$$U = \sum W_d + \frac{\text{Thế năng tương tác}}{\text{Khí lý tưởng} \rightarrow = 0}$$

$$\overline{W_d} = i \frac{KT}{2}$$

+ Với 1 Kmol (có N_A phân tử)

$$U_0 = N_A \left(i \frac{KT}{2} \right) = i \frac{RT}{2} \quad (4.8)$$

$K = \frac{R}{N_A}$

+ Khối khí m (kg):

$$U_m = \frac{m}{\mu} U_0 = \frac{m}{\mu} \frac{iRT}{2}$$

(4.9)

$$U_m = \frac{m}{\mu} U_0 = \frac{m}{\mu} \frac{iRT}{2}$$

Trong một quá trình biến đổi nhiệt độ

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta U_m = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \cdot \Delta T$$

(4.10)

Ví dụ (4.1): Có 6,5 g khí hydro ở nhiệt độ 27⁰ C. Do nhận được nhiệt nên thể tích nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính độ biến thiên nội năng của khối khí.

Gay - Lussac

$$i = 5; \mu = 2 (\text{kg} / \text{kmol})$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$m = 6,5 \text{ g} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$P (\text{N} / \text{m}^3); V (\text{m}^3)$$

$$T = 27 + 273 = 300 (^\circ \text{K})$$

$$R = 8,31 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{J}}{\text{Kmol} \cdot \text{K}} \right)$$

Giải :

Quá trình dẫn đẳng áp \rightarrow Gay-Lussac :

$$\downarrow \quad \boxed{V_2 = 2V_1}$$
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 2T_1$$

$$\Delta U_m = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \cdot T_1$$

$$\Delta U_m = \frac{6,5 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 5 \cdot \frac{8,31 \cdot 10^3}{2} \cdot 300 = 20,2 \cdot 10^3 \text{ (j)}$$

1.4. Năng lượng – Công - Nhiệt

* Năng lượng của hệ (vật):

Năng lượng đặc trưng cho:

-mức độ vận động của hệ, \longrightarrow **Động năng:** W_d

-tương tác của hệ với môi trường, \longrightarrow **Thế năng:** W_t

-tương tác giữa các hạt (vật) trong hệ với nhau. \longrightarrow **Nội năng:** U

\longrightarrow Mỗi **Trạng thái** (V,P,T) ứng với một **Năng lượng** xác định.

Ví dụ : Khối khí đang giãn nở \rightarrow Tại mỗi thời điểm có một trạng thái xác định : (V,P,T) \leftrightarrow Năng lượng xác định.

\longrightarrow **Năng lượng là hàm của trạng thái.**

Năng lượng của một hệ (khối) khí lý tưởng :

$$W = W_d + W_t + U$$

Khối khí trong
bình đứng yên: Cả
khối khí không
ch/đ có hướng. \rightarrow
 $\cong 0$

Hệ cô
lập \rightarrow Th/năng
trong trường
ngòai $\cong 0$

$$W = \sum_i^n W_d^{(i)} [joule]$$

Nội năng của hệ:

$$U = \sum_i^n W_d^{(i)} + \sum \omega_t^{(i,j)}$$

Khí lý tưởng
 $\rightarrow \cong 0$

* Công :

+ Công cơ học $dA = dW_d = -dW_t$ [joule]



Công đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua sự chuyển dời của hệ.



Với khối khí

- Sự thay đổi thể tích \Rightarrow Khối khí nhận/ sinh công

+ Công gắn liền với một quá trình (sự chuyển dời)

\rightarrow Công là hàm của quá trình.

+ Quy ước:

A: Hệ **nhận công** từ bên ngoài $\rightarrow A > 0$

A' = -A: Hệ **sinh công** ra môi trường xung quanh $\rightarrow A < 0$

\rightarrow Nội năng của hệ thay đổi.

* Nhiệt lượng (nhiệt) [Kcal] :

-Đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua sự chuyển động hỗn loạn của các phân tử.



-Nhiệt là hàm của quá trình.

-Quy ước :

Hệ nhận nhiệt từ bên ngoài $\rightarrow Q > 0$

Hệ tỏa nhiệt $\rightarrow Q < 0$



Nội năng hệ thay đổi.

➡ + Năng lượng là hàm của trạng thái. Ở mỗi trạng thái khối khí có một năng lượng xác định.

+ ĐẶC TRƯNG CHO MỨC ĐỘ TRAO ĐỔI NĂNG LƯỢNG

CÔNG

NHIỆT LƯỢNG

Thông qua sự chuyển
dời của hệ (thay đổi thể
tích khối khí)

Thông qua sự chuyển động
hỗn loạn của các phân tử.

JOULE

- Tốn một công 4,18 J → Làm xuất hiện một nhiệt lượng 1 calo.

- Nếu biến hết 1 calo thành công thì công đó bằng 4,18 J → $1 \text{ cal} \leftrightarrow 4,18 \text{ J}$



??? Công có đơn vị là Joule, vậy công có phải là năng lượng không ?

→ Ở mỗi trạng thái có năng lượng xác định. Còn công chỉ có nghĩa với cả một quá trình biến đổi.

Công chỉ là một hình thức trao đổi năng lượng giữa hai hệ .



??? Phân biệt công và nhiệt lượng thế nào?

→ + Điều là hàm của quá trình. Điều đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng .Điều không phải tính chất nội tại của hệ (như nhiệt độ, áp suất, năng lượng).

+ Đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng nhưng với hai hình thức khác nhau: sự chuyển dời của hệ – sự trao đổi năng lượng trực tiếp giữa các phân tử của hệ với các phân tử của môi trường.

Ví dụ : *Khí nóng trong xylanh đẩy piston chuyển động*

→ *Khí sinh công A.*

Đồng thời khí đó cũng làm nóng Piston:

Khí truyền nhiệt lượng Q cho Piston.

1.5. Nguyên lý I:

Định luật bảo toàn năng lượng \rightarrow Phát biểu đối với một quá trình biến đổi của hệ :

“ Độ biến thiên năng lượng của hệ trong một quá trình biến đổi bằng tổng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó. ”

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A + Q$$

Hệ cô lập, đứng yên $\longrightarrow W = U$ (Nội năng)

Nguyên lý I:

$$\Delta W = \Delta U = U_2 - U_1 = A + Q \quad (4.11)$$

“Trong một quá trình biến đổi, độ biến thiên nội năng ΔU bằng tổng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó “

Hệ quả của nguyên lý I :



??? Hãy cho biết độ nội năng giảm, tăng hay không thay đổi trong các trường hợp sau đây : Hệ nhận công và nhiệt; Hệ sinh công và tỏa nhiệt ; Hệ cô lập.

-
- 1/ Hệ nhận công ($A > 0$) và nhiệt ($Q > 0$) → $\Delta U > 0$
- Hệ sinh công ($A < 0$) và tỏa nhiệt ($Q < 0$) → $\Delta U < 0$
- Hệ cô lập ($A = Q = 0$) → $\Delta U = 0$ (Nội năng bảo toàn)

Ví dụ : Xét hệ 2 vật. Mỗi vật nhận một nhiệt lượng là Q_1 và Q_2 .

→ Tổng nhiệt lượng hệ nhận là : $Q = Q_1 + Q_2 = 0$ → $Q_1 = -Q_2$

↑
Nếu Hệ cô lập

→ Vật 1 nhận nhiệt ($Q_1 > 0$) → Vật 2 tỏa nhiệt ($Q_2 < 0$)

Vật 1 tỏa nhiệt → Vật 2 nhận nhiệt.

→ Hai vật trao đổi nhiệt cho nhau : $|Q_1| = |Q_2|$

2/ Nếu hệ thực hiện quá trình khép kín (một chu trình) :

$$U_2 \equiv U_1$$
$$\Delta U = 0$$

$$A = -Q$$

Sinh công : $A < 0$
 $\rightarrow Q > 0$

Nhận nhiệt.

