

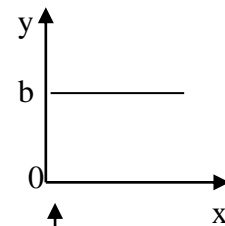
VẬT LÝ LỚP 10

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

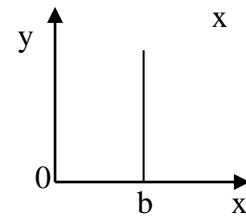
1. Về mặt toán học:

a) Đồ thị hàm hằng số $y=b$:

Đồ thị hàm hằng số $y=b$ là đường thẳng song song với trục Ox, cắt trục Oy tại điểm $(0,b)$.

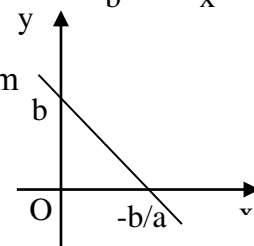


b) Đồ thị hàm hằng số $x=b$ là đường thẳng song song với trục Oy, cắt trục Ox tại điểm $(b,0)$



c) Đồ thị hàm bậc nhất $y=ax+b$ là đường thẳng cắt trục Ox tại điểm $(-b/a,0)$, cắt trục Oy tại điểm $(0,b)$

Hệ số góc của đồ thị: $\tan\alpha=a$.



d) Đồ thị hàm bậc 2: $y = ax^2 + bx + c$.

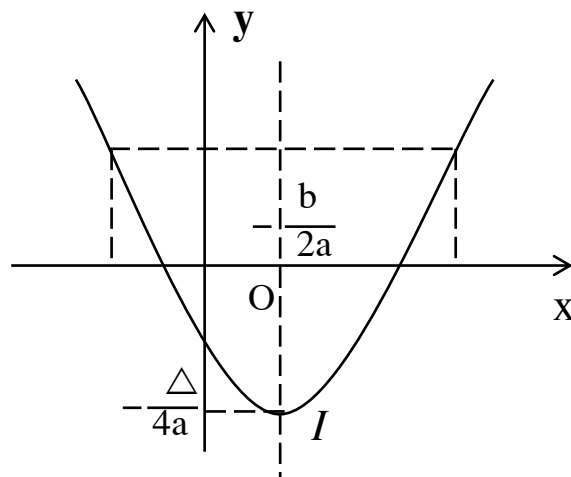
Trong đó a, b, c là các hằng số với $a \neq 0$.

Đồ thị của hàm số $y = ax^2 + bx + c$, ($a \neq 0$)

là một parabol có:Đỉnh $I\left(-\frac{b}{2a}; -\frac{\Delta}{4a}\right)$

Trục đối xứng là đường thẳng $x = -\frac{b}{2a}$

Bề lõm hướng lên(xuống) khi $a>0$ ($a<0$)



e) Đồ thị hàm hằng số trên bậc nhất :

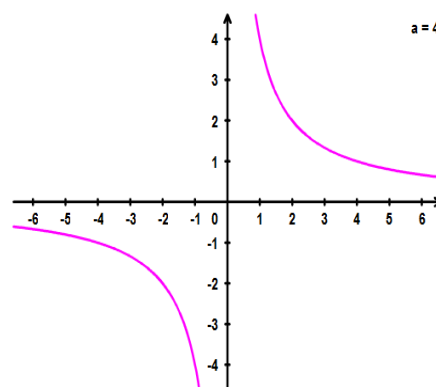
$$y = \frac{a}{x} \text{ (với } a \neq 0\text{)}$$

Đồ thị hàm hằng số trên bậc nhất : $y = \frac{a}{x}$

là hai đường cong nhận gốc tọa độ làm tâm đối xứng.

+ Nếu $a>0$ hai đường cong thuộc góc phần tư thứ I và thứ III.

+ Nếu $a<0$ hai đường cong thuộc góc phần tư thứ II và thứ IV.



2. Trong vật lý

2.1. Trạng thái. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

Một lượng khí xác định được tồn tại trong các trạng thái. Một trạng thái khí được mô tả qua ba thông số: (áp suất P, thể tích V, nhiệt độ tuyệt đối T)

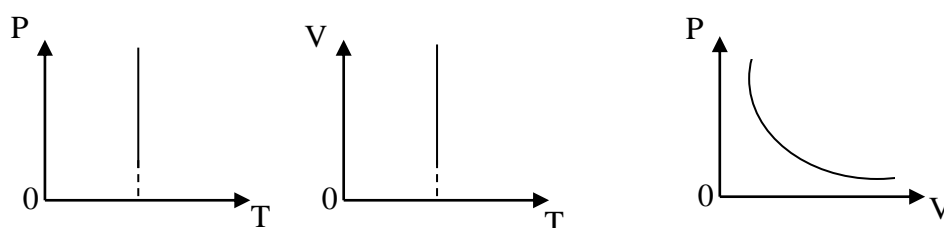
Xét một lượng khí xác định biến đổi trạng thái $(P_1, V_1, T_1) \rightarrow (P_2, V_2, T_2)$.

Phương trình mô tả mối quan hệ giữa các đại lượng trong hai trạng thái gọi là phương trình trạng thái: $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ hay $\frac{PV}{T} = \text{const}$.

- Quá trình biến đổi trạng thái giữ cho một thông số không thay đổi gọi là đẳng quá trình.