Nhận công : $A > 0 \rightarrow Q < 0$

Tỏa nhiệt

Trong một chu trình, công mà hệ nhận được có trị số bằng nhiệt do hệ tỏa ra bên ngoài.

Hệ muốn sinh công để thực hiện một hoạt động tuần hoàn (như một động cơ), thì phải NHẬN NHIỆT từ bên ngoài.

→ “Không thể có “động cơ vĩnh cửu loại I” là loại động cơ hoạt động tuần hoàn, sinh công mà không cần nhận năng lượng từ bên ngoài.”

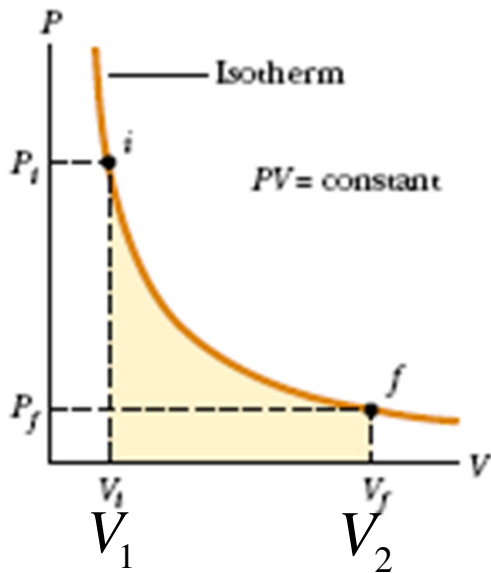
6. Nghiên cứu quá trình cân bằng đối với khí lý tưởng :

- Quá trình cân bằng : Gồm sự nối tiếp liên tục các trạng thái cân bằng (có các thông số trạng thái hoàn toàn xác định, sẽ tồn tại mãi nếu không có tác dụng bên ngoài).
- Các quá trình cân bằng với khí lý tưởng : Đẳng nhiệt, Đẳng tích, Đẳng áp.

1. Tính công hệ nhận được : $V_1 \longrightarrow \left| \begin{array}{ll} V_2 < V_1 & \text{— Nén} \\ V_2 > V_1 & \text{— Dẫn} \end{array} \right.$

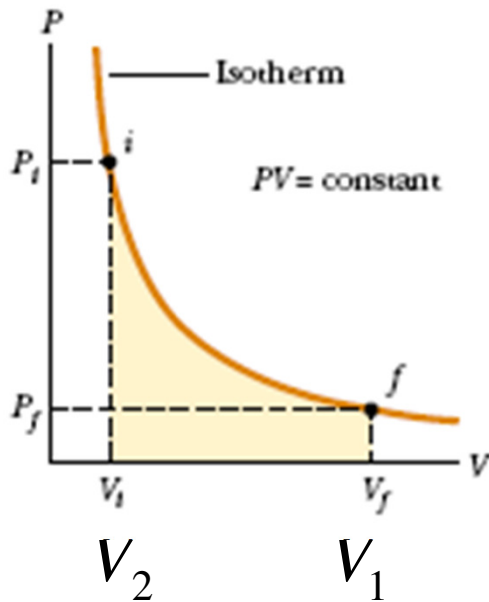
Định nghĩa công($dA = Fds$), xét trong một xy lanh.

$$\longrightarrow \boxed{A = - \int_{V_1}^{V_2} P dV} \xrightarrow{P = \text{const}} \boxed{A = -P \int_{V_1}^{V_2} dV} \quad (4.11)$$



$$A = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow$ $V_2 > V_1 \rightarrow dV > 0$
 Dãn nở $\left| \begin{array}{l} A < 0 \rightarrow \text{Hệ nhận công âm:} \\ \text{Hệ sinh công !} \end{array} \right.$



$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow$ $V_2 < V_1 \rightarrow dV < 0$
 Nén $\left| \begin{array}{l} A > 0 \rightarrow \text{Hệ nhận công dương.} \end{array} \right.$

$dA = PdV =$ Diện tích hình gần chữ nhật ($P \cdot dV$).

\rightarrow

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = S_{fiV_2V_1}$$

2/ Nhiệt hệ nhận được :

Xét hệ khí có khối lượng m .

$$\begin{aligned} + \text{Thực nghiệm} &\longrightarrow dQ = m.C.dT \\ &\longrightarrow C = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \end{aligned} \quad (4.12)$$

→ Nhiệt dung riêng là một đại lượng vật lý có trị số bằng nhiệt lượng mà 1 đơn vị khối lượng của hệ nhận được để nhiệt độ của nó biến thiên 1 độ. Đơn vị trong hệ SI là [J/kg.độ].

$$+ \text{Nhiệt dung phân tử : } C_{pt} = \mu.C \quad (4.13)$$

μ : khối lượng của 1 kmol

* **Chú ý:** + Với 1 kmol khí
 $\longrightarrow dQ = \mu C dT = C_{pt} \cdot dT$
 + Với m (kg)
 $\longrightarrow dQ = \frac{m}{\mu} \cdot C_{pt} dT$

(4.14)

Ứng dụng cụ thể: Xét một quá trình cân bằng và tính công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó .

1) **Đẳng tích:** + $\Delta V = 0 \Rightarrow A = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = 0$ (1)
 + Ng/lý I:

$$\Delta U = A + Q = Q = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T = \frac{m}{\mu} \cdot C_V \cdot \Delta T \quad (4.15)$$

(1) $\Delta U_m = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \cdot \Delta T$ Đặt : $C_V = \frac{iR}{2}$ { Nhiệt dung phân tử đẳng tích.

(
1
)

2) Đẳng áp : ☺
 ???

Đốt nóng hoặc làm lạnh khí trong xy lanh
 nhưng thả piston tự do. Đó là quá trình gì ?

+ $\Delta P = 0 \rightarrow P = \text{const} \longrightarrow A = -P \int_{V_1}^{V_2} dV = -P(V_2 - V_1) \quad (1)$

+ Phương trình trạng thái: $PV = \frac{m}{\mu} RT \longrightarrow P(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R\Delta T \quad (2)$

+ Ng/lý I: $\Delta U = A + Q$

$P\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$

$\longrightarrow Q = \Delta U - A = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T + P(V_2 - V_1)$

$\Delta U_m = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T$

$Q = \frac{m}{\mu} \left(\frac{iR}{2} + R \right) \Delta T = \frac{m}{\mu} (C_V + R) \Delta T$

$C_P = C_V + R = \left(\frac{i+2}{2} \right) R \longrightarrow$
 (4.16)

$Q = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T$

* Hệ thức Mayer : $C_P = C_V + R = \left(\frac{i+2}{2} \right) R$

* Hệ thức Poisson : $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$

3/ Đẳng nhiệt : $\longrightarrow PV = \text{const} \quad \Delta T = 0 \quad \left| \longrightarrow \right. \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 = PV$

$$+ \longrightarrow A = - \int P_1 V_1 \cdot \frac{dV}{V} = -P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad \downarrow$$

$$A = - \frac{m}{\mu} R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (4.17)$$

+ Biến thiên nội năng: $\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = 0$

$$Q = \Delta U - A = 0 - A = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (4.18)$$

Ví dụ(4.2):

Một mol khí dẫn nở ở nh/độ không đổi $T=310\text{ K}$ từ thể tích ban đầu $V_1 = 12\text{ lít}$ tới thể tích $V_2 = 19\text{ lít}$. Tính :

a/ Công do khí thực hiện trong quá trình dẫn nở.

b/ Công do khí thực hiện trong quá trình nén từ 19 lít đến 12 lít..

a/ Gọi A là công mà hệ nhận vào, đã biết ở (2.2) :

$$A = -P \int_{V_1}^{V_2} dV \longrightarrow \text{Công do hệ thực hiện : } A' = -A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$
$$A' = (1\text{mol}) \left(8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right) (310\text{K}) \cdot \ln \frac{19\text{l}}{12\text{l}} = 1180\text{Joule}$$

b/ Tương tự (a), nhưng $V_1 = 19\text{ lít}$; $V_2 = 12\text{ lít}$

$$A' = -A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$
$$A' = (1\text{mol}) \left(8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right) (310\text{K}) \cdot \ln \frac{12\text{l}}{19\text{l}} = -1180\text{Joule}$$

Bên ngoài phải thực hiện công là 1180J để nén khối khí.