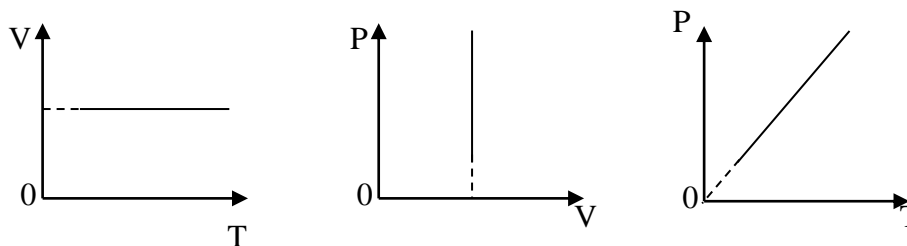
a) Quá trình đẳng nhiệt: $T = \text{const} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$ hay $PV = \text{const}$ (Định luật Bôilơ - Mariôt).

Các đồ thị mô tả sự phụ thuộc của các đại lượng trong quá trình đẳng nhiệt.



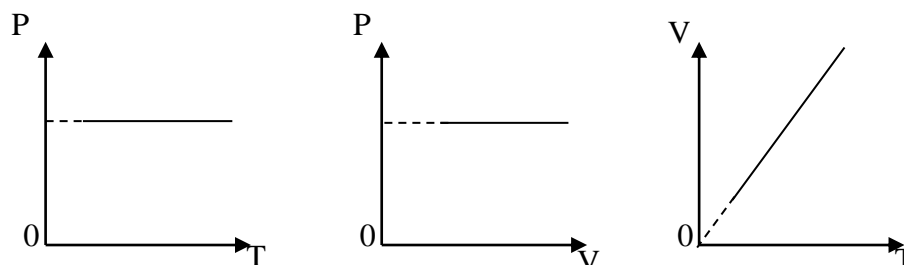
b) Quá trình đẳng tích: $V = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ hay $\frac{P}{T} = \text{const}$ (Định luật Saclơ)

Các đồ thị mô tả sự phụ thuộc của các đại lượng trong quá trình đẳng tích.



c) Quá trình đẳng áp: $P = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ hay $\frac{V}{T} = \text{const}$ (Định luật Gay-Luy-xắc)

• Các đồ thị mô tả sự phụ thuộc của các đại lượng trong quá trình đẳng áp.



2.2. Phương trình Cla-pê-rôn- Men-de-lê-ép :

Phương trình Cla-pê-rôn- Men-de-lê-ép: $PV = nRT$

n: số mol khí , R: hằng số chung của chất khí

$$R = \frac{P_0 V_{0\mu}}{T_0} \text{ với } P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2; T_0 = 273 \text{ K}; V_{0\mu} = 22,4 \text{ lít.}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} = 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}.$$

2.3. Công - Nhiệt lượng - Các nguyên lí nhiệt động lực học :

a) Nguyên lí I nhiệt động lực học : $Q = A + \Delta U$

Quy ước dấu : $Q > 0$: nội năng tăng

$Q < 0$: nội năng giảm

$A > 0$: khí thực hiện công $\Delta U > 0$: nội năng tăng

$A < 0$: khí nhận công $\Delta U < 0$: nội năng giảm

b) Công thức nhiệt lượng : $Q = c.n.\Delta t$ với n là số mol.

c: nhiệt dung mol (= nhiệt lượng cần cung cấp để 1 mol chất đó tăng thêm 1°C ; Đơn vị J/mol.độ)

c) Công do khí thực hiện trong các đẳng quá trình :

Quá trình đẳng áp: $p = \text{const} \Rightarrow A = p.\Delta V = n.R.\Delta T$

Tổng quát: $dA = p.dV$; $A = \int dA = \int p.dV$

Trong thực tế có thể tính bằng đồ thị trong hệ trục POV.

d) Nội năng : Tổng quát : $U = f(V,T)$

Khí lí tưởng : $U = f(T)$

* Khí lí tưởng đơn nguyên tử : $U = \frac{3}{2}nRT = C_v nT$; $C_v = \frac{3}{2}R$ nhiệt dung mol đẳng tích

* Khí lí tưởng nhị nguyên tử : $U = \frac{5}{2}nRT; C_v = \frac{5}{2}R$

2.4. Áp dụng nguyên lí I nhiệt động lực học cho khí lí tưởng.

a) Quá trình đẳng tích : $V = \text{const.} \Rightarrow A = 0.$

$$Q_v = \Delta U (dA = 0) = c_v n \Delta T$$

b) Quá trình đẳng áp : $p = \text{const} \Rightarrow A = p.\Delta V = n.R.\Delta T$; $\Delta U = C_v n.\Delta T$

$$Q_p = A_p + \Delta U = C_p n \Delta T = C_v n.\Delta T + nR.\Delta T = C_p n.\Delta T$$

C_p, C_v : nhiệt dung mol đẳng áp, đẳng tích.

$$\Rightarrow C_p = C_v + R$$

c) Quá trình đẳng nhiệt: $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0.$

$$Q = A = nRT \ln \frac{V_1}{V_2} = P_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_2} = P_2 V_2 \ln \frac{V_1}{V_2} = P_2 V_2 \ln \frac{P_2}{P_1}.$$

d) Quá trình đoạn nhiệt : Là quá trình biến đổi trạng thái nhưng không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài : $Q = 0.$