4. Đoạn nhiệt : Là quá trình mà hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài

$$\delta Q = 0 \quad \text{Hay } Q=0$$

Ví dụ : Nén,dãn khí trong bình cách nhiệt.

4. Các phương trình của quá trình đoạn nhiệt:

$$\left. \begin{array}{l} \delta Q = 0 \\ Q = 0 \end{array} \right| \longrightarrow \left. \begin{array}{ll} PV^{\gamma} = \text{const} & TV^{\gamma-1} = \text{const} \\ PT^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = \text{const} & TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const} \end{array} \right\} (4.19)$$

+ Công hệ nhận được :

$$A = \Delta U - Q = \Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T$$

$$= \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-\gamma} - 1 \right] = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left[\frac{T_2}{T_1} - 1 \right]$$

$$= \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$$

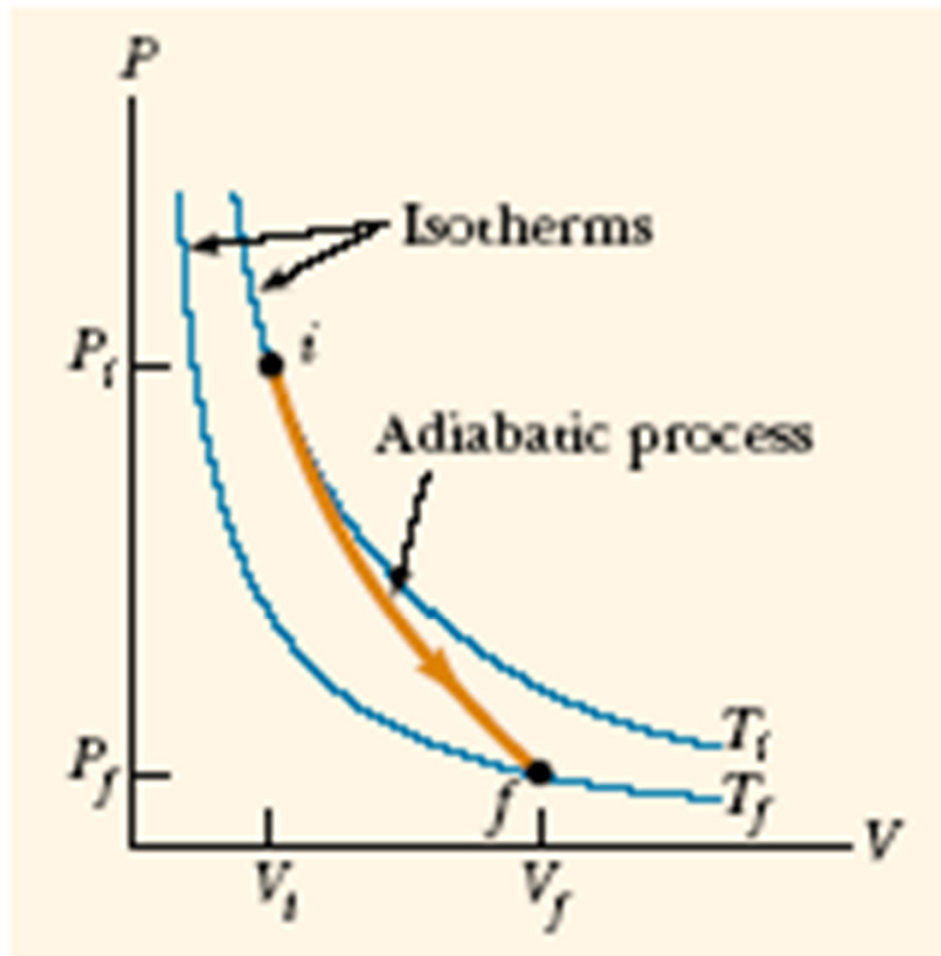


Figure 21.5 The PV diagram for an adiabatic expansion. Note that $T_f < T_i$ in this process.

Hình (4.3):

Giãn đồ PV trong quá trình dẫn đoạn nhiệt .

Lưu ý : $T_f < T_i$

Ví dụ (4.3): Có 10 g oxy ở áp suất 3 at, nhiệt độ 10^0 C . Người ta đốt nóng đẳng áp và cho dẫn nở đến thể tích 10 lít. Hỏi :

a/ Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí.
b/ Độ biến thiên nội năng.
c/ Công khối khí sinh ra khi dẫn nở.

$$\longrightarrow m = 10 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\mu = 32 \text{ kg / kmol} \quad i = 5$$

$$P = 3 \text{ at} = 3.9,81.10^4 \text{ N / m}^2$$

$$V = 10 \text{ l} = 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\text{Đẳng áp} \longrightarrow P_1 = P_2 = P$$

$$Q = ?$$

$$\Delta U = ?$$

$$A = ?$$

$$A' = -A = P(V_2 - V_1)$$

$$\text{với } P_1 V_1 = m/M \cdot RT_1 \Rightarrow V_1$$

a/ Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí :

Phương trình trạng thái với m (kg) khí :

$$\longrightarrow PV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \rightarrow T_2 = \frac{PV_2 \mu}{mR} = 1130^0 K \longrightarrow \Delta T = 1130 - 283 = 847^0 K$$

→ Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí :

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p \cdot \Delta T = \frac{m}{\mu} \left(\frac{i+2}{2} \right) R (T_2 - T_1) \left| \begin{array}{l} R = 8,31 \cdot 10^3 \left(\frac{J}{kmol \cdot K} \right) = \frac{8,31}{4,18} \left(\frac{cal}{kmol} \right) \end{array} \right. \rightarrow Q = \frac{10^{-2} \cdot 7,8 \cdot 8,31 \cdot 10^3}{32 \cdot 2} \cdot \Delta T = \underline{7.623 Joule}$$

b/ Biến thiên nội năng :

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{10^{-2} (kg)}{32 (kg / kmol)} \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot \Delta T = \underline{5498,8 Joule}$$

c/ Công của khối khí sinh ra : Ng/lý I → A = ΔU - Q

$$\longrightarrow A' = -A = Q - \Delta U = (7623 - 5498,8) = \underline{2124,2 Joule}$$

A: công hệ nhận

A': Công hệ nhiệt động sinh/ hệ thực hiện

$$A' = -A$$

Ví dụ (4.4) :

Người ta dẫn đoạn nhiệt không khí sao cho thể tích khối khí tăng gấp đôi. Tính nhiệt độ cuối của quá trình. Biết nhiệt độ ban đầu là 0_0 C .

$$\begin{array}{l|l} \begin{array}{l} \rightarrow V_2 = 2V_1 \\ T_1 = 273^0 K \end{array} & t_2 = ? \quad \text{Quá trình đoạn nhiệt} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \longrightarrow TV^{\gamma-1} = \text{const} &\rightarrow T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \\ &T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \\ &V_2 = 2V_1 \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i} = 1,4 \\ &T_2 = 273 \left(\frac{1}{2} \right)^{1,4-1} = \frac{273}{1,32} = 207^0 K \end{aligned}$$

$$t_2 = -66^0\text{ C}$$

Ví dụ (4.5):

Cho 6,5 g hidro ở nhiệt độ 27°C . Nhận được nhiệt nên thể tích nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính :

a/ Công khối khí sinh ra .

b/ Độ biến thiên nội năng của khối khí.

c/ Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí .

$$m = 6,5\text{ g} = 6,5 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$$

$$T_1 = 27 + 273 = 300\text{ K}$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$\mu = 2\text{ kg / kmol}$$

Dãn đẳng áp

$$\frac{V}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \longrightarrow T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 2T_1 \rightarrow \Delta T = 2T_1 - T_1 = T_1$$

$$A = ?; \Delta U = ?; Q = ?$$

$$V_2 = 2V_1$$


$$A' = P\Delta V = \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{6,5 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 300 = 8,1 \cdot 10^3\text{ J}$$

Pt.trạng thái: $P\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$

b/ Độ biến thiên nội năng :

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} (T_2 - T_1)$$

$$V_2 = 2V_1$$


$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} T_1 = 20,25 \cdot 10^3 J$$

c/ Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí :

Ng/lý I : \longrightarrow $Q = \Delta U - A = \Delta U + A' = 28,3 \cdot 10^3 J$

Ví dụ
(4.6):

Một bình khí chứa 14 g khí nitơ ở áp suất 1 at và nhiệt độ 27°C. Sau khi hơi nóng đẳng tích, áp suất trong bình lên đến 5 at.

Hỏi : a/ Nhiệt độ khối khí sau khi hơi nóng.

b/ Thể tích bình.

c/ Độ tăng nội năng.

→ a/ Nhiệt độ sau khi hơi nóng :

Quá trình đẳng tích : $\rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_1 = 1500K$

b/ Thể tích bình :

Ph/t trạng thái $\longrightarrow V = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{P} = 12,72(lit)$

c/ Độ biến thiên nội năng :

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} (T_2 - T_1) = 12,46.10^3 (J)$$

Ví dụ (4.7):

Người ta cung cấp 20,9 J nhiệt lượng cho một khí lý tưởng, thể tích khối khí nở ra từ 50,0 đến 100cm³ trong khi áp suất được giữ không đổi ở 1,00 atm. Nội năng của khí biến thiên bao nhiêu ?

➡ Biết $Q, V_1 \rightarrow V_2, (m/\mu)$;

Tính ΔU : Quá trình là đẳng áp.

$$\text{Nguyên lý I nhiệt động} \longrightarrow \Delta U = Q - A' \longrightarrow Q = A' + \Delta U$$

$$\text{Hệ sinh công : } A' = P\Delta V = 1,013 \cdot 10^5 (100 - 50) 10^{-6} = 5,065 J$$

$$A' \approx 5,0 J \longrightarrow \Delta U = Q - A' = 20,9 - 5,0 = 15,9 J$$



?? Tìm tỷ số (Hệ số Poatxong):

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = ?$$

$$\Delta U = A + Q = Q = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T = \frac{m}{\mu} \cdot C_V \cdot \Delta T = n \cdot C_V \cdot \Delta T$$

Đẳng thức : $\Delta V = 0 \Rightarrow A = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = 0$

$$Q = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T = n C_P \Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{C_P}{\left(\frac{iR}{2}\right)} = \frac{C_P}{C_V} = \frac{20,9}{15,9} = 1,3$$

Ví dụ (4.8):

a/ Một lít khí có $\gamma = 1,3$ ở nhiệt độ 273 K và áp suất 1 atm. Nó được nén tức thời tới nửa thể tích ban đầu.

a/ Tìm áp suất và nhiệt độ cuối của khối khí .

b/ Khí được làm lạnh đẳng áp trở lại nhiệt độ 273 K. Thể tích cuối của nó bằng bao nhiêu ?

→ a/ Nén tức thời → Quá trình đoạn nhiệt γ

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \longrightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = P_1 \cdot 2^{1,3}$$
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \qquad \qquad \qquad \begin{matrix} P_1 = 1 \text{ atm} \\ \downarrow \\ P_2 = 2,46 \text{ atm} \end{matrix}$$
$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 1 \text{ l}}{273} = \frac{2,46 \text{ atm} \cdot 0,5 \text{ l}}{T_2} \longrightarrow T_2 = 273 \cdot 2,46 \cdot 0,5 = 336 \text{ K}$$

b/ Làm lạnh đẳng áp đến 273 K :

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \longrightarrow V_3 = V_2 \frac{T_3}{T_2} = 0,5 \text{ l} \cdot \frac{336}{273} = 0,6 \text{ lit}$$

NGUYÊN LÝ THỨ 2

NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ I

❖ Không xác định chiều truyền tự nhiên của nhiệt lượng

Nhiệt truyền tự nhiên từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn.
Không có quá trình tự nhiên ngược lại.

❖ Không xác định chiều chuyển hoá tự nhiên của năng lượng:

Thế năng tự nhiên chuyển hoá thành động năng rồi thành nhiệt năng toả ra.

Không có quá trình tự nhiên ngược lại

Nhiệt năng \rightarrow động năng \rightarrow thế năng

Tuy nhiên các quá trình ngược lại đều thoả mãn nguyên lý I
NĐLH

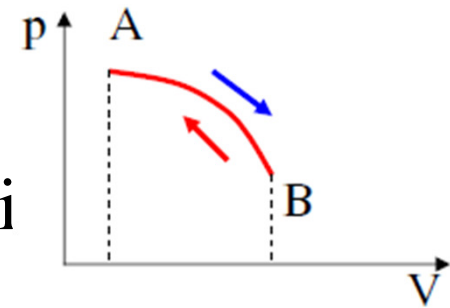
❖ Không đánh giá được chất lượng nhiệt

❖ Không phân biệt khác nhau giữa công và nhiệt

QUÁ TRÌNH THUẬN NGHỊCH VÀ QUÁ TRÌNH KHÔNG THUẬN NGHỊCH

Định nghĩa:

- a) Quá trình $A \rightarrow B \rightarrow A$ là thuận nghịch nếu ngược $B \rightarrow A$ hệ cũng đi qua các trạng thái như trong quá trình thuận $A \rightarrow B$



Suy ra :

- “ hệ chỉ có thể trở về trạng thái cân bằng \rightarrow QT thuận nghịch là QT cân bằng $\Rightarrow A'_{\text{thuận}} = A'_{\text{nghịch}} ;$

$$Q'_{\text{thuận}} = Q'_{\text{nghịch}}$$

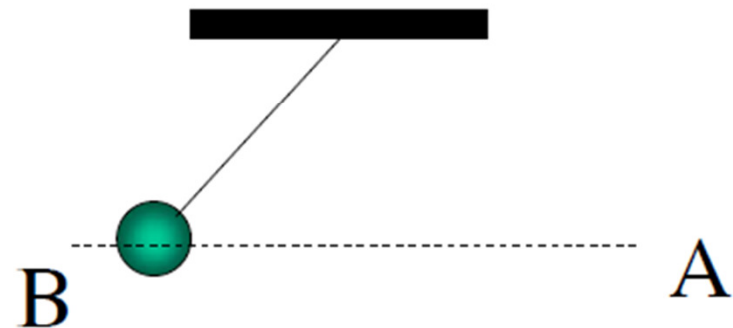
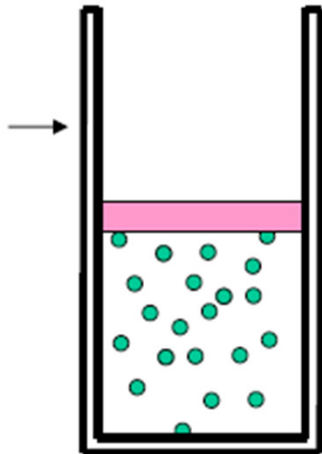
- Hệ trở về trạng thái ban đầu, môi trường xung quanh không biến đổi

b. **Quá trình không thuận nghịch**: Sau khi thực hiện QT thuận và QT nghịch đưa hệ về trạng thái ban đầu thì **môi trường xung quanh biến đổi**.