Trong quá trình đoạn nhiệt : có sự thay đổi cả 3 thông số P, V, T

Phương trình đoạn nhiệt : $P.V^\gamma = \text{const.}$ (Với $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$) $\gamma = 5/3$ với khí đơn nguyên tử

$\gamma = 7/5$ với khí lưỡng nguyên tử

$$\text{Hay : } P_1.V_1^\gamma = P_2.V_2^\gamma \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \text{ Hay : } \frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1.V_1}{P_2.V_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left[\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$A = -\Delta U = -nC_V \cdot \Delta T = nC_V (T_1 - T_2) = nC_V T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = nC_V$$

$$T_1 \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right] = nC_V T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]$$

2.5. Động cơ nhiệt :

* Hiệu suất của động cơ nhiệt

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

* Định lý Cacnô (Carnot)

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

$H_0 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$: hiệu suất của động cơ nhiệt lí tưởng hay hiệu suất lí tưởng .

Ghi chú : Chu trình là 1 quá trình khép kín (trạng thái cuối trùng với trạng thái đầu)

* Nguyên lí I NĐLH : $Q = A$ (do $\Delta U = 0$)

* Hiệu suất của chu trình : $H = \frac{\sum A}{\sum Q_{\text{thu}}} 100\%$

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP

1. Bài toán 1: Vẽ đồ thị diễn tả các quá trình biến đổi trạng thái của một lượng khí.

a) Phương pháp:

Bước 1: Xác định các đẳng quá trình.

Bước 2: Vẽ đồ thị trong các hệ tọa độ (p,V), (p,V), (V,T) của các đẳng quá trình.

Bước 3: Tính toán các đại lượng trong quá trình biến đổi (nếu có) .

b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1: Vẽ đồ thị biểu diễn chu trình sau trong hệ tọa độ (P,V):

- Giãn đẳng áp từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 ($V_2 = 2V_1$).
- Giãn đẳng nhiệt từ trạng thái 2 sang trạng thái 3 ($V_3 = 2V_2$).
- Nén đẳng áp từ trạng thái 3 sang trạng thái 4 sao cho $V_4 = V_2$.
- Nén đẳng nhiệt từ trạng thái 4 về trạng thái 1.

Hướng dẫn giải:

Ta có sơ đồ mô tả các quá trình biến đổi trạng thái của lượng khí:

Quá trình dẫn đẳng áp 1-2 :

$$p = \text{const}, V \text{ tăng} \rightarrow T \text{ tăng}$$

Quá trình dẫn đẳng nhiệt 2-3 :

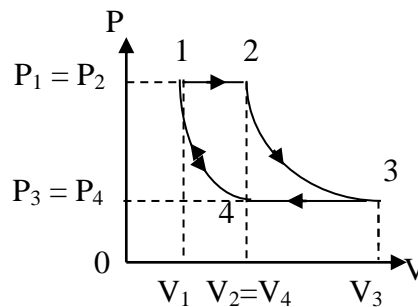
$$T = \text{const}, V \text{ tăng} \rightarrow p \text{ giảm}$$

Quá trình nén đẳng áp 3-4 :

$$p = \text{const}, V \text{ giảm} \rightarrow T \text{ giảm}$$

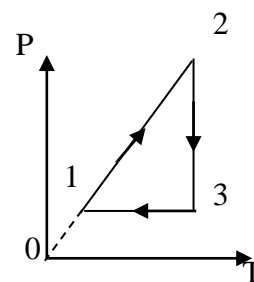
Quá trình nén đẳng nhiệt 4-1 :

$$T = \text{const}, V \text{ giảm} \rightarrow p \text{ tăng}$$



Ví dụ 2: Biểu diễn các đẳng quá trình, chu trình sang một hệ tọa độ khác.

Hình bên là đồ thị biểu diễn các quá trình biến đổi trạng thái của một lượng khí trong hệ (P,T). Hãy:



a, Mô tả quá trình biến đổi trạng thái của lượng khí trên.

b, Biểu diễn các quá trình biến đổi chất khí trong hệ (V,T) và (P,V).

Hướng dẫn giải :

a.

* quá trình 1-2: $V = \text{const}$: đẳng tích

P tăng :

\rightarrow nung nóng đẳng tích.

T tăng : nung nóng

* quá trình 2-3: $T = \text{const}$: đẳng nhiệt

P giảm :

\rightarrow giãn nở đẳng nhiệt.

V tăng : giãn nở

* quá trình 3-1: $P = \text{const}$: đẳng áp

T giảm : làm lạnh \rightarrow làm lạnh đẳng áp

V giảm : nén

\rightarrow nén đẳng áp

b. Chuyển sang hệ (V,T) và (P,V).

*Quá trình 1-2:

+ Dạng 1: $V = \text{const}$

+ Dạng 2: $p = \text{const} \cdot T$ (p tỉ lệ thuận với T)

(T tăng, P tăng)

Quá trình 2-3:

+ Dạng 1: $T = \text{const}$

+ Dạng 2: $pV = \text{const}$ (p tỉ lệ nghịch với V)

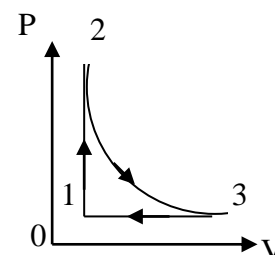
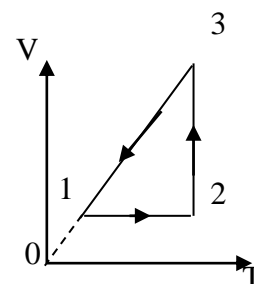
(p giảm, V tăng)

*Quá trình 3-1:

+ Dạng 1: $P = \text{const}$

+ Dạng 2: $V = \text{const} \cdot T$ (V tỉ lệ thuận với T)

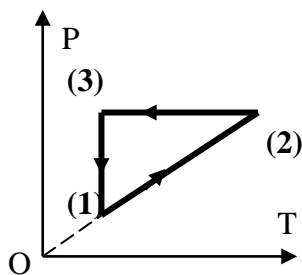
(T giảm, V giảm)



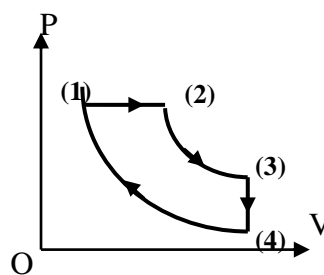
c) Bài tập áp dụng:

Cho các đồ thị biểu diễn chu trình biến đổi trạng thái của các khối khí lí tưởng sau:

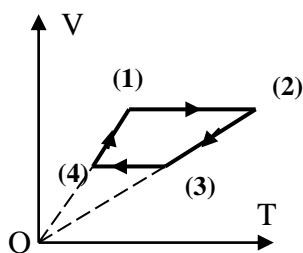
- a) Vẽ lại đồ thị (I) trong hệ trục tọa độ (V, T) và (P, V)
- b) Vẽ lại đồ thị (II) trong hệ trục tọa độ (V, T) và (P, T)
- c) Vẽ lại đồ thị (III) trong hệ trục tọa độ (P, T) và (P, V)
- d) Vẽ lại đồ thị (IV) trong hệ trục tọa độ (V, T) và (P, V)



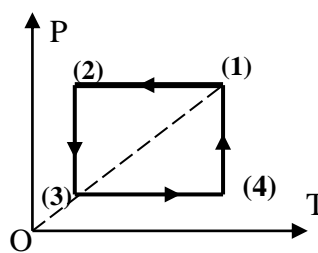
a)



b)



c)



d)

2. Bài toán 2: Sử dụng đồ thị để tìm các thông số trạng thái:

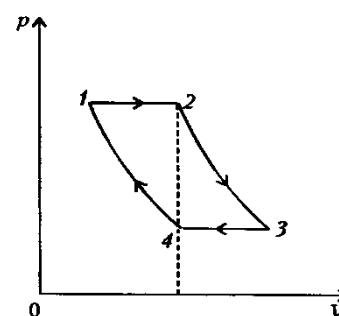
a) Phương pháp:

- Bước 1: Xác định quá trình biến đổi trạng thái trong đồ thị.
- Bước 2: Viết các phương trình trong các quá trình biến đổi trạng thái.
- Bước 3: Tìm mối liên hệ giữa các thông số từ đó tìm thông số chưa biết.

b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1:

Trên đồ thị (P,V) của một khối khí lý tưởng gồm hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đẳng áp như hình vẽ. Hãy xác định tỉ số T_3/T_1 của chất khí tại các trạng thái 1 và 3 nếu biết tỉ số $V_3/V_1 = \alpha$. Cho thể tích khí ở trạng thái 2 và 4 bằng nhau.



Hướng dẫn giải:

Xét hai quá trình đẳng áp $1 \rightarrow 2$, và $3 \rightarrow 4$: $\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$ và $\frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4}$ (1)

Nhưng do $T_2 = T_3$; $T_1 = T_4$ (do quá trình 2-3 và 4-1 là quá trình đẳng nhiệt) và $V_2 = V_4$

nên ta có: $\frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4} = \frac{T_1}{V_2}$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$ và $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_2}$

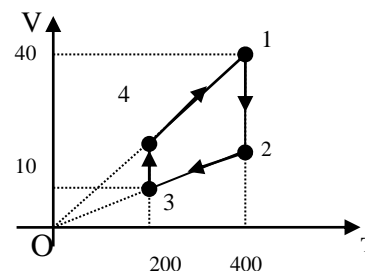
Nhân hai vế phương trình với nhau ta được:

$$\left(\frac{T_3}{T_1}\right)^2 = \frac{V_3}{V_1} = \alpha$$

Từ đó suy ra: $\frac{T_3}{T_1} = \sqrt{\alpha}$

Ví dụ 2:

Một mol khí lí tưởng thực hiện chu trình 1 – 2 – 3 – 4 (Hình vẽ). Biết $T_1 = T_2 = 400$ K; $T_3 = T_4 = 200$ K, $V_1 = 40$ dm³, $V_3 = 10$ dm³. Tính áp suất P ở các trạng thái .