THÍ DỤ

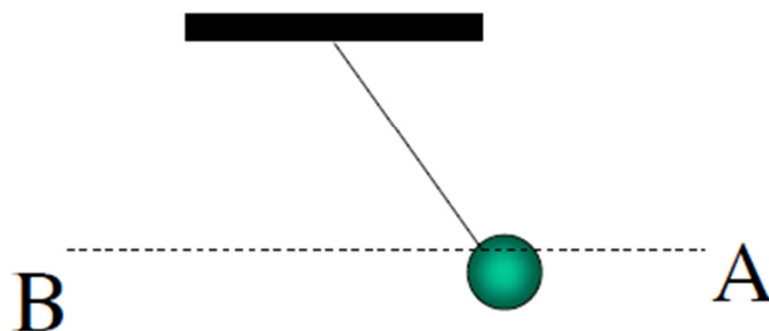
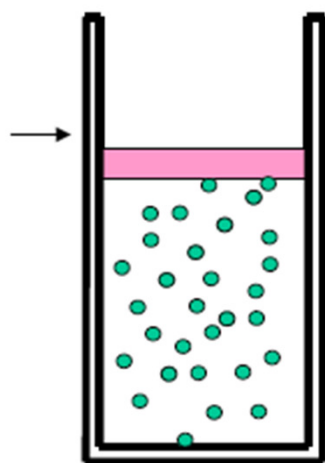
Quá trình **giãn đoạn nhiệt vô cùng chậm**: **QTTN**

- Dao động của con lắc **không ma sát** có nhiệt độ bằng nhiệt độ bên ngoài: **QTTN**



Các quá trình không thuận nghịch

- Các quá trình có ma sát: Không TN
- Truyền nhiệt từ vật nóng \rightarrow vật lạnh: Không TN
- QT giãn khí trong chân không: Không TN



PHÁT BIỂU NGUYÊN LÝ THỨ II NĐL

a. Phát biểu của Clausius: *Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.*

b. Phát biểu của Thompson: *Một động cơ không thể sinh công, nếu nó chỉ trao đổi nhiệt với một nguồn nhiệt duy nhất.*

c. Ý nghĩa: Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại hai: lấy nhiệt chỉ từ 1 nguồn (T thấp như nước biển) để sinh công.

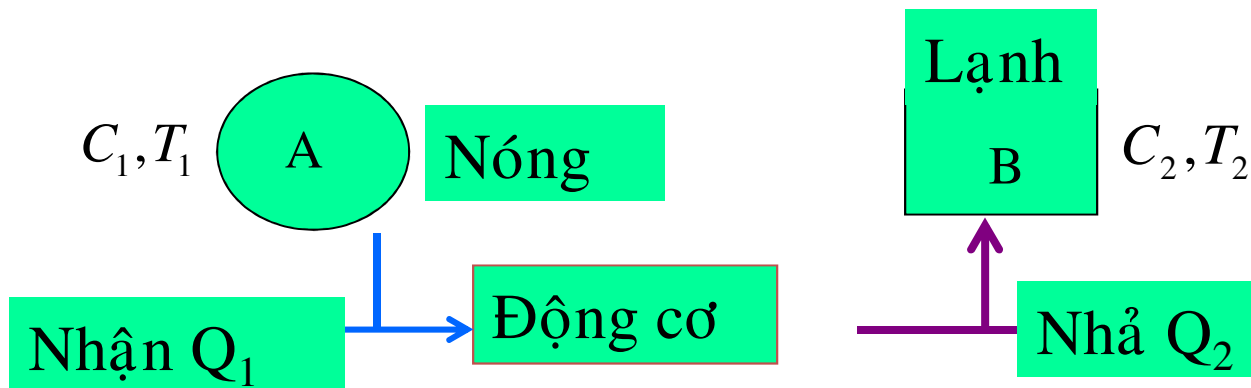
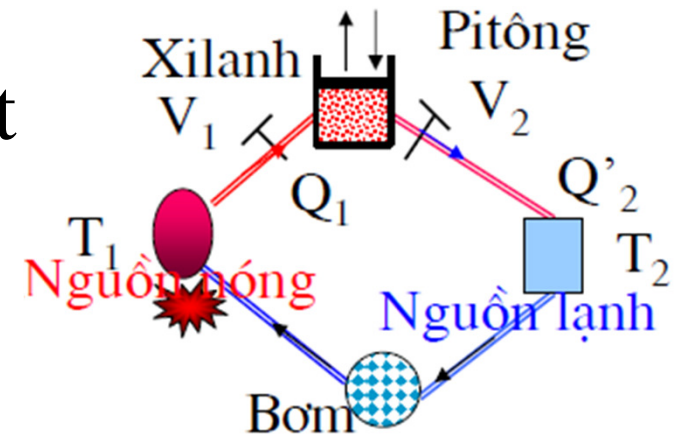
Chất lượng nhiệt: T càng cao, chất lượng càng cao

→ Để động cơ nhiệt làm việc, cần không phải một, mà là hai nguồn nhiệt.

ĐỘNG CƠ NHIỆT

1/ **Nguyên tắc:** Động cơ nhiệt là thiết bị biến đổi nhiệt lượng (Q) thành công A (vd: ĐC hơi nước, ĐC đốt trong)

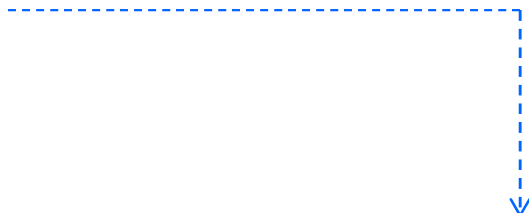
Tác nhân: Chất vận chuyển (khí, hơi nước, xăng,...) biến nhiệt thành công: **Tuần hoàn**



$$T_1 > T > T_2$$

Trong động cơ: Tác nhân (hơi nước, khí cháy...) biến nhiệt thành công.

Hiệu suất của động cơ :

$$\eta = \frac{\text{Công mà động cơ sinh ra}}{\text{Nhiệt động cơ nhận vào}} = \frac{A'}{Q_1}$$


+ Công mà động cơ(tác nhân) nhận vào : $A \longrightarrow A = -A'$

+ Nhiệt mà tác nhân nhận vào: $Q = Q_1 - Q_2'$

+ Sau mỗi chu trình, theo ng/lý 1: $\Delta U = 0$

$$\Delta U = A + Q = -A' + Q_1 - Q_2' = 0$$

$$\longrightarrow A' = Q_1 - Q_2'$$



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

(4.20)

MÁY LÀM LẠNH

Nguyên tắc: biến công thành nhiệt.