Hướng dẫn giải:

Sử dụng phương trình trạng thái cho trạng thái 1:

$$P_1.V_1 = nRT_1 \rightarrow p_1 = \frac{RT_1}{V_1} = 0,831.10^5 \text{ Pa.}$$

Quá trình biến đổi từ 4 → 1 là quá trình đẳng áp nên: $P_1 = P_4 = 0,831.10^5$ Pa ;

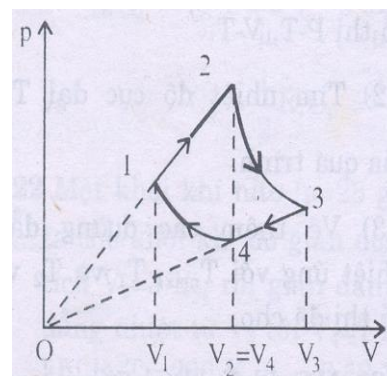
Sử dụng phương trình trạng thái cho trạng thái 3:

$$P_3.V_3 = nRT_3 \rightarrow P_3 = \frac{RT_3}{V_3} = 1,662.10^5 \text{ Pa}$$

Quá trình biến đổi từ 2 → 3 là quá trình đẳng áp nên: $P_3 = P_2 = 1,662.10^5$ Pa

c) Bài tập áp dụng:

Một mol khí lí tưởng thực hiện chu trình kín 12341 biểu diễn như hình vẽ. Trong đó quá trình 1 – 2 và 3 – 4 là những đoạn thẳng có phương qua O, quá trình 1 – 4 và 2 – 3 là các đường đẳng nhiệt. Hãy biểu diễn quá trình này sang đồ thị V – T và tìm thể tích V₃ nếu biết V₁ và V₂ (với V₂ = V₄)



ĐS : $V_3 = \frac{V_2^2}{V_1}$.

3. Bài toán 3: Vẽ và sử dụng đồ thị cho các quá trình biến đổi không phải là đẳng quá trình.

a) Phương pháp:

SGK vật lý 10 chỉ dừng lại ở việc xét các đẳng quá trình: đẳng áp, đẳng tích, đẳng nhiệt. Ta có thể mở rộng cho quá trình bất kỳ qua việc thực hiện các bước sau:

+ Bước 1: Xác định quy luật biến đổi của chất khí bằng phương trình toán học (từ đồ thị suy ra hoặc dựa vào các dữ kiện đề bài): $f(P, V, T) = C_1$

+ Bước 2: Thành lập hệ phương trình

$$f(P, V, T) = C_1$$

$$g(P, V, T) = \frac{pV}{T} = C_2 \text{ (phương trình trạng thái)}$$

Khử 1 trong 3 thông số từ hệ trên ta được một phương trình liên hệ giữa hai thông số còn lại: $h(y, x) = C_3$ hay $y = f(x)$.

+ Bước 3: Khảo sát hàm số $y = f(x)$ ta vẽ được đồ thị trong hệ (y, x)

$$x \in \{P, V, T\}$$

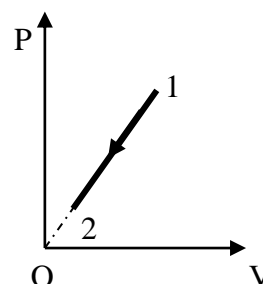
$$y \in \{P, V, T\}, x \neq y.$$

- Nếu biểu diễn trong hệ (P, T) thì ta khử thông số V .
- Nếu biểu diễn trong hệ (P, V) thì ta khử thông số T .
- Nếu biểu diễn trong hệ (V, T) thì ta khử thông số P .

b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1:

Cho biết một lượng khí biến đổi theo một quá trình như đồ thị bên. Hãy biểu diễn quá trình biến đổi của chất khí trong các hệ (T, P) và (T, V)



Hướng dẫn giải:

- Nhận xét: Quá trình 1-2 không phải là các đẳng quá trình → không thể sử dụng được các phương pháp thông thường.
- Từ đồ thị, ta có quy luật biến đổi của chất khí:

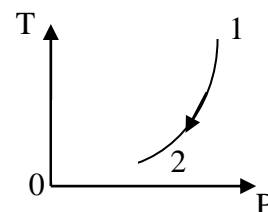
$$P = a.V \quad (a = \operatorname{tg}\alpha: \text{là hệ số góc}) \quad (1)$$

- Phương trình trạng thái khí lí tưởng: $\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (2)$

a. Biểu diễn trong hệ $(T, P) \rightarrow$ khử thông số V

$$\text{từ (1) và (2), ta có: } T = \left(\frac{1}{a \cdot \text{const}}\right) \cdot P^2 \rightarrow T = C_1 \cdot P^2$$

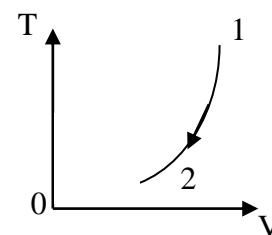
T là hàm bậc hai của P nên đồ thị là một phần của parabol (hình vẽ).



b. Biểu diễn trong hệ $(T, V) \rightarrow$ khử thông số P

$$\text{từ (1) và (2), ta có: } T = \left(\frac{a}{\text{const}}\right) \cdot V^2 \rightarrow T = C_2 \cdot V^2$$

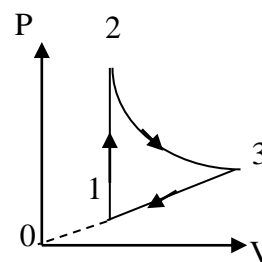
T là hàm bậc hai của V nên đồ thị là một phần của parabol (hình vẽ).



Chú ý : Hệ số $C_1 \neq C_2$ nên đồ cong đồ thị là khác nhau.

Ví dụ 2:

Cho biết một lượng khí biến đổi theo một quá trình như đồ thị trên. Hãy biểu diễn quá trình biến đổi của chất khí trong các hệ (T, P) và (T,V).



Hướng dẫn giải:

* Quá trình 1-2:

+ Dạng 1: $V = \text{const}$

+ Dạng 2: $P = \text{const} \cdot T$ (T tăng, P tăng)

* Quá trình 2-3:

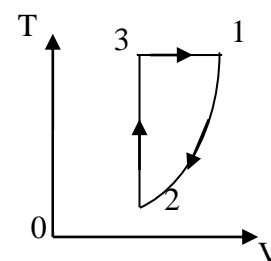
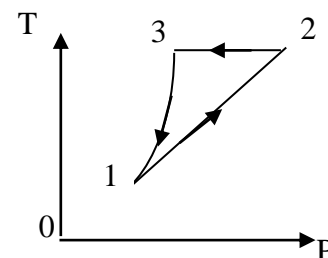
+ Dạng 1: $T = \text{const}$

+ Dạng 2: $PV = \text{const}$ (P giảm, V tăng)

* Quá trình 3-1: $P = a \cdot V$ giống như ví dụ 1

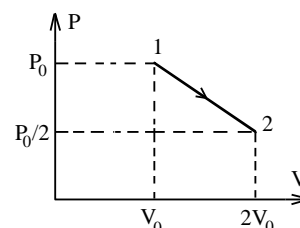
(3) $\rightarrow T = C_1 \cdot P^2$, (P giảm, V giảm)

(4) $\rightarrow T = C_2 \cdot V^2$



Ví dụ 3:

Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình giãn nở từ trạng thái 1 (P_0, V_0) đến trạng thái 2 ($P_0/2, 2V_0$) có đồ thị trên hệ tọa độ P-V như hình vẽ. Biểu diễn quá trình ấy trên hệ tọa độ P-T và xác định nhiệt độ cực đại của khối khí trong quá trình đó.



Hướng dẫn giải :

- Vì đồ thị trên P-V là đoạn thẳng nên ta có: $P = \alpha V + \beta$ (*); trong đó α và β là các hệ số phải tìm.

- Khi $V = V_0$ thì $P = P_0$ nên: $P_0 = \alpha V_0 + \beta$ (1)

- Khi $V = 2V_0$ thì $P = P_0/2$ nên: $P_0/2 = 2\alpha V_0 + \beta$ (2)

- Từ (1) và (2) ta có: $\alpha = -P_0 / 2V_0$; $\beta = 3P_0 / 2$

- Thay vào (*) ta có phương trình đoạn thẳng đó : $P = \frac{3P_0}{2} - \frac{P_0}{2V_0} V$ (**)

- Mặt khác, phương trình trạng thái của 1 mol khí : $PV = RT$ (***)

- Từ (**) và (***) ta có : $T = \frac{3V_0}{R} P - \frac{2V_0}{RP_0} P^2$

- T là hàm bậc 2 của P nên đồ thị trên T-P là một phần parabol

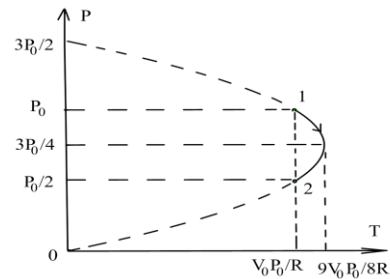
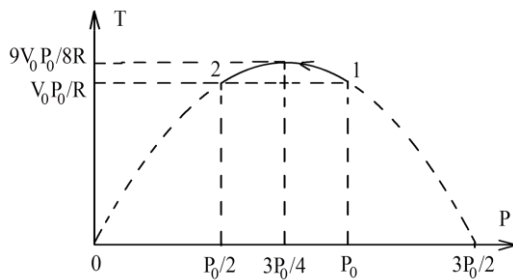
+ khi $P = P_0$ và $P = P_0/2$ thì $T = T_1 = T_2 = \frac{P_0 V_0}{R}$;

+ khi $T = 0$ thì $P = 0$ và $P = 3P_0/2$.

- Ta có : $T'_{(P)} = \frac{3V_0}{R} - \frac{4V_0}{RP_0}P \Rightarrow T'_{(P)} = 0 \Leftrightarrow P = \frac{3P_0}{4}$;

cho nên khi $P = \frac{3P_0}{4}$ thì nhiệt độ chất khí là $T = T_{\max} = \frac{9V_0P_0}{8R}$

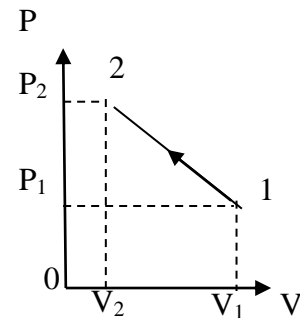
- Đồ thị biểu diễn quá trình đó trên hệ tọa độ T-P là một trong hai đồ thị dưới đây :



c) Bài tập áp dụng:

Người ta chứa 20 gam heli trong một xi lanh có pittông kín rồi cho lượng khí heli đó biến đổi chậm chạp từ trạng thái có thể tích $V_1 = 32$ lit , $P_1 = 4, 1$ atm sang trạng thái có thể tích $V_2 = 9$ lit , $P_2 = 15, 5$ atm. Hỏi nhiệt độ lớn nhất mà khí đạt được là bao nhiêu? cho biết quá trình biến đổi của chất khí như hình vẽ.