Tác nhân trong máy làm lạnh biến đổi theo quá trình ngược với động cơ nhiệt. Tác nhân nhận công A từ ngoại vật, lấy nhiệt lượng Q_2 của nguồn lạnh, nhả Q_1' cho nguồn nóng

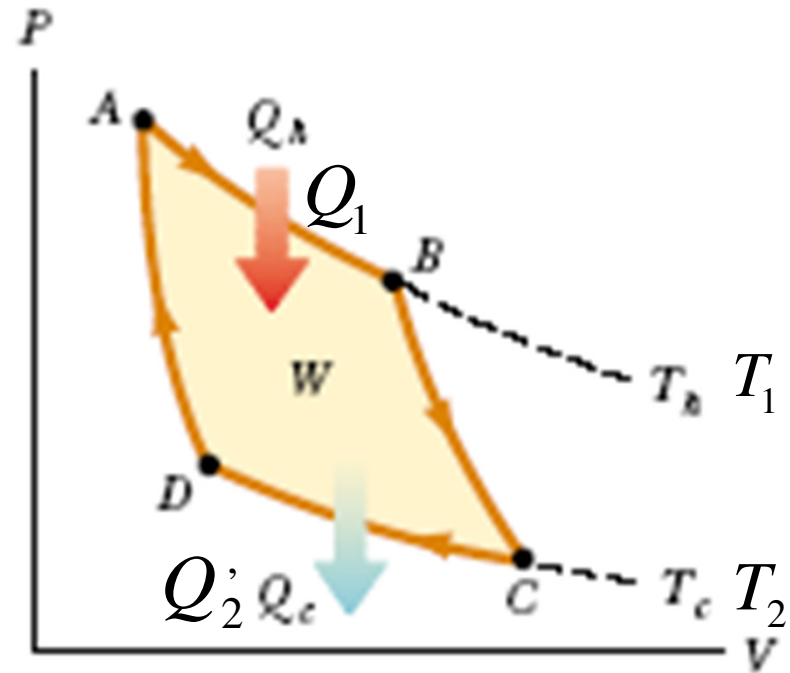
Hệ số làm lạnh

$$k = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1' - Q_2}$$

4.9. * Chu trình Carnot (1824)

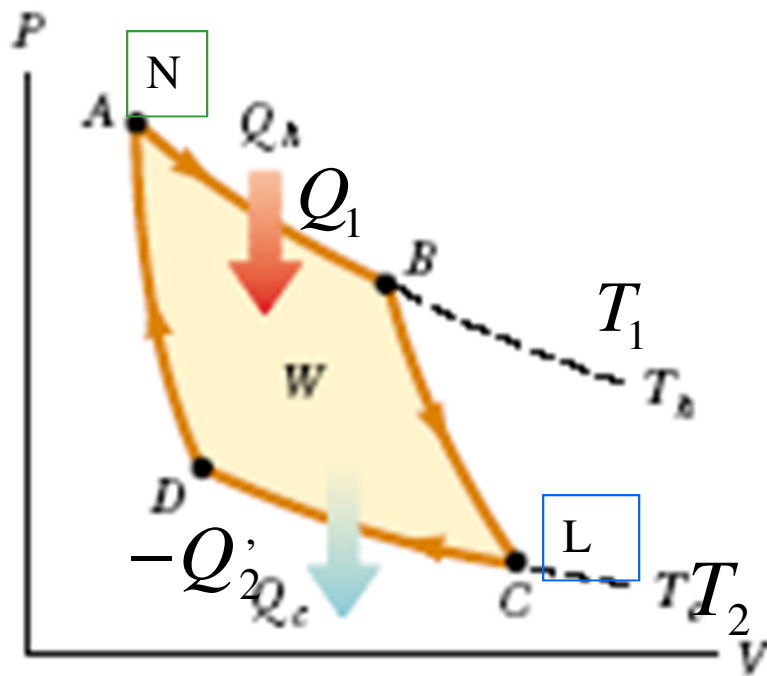


SADI CARNOT(1796 – 1832) ,
Nhà vật lý người Pháp



Q_1 | Nhiệt lượng cung cấp cho
hệ trong quá trình giãn
đẳng nhiệt.

Q_2' | Nhiệt lượng mà hệ tỏa ra
trong quá trình nén đẳng
nhiệt.



Chu trình Carnot = 2 đẳng nhiệt
và 2 đoạn nhiệt xen kẽ nhau.

$A \rightarrow B$: Dẫn đẳng nhiệt. Động cơ
nhận Q_1 từ nguồn nóng N. **Sinh công.**

$B \rightarrow C$: Dẫn đoạn nhiệt . $dQ = 0$

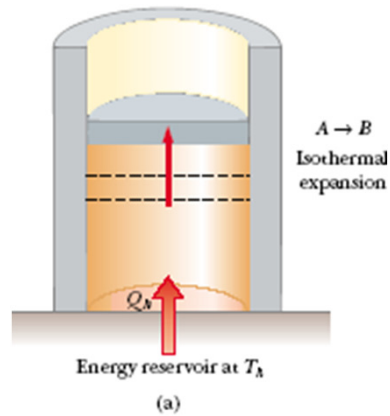
Sinh công \rightarrow Nhiệt độ giảm
đến T_2 của nguồn lạnh L.

$C \rightarrow D$: Nén đẳng nhiệt .

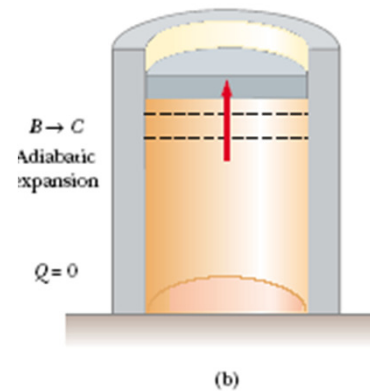
Nhận công \rightarrow Tỏa nhiệt Q_2 cho nguồn lạnh L .

$D \rightarrow A$: Nén đoạn nhiệt . **Nhận công.**

Trở về trạng thái ban đầu. Nhiệt độ tăng từ $T_2 \rightarrow T_1$.



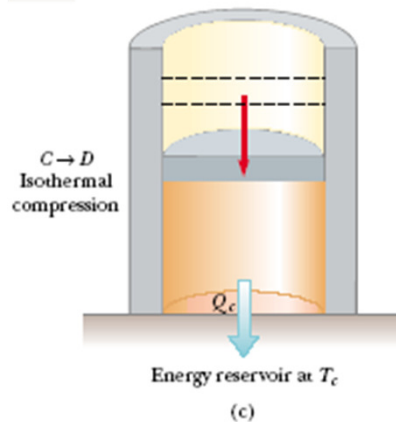
Dãn đẳng nhiệt. Nhận nhiệt từ nguồn Nóng N. **Sinh công.**



$$\delta U = 0$$

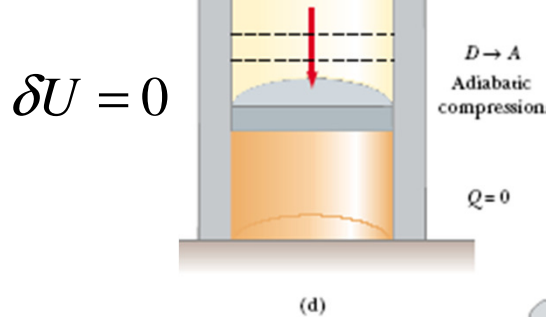
Dãn đoạn nhiệt $dU = 0$.

Sinh công. $T_1 \rightarrow T_2$ của nguồn lạnh L



Nén đẳng nhiệt **Nhận công.**

Tỏa nhiệt Q_2 cho nguồn lạnh L.



$$\delta U = 0$$

Nén đoạn nhiệt.

Nhận công.

$$T_2 \rightarrow T_1$$



* Có thể tiến hành theo 2 chiều :

+ Chiều thuận :

ABCD \rightarrow Động cơ nhiệt : Nhận nhiệt , sinh công

+ Chiều ngược :

DCBA \rightarrow Máy làm lạnh : Nhận công dương, nhận nhiệt từ nguồn lạnh, tỏa nhiệt cho nguồn nóng.

Chu trình Carnot là chu trình thuận nghịch. Có hiệu suất cực đại.

Định lý Carnot – Claudius :

1/ Hiệu suất của tất cả các động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carno thuận nghịch với cùng nguồn nóng như nhau và nguồn lạnh như nhau thì bằng nhau, không phụ thuộc bản chất của tác nhân, chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của hai nguồn nhiệt.