Đáp số : Vậy $T_{\max} = 490$ K.



4. Bài toán 4: Sử dụng đồ thị so sánh các thông số trạng thái bằng cách vẽ thêm các đẳng quá trình

a) Phương pháp:

Phương trình trạng thái của khí lí tưởng: $\frac{pV}{T} = \text{const}$

Sử dụng hệ số góc, xác định độ dốc

*** Quá trình đẳng nhiệt :**

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

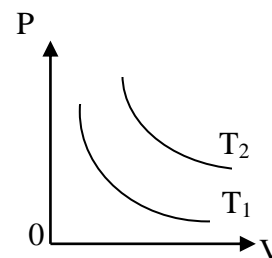
+ Quá trình đẳng nhiệt T_1 :

$$P = \frac{T_1 \cdot \text{const}}{V} = \frac{a_1}{V}$$

+ Quá trình đẳng nhiệt T_2 :

$$P = \frac{T_2 \cdot \text{const}}{V} = \frac{a_2}{V}$$

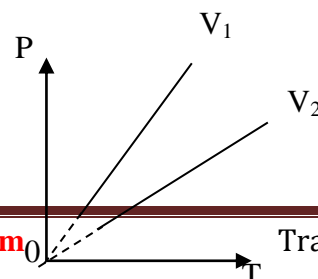
Nếu $T_2 > T_1 \rightarrow a_2 > a_1 \rightarrow$ đồ thị T_2 ở trên T_1 (hình vẽ).



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

+ Quá trình đẳng tích V_1 :

$$P = \frac{\text{const}}{V_1} \cdot T = b_1 \cdot T$$



+ Quá trình đẳng tích V_2 :

$$P = \frac{\text{const}}{V_2} \cdot T = b_2 \cdot T$$

Nếu $V_2 > V_1 \rightarrow b_2 < b_1 \rightarrow$ đồ thị V_2 ở dưới V_1 (hình vẽ).

* **Quá trình đẳng áp:** $V = \frac{\text{const}}{p} \cdot T$

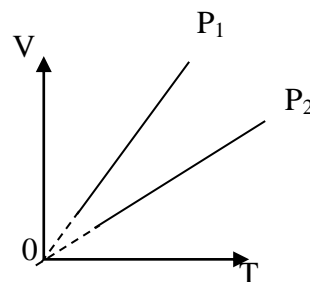
+ Quá trình đẳng áp P_1 :

$$V = \frac{\text{const}}{P_1} \cdot T = c_1 \cdot T$$

+ Quá trình đẳng áp P_2 :

$$V = \frac{\text{const}}{P_2} \cdot T = c_2 \cdot T$$

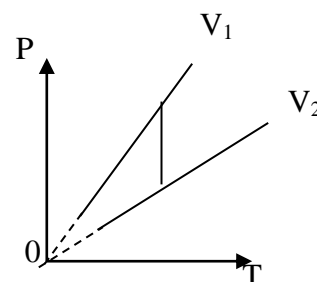
Nếu $P_2 > P_1 \rightarrow c_2 < c_1 \rightarrow$ đồ thị P_2 ở dưới P_1 (hình vẽ).



b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1:

Hình bên biểu diễn 2 đường đẳng tích của một lượng khí ứng với các thể tích V_1, V_2 . CMR: $V_2 > V_1$



Hướng dẫn giải:

Cách 1:

Phương trình trạng thái: $\frac{pV}{T} = \text{const} \rightarrow P = \frac{\text{const}}{V} \cdot T = b \cdot T$

+ Đường đẳng tích V_1 : $P = \frac{\text{const}}{V_1} \cdot T = b_1 \cdot T$ (b: là hệ số góc)

+ Đường đẳng tích V_2 : $P = \frac{\text{const}}{V_2} \cdot T = b_2 \cdot T$

Vì đường V_1 ở trên $V_2 \rightarrow b_1 > b_2 \rightarrow \frac{\text{const}}{V_1} > \frac{\text{const}}{V_2} \rightarrow V_2 > V_1$ (đpcm).

Cách 2:

- Vẽ đường đẳng nhiệt cắt 2 đường đẳng tích tại I và II.

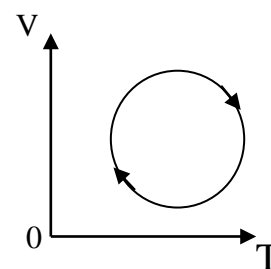
Khi đó, ta có: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} > 1$ (vì $P_V > P_2$) $\rightarrow V_2 > V_1$ (đpcm).

Ví dụ 2:

Đồ thị hình bên mô tả một chu trình của khí lí tưởng.

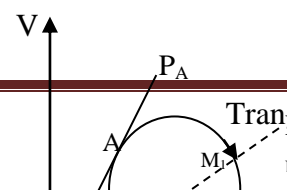
Hãy chỉ ra trên chu trình:

- Các điểm của đồ thị ứng với áp suất lớn nhất, nhỏ nhất.
- Các đoạn của đồ thị ứng với áp suất tăng, giảm hoặc không đổi.