Định lý Carnot – Claudius :

1/ Hiệu suất của tất cả các động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carno thuận nghịch với cùng nguồn nóng như nhau và nguồn lạnh như nhau thì bằng nhau, không phụ thuộc bản chất của tác nhân, chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của hai nguồn nhiệt.

$$\eta_{ktn} \prec \eta_{tn}$$

2. Hiệu suất của chu trình không thuận nghịch bao giờ cũng nhỏ hơn hiệu suất của chu trình thuận nghịch hoạt động với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh.

Hiệu suất của động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot :

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

A. Tính Q_1 và Q_2' trong 2 quá trình đẳng nhiệt (1-2), (3-4)

+ (.....) \longrightarrow Nhiệt hệ nhận vào : $Q_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$

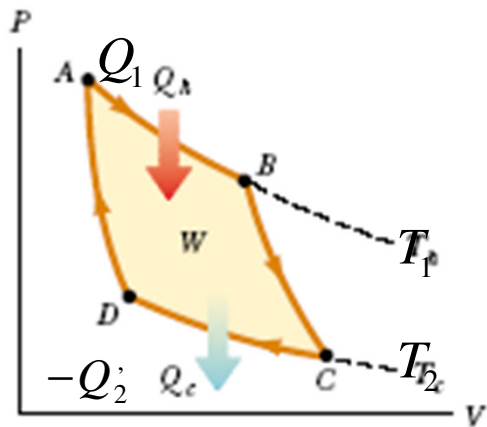
+ Hệ tỏa nhiệt (3-4) : $Q_2' = - \left(\frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} \right) = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$

$$\longrightarrow \eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} \longrightarrow \eta = 1 - \frac{T_2 \ln (V_3 / V_4)}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (4.21)$$

B. Xét 2 quá trình đoạn nhiệt (2-3 ; 4-1):

$$(2.9) \quad TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

$$\begin{array}{l} T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \\ T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \end{array} \quad \left| \rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \right. \quad (4.21)$$



(4.22)

$$\eta_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

* Nếu: $T_1 = T_2 \rightarrow \eta = 0; A' = 0$

→ **Một động cơ nhiệt chỉ làm việc với một nguồn nhiệt ở nhiệt độ không đổi thì không thể sinh công.**

$$* \eta_{carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \xrightarrow[T_2 \neq 0]{T_1 \text{ hữu hạn}} < 1 \quad (!)$$

→ Nhiệt mà hệ nhận được không thể biến hoàn toàn thành công.

$$\eta_{\max} = \frac{A'_{\max}}{Q_1} < 1 \Rightarrow A'_{\max} < Q_1$$

→ Phải có phần nhiệt hao phí .



??? Bạn hãy đề nghị các cách có thể nâng cao hiệu suất động cơ !

→ $\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ →

+ $T_1 \uparrow$: Chế tạo các loại động cơ tốt hơn động cơ hơi nước (động cơ diezen, động cơ đốt trong...)

+ $T_2 \downarrow$: Làm lạnh tốt.

Ví dụ (4.9):

Có 10 kg khí đựng trong một bình, áp suất 10^7 N/m^2 . Người ta lấy ở bình ra một lượng khí cho tới khi áp suất của khí còn lại trong bình bằng $2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Coi nhiệt độ khối khí không đổi. Tìm lượng khí đã lấy ra .

$$\begin{array}{ccc} \xrightarrow{\text{blue arrow}} m_1 = 10 \text{ kg}; P_1 = 10^7 \text{ N/m}^2 & \xrightarrow[\substack{\Delta m = ? \\ V, T = \text{const}}]{} & P_2 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

Cho khối lượng \rightarrow Phương trình trạng thái :

$$\begin{array}{ccc} PV = \frac{m}{\mu} RT & \longrightarrow & \Delta(P.V) = \frac{\Delta m}{\mu} RT \\ \downarrow & & \downarrow \text{blue arrow} \\ V = \frac{m_1}{\mu} RT \cdot \frac{1}{P_1} & \xrightarrow{\text{dashed green arrow}} & \Delta(P.V) = V \Delta P \quad V = \text{const} \end{array}$$

$$\Delta m = \frac{m_1}{\mu} \frac{RT}{P_1} \frac{\Delta P \cdot \mu}{RT} = \frac{\Delta P \cdot m_1}{P_1}$$

Ví dụ (4.10):

Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot, động cơ lấy một nhiệt lượng 2000J từ nguồn nóng có nhiệt độ 500 K và sinh ra một công nào đó sau khi đã nhả một lượng nhiệt dư thừa cho nguồn lạnh có nhiệt độ 350K. Tính hiệu suất động cơ .

→ Hiệu suất động cơ :

$$(2.11) \quad \eta_{carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \longrightarrow \eta_c = 1 - \frac{350}{500} = 0,3 = 30\%$$

$$\eta = \frac{\text{Công mà động cơ sinh ra}}{\text{Nhiệt động cơ nhận vào}} = \frac{A'}{Q_1} \longrightarrow A' = ?$$

$$\text{Công động cơ sản sinh : } A' = \eta_c \cdot Q_1 = 0,3 \cdot 2000 = 600J$$

Nhiệt lượng động cơ nhả cho nguồn lạnh là bao nhiêu? $-Q_2 = -(Q_1 - A) = ?$

$$\longrightarrow -Q_2 = (2000J - 600J) = 1400J$$

Cho 2 kmol khí lý tưởng đơn nguyên tử thực hiện chu trình biến đổi gồm: quá trình 1- 2 là quá trình nén đẳng nhiệt, quá trình 2-3 là quá trình giãn nở đẳng áp và quá trình 3-1 là quá trình đẳng tích. Quá trình đẳng nhiệt xảy ra ở nhiệt độ $T_1 = 600^{\circ}\text{K}$. Cho biết thể tích cực đại và cực tiểu của chu trình là $V_1/V_2 = 4$.

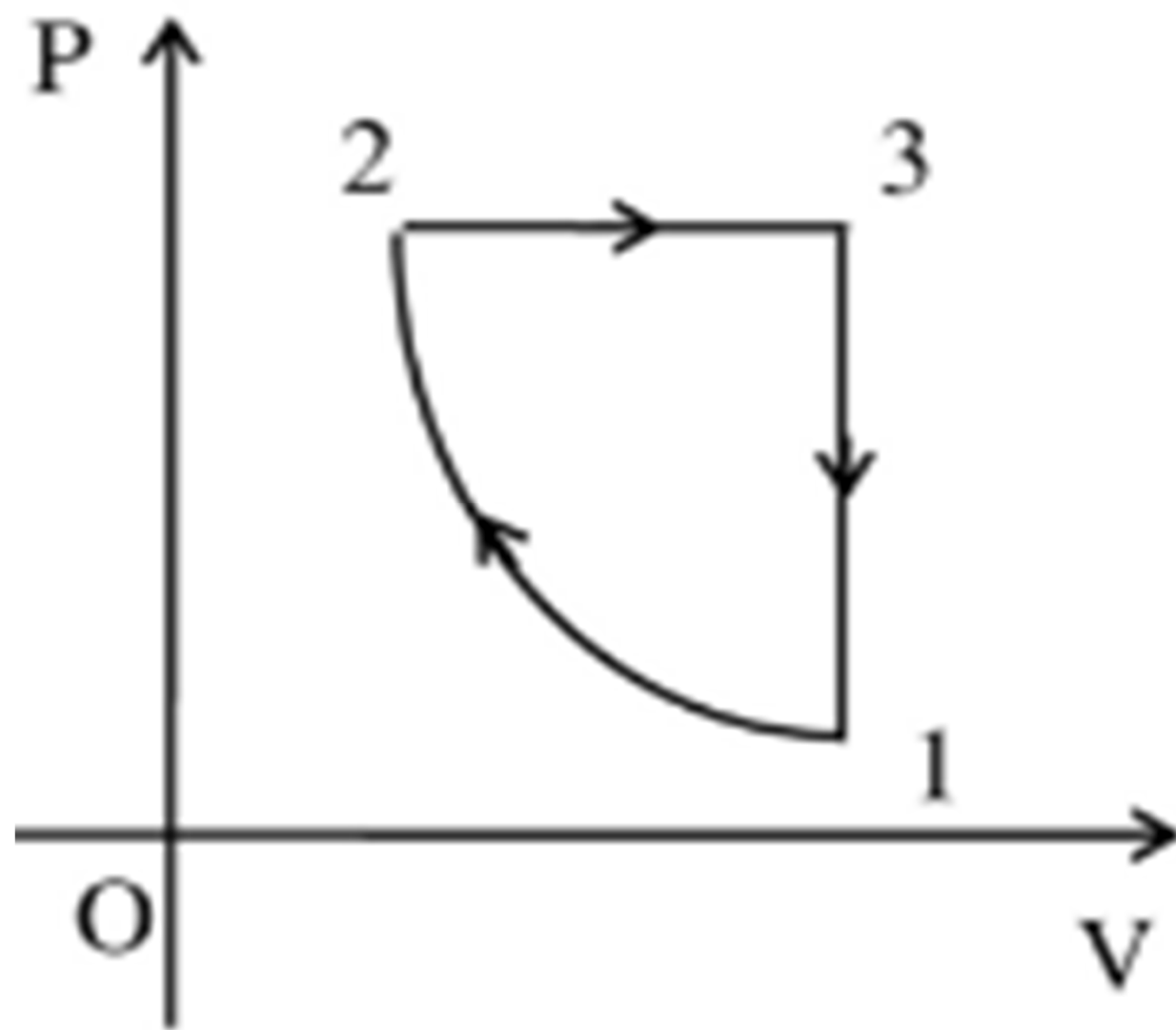
a/ Tính nhiệt độ của khối khí ở cuối quá trình.

b/ Vẽ chu trình trong hệ tọa độ (V,P)

c/ Tính công do khối khí nhận vào trong quá trình đẳng nhiệt

d/ Hiệu suất của chu trình

$$H = A'/Q = 1 - Q'/Q$$



- a/ Nhiệt độ của khối khí ở cuối quá trình:
- Do quá trình 12 là quá trình đẳng nhiệt \Rightarrow
 $T_2 = T_1 = 600^0\text{K}$
- Do quá trình 31 là quá trình đẳng tích \rightarrow
 $V_3 = V_1$
- Do quá trình 23 là quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3 T_2}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} T_2 = 4.600 = 2400^0 K$$

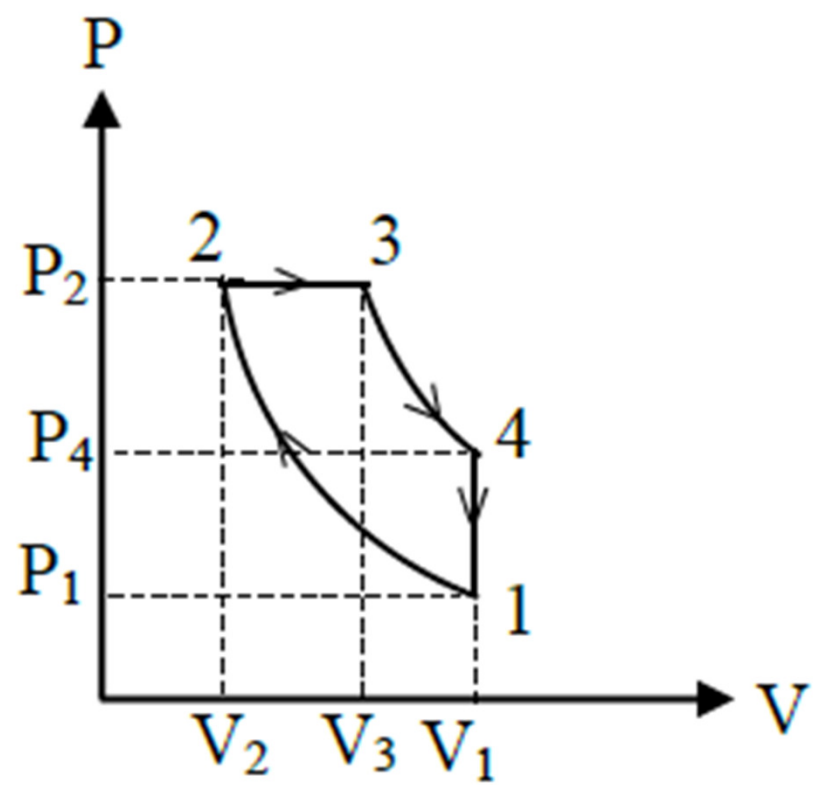
$$A_{12} = nRT_1 \ln \frac{V_1}{V_2} = 13821192 J$$

d/ Nhiệt hệ trao đổi trong quá trình 12

- $Q_{12} = -A_{12} = -13821192 J$
- Nhiệt hệ trao đổi trong quá trình 23
- $Q_{23} = nC_p(T_3 - T_2) = 74990000 J$
- Nhiệt hệ trao đổi trong quá trình 31:
- $Q_{31} = nC_v(T_1 - T_3) = -44874000 (J)$

Một khối khí lý tưởng ($i = 3$) dùng làm tác nhân của động cơ nhiệt thực hiện chu trình gồm các quá trình: (1-2), (3-4) là các quá trình đoạn nhiệt, (2-3) là quá trình đẳng áp, (4-1) là quá trình đẳng tích. Khối khí ở trạng thái (1) có nhiệt độ $T_1 = 270^\circ\text{C}$, thể tích V_1 ; ở trạng thái (2) có thể tích V_2 ; ở trạng thái (3) có thể tích V_3 . Biết $V_1 = 4V_2$ và $V_3 = 1,5V_2$.

- Vẽ chu trình trên mặt phẳng (V,P).
- Tìm các nhiệt độ T_2 , T_3 , T_4 của tác nhân ở các trạng thái (2), (3), (4) tương ứng.
- Tính hiệu suất nhiệt của động cơ này.



$$b) \gamma = \frac{2}{1} + 1 = \frac{5}{3}$$

Nhiệt độ T_2, T_3, T_4 của tác nhân ở các trạng thái (2), (3), (4) tương ứng (1-2) là quá trình đoạn nhiệt:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \cdot 4^{\frac{2}{3}} = 755,95(\text{K})$$

(2-3) là quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2 = 1,5 \cdot 755,95 = 1133,93(\text{K})$$

(3-4) là quá trình đoạn nhiệt:

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} = 1133,93 \cdot \left(\frac{1,5}{4} \right)^{\frac{2}{3}} = 589,66(\text{K})$$

c) Hiệu suất của động cơ: $\eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

$$Q_{12} = 0$$

$$Q_{34} = 0$$

$$Q_{23} = \left(\frac{i}{2} + 1 \right) \frac{M}{\mu} R (T_3 - T_2) = \left(\frac{i}{2} + 1 \right) P_2 (V_3 - V_2) = 1,25 P_2 V_2$$

$$Q_{41} = \frac{i}{2} \frac{M}{\mu} R (T_1 - T_4) = \frac{i}{2} (P_1 V_1 - P_4 V_4) = \frac{i}{2} V_1 (P_1 - P_4)$$

$$\text{Với: } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_1 = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma P_2 = 0,099 P_2$$

$$P_4 V_4^\gamma = P_3 V_3^\gamma \Rightarrow P_4 = \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^\gamma P_3 = 0,195 P_2$$

$$\text{Thay vào: } Q_{41} = -0,575 P_2 V_2$$

$$\text{Hiệu suất của động cơ: } \eta = 1 - \frac{-Q_{41}}{Q_{23}} = 1 - \frac{0,575}{1,25} = 54\%$$

XIN CÁM ƠN !