Hướng dẫn giải:

- Xét một điểm M bất kỳ trên đồ thị,



- vẽ đường đẳng áp OM (P_M)

Hệ số góc đường thẳng OM là: $\text{tg } \alpha_M = \frac{V_M}{T_M}$

- Từ phương trình trạng thái của khí lí tưởng,

Ta có: $\frac{P_M \cdot V_M}{T_M} = \text{const}$

$\rightarrow P_M = \frac{\text{const}}{\frac{V_M}{T_M}} = \frac{\text{const}}{\tan \alpha_M} (*)$, $0^0 < \alpha_M < 90^0$

- Từ gốc tọa độ O ta kẻ 2 tiếp tuyến với đồ thị: OA và OB.

Khi đó: $\alpha_B \leq \alpha_M \leq \alpha_A \rightarrow \text{tg } \alpha_B \leq \text{tg } \alpha_M \leq \text{tg } \alpha_A$

$\rightarrow P_B \geq P_M \geq P_A \rightarrow P_{\max} = P_B, P_{\min} = P_A$

- Hai tiếp tuyến chia vòng tròn thành 2 cung

+ trên cung AM_1B , chiều biến đổi của quá trình là $A \rightarrow M_1 \rightarrow B$:

α giảm $\rightarrow P$ tăng

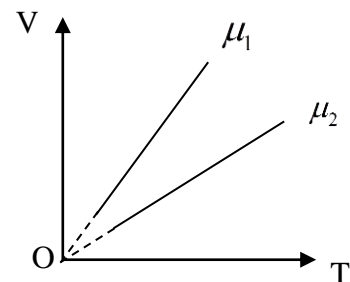
+ trên cung BM_2A , chiều biến đổi của quá trình là $B \rightarrow M_2 \rightarrow A$:

α tăng $\rightarrow P$ giảm

Ví dụ 3:

Hai xy lanh chứa hai loại khí có khối lượng mol μ_1, μ_2 khác nhau nhưng cùng khối lượng m, áp suất của chúng bằng nhau. Quá trình biến đổi đẳng áp được biểu diễn bởi đồ thị như hình vẽ.

So sánh các khối lượng mol μ_1 và μ_2 .

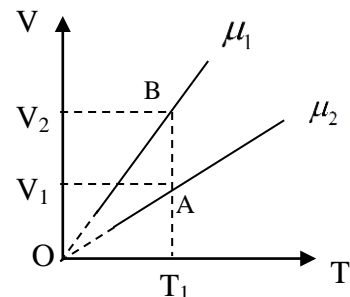


Hướng dẫn giải:

Từ T_1 vẽ đường thẳng song song OV, cắt $O\mu_1, O\mu_2$ lần lượt tại A và B.

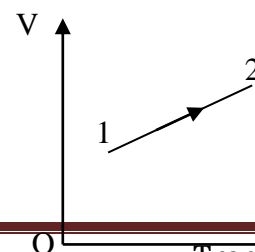
Áp dụng phương trình cla-pê-rôn -Men-đê-lê-ép tại vị trí A và B:

$$\left. \begin{aligned} p_1 V_1 &= \frac{m}{\mu_1} RT_1 \\ p_2 V_2 &= \frac{m}{\mu_2} RT_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{V_2}{V_1} > 1 \rightarrow \mu_1 > \mu_2$$



c) Bài tập áp dụng:

Một xy lanh chứa khí bị hở nên khí có thể ra hoặc vào xy lanh chậm. Khi áp suất p không đổi, thể tích V



biến thiên theo T như đồ thị hình vẽ. Hỏi lượng khí trong xy lanh tăng hay giảm.
 Đáp số: $m_1 > m_2$

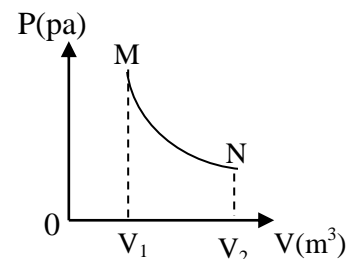
5. Bài toán 5: Các bài tập đồ thị có liên qua đến nguyên lí I nhiệt động lực học

a) Phương pháp:

Sử dụng công thức nguyên lí I nhiệt động lực học cho các quá trình đẳng nhiệt, đẳng áp, đẳng tích

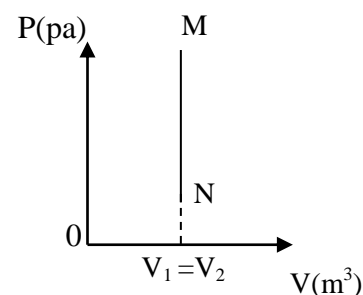
*** Quá trình đẳng nhiệt:**

- $T_1 = T_2 \rightarrow U_1 = U_2 \rightarrow \Delta U = 0$
- Biểu thức nguyên lí I NĐLH: $0 = A + Q \rightarrow Q = -A$
- Độ lớn công: $|A| =$ Diện tích hình thang cong MNV_2V_1



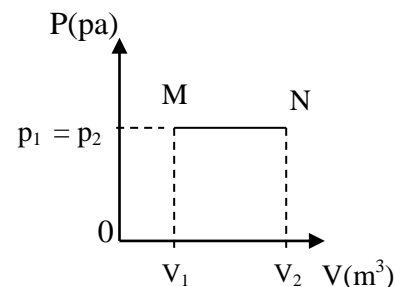
*** Quá trình đẳng tích:**

- $V_1 = V_2 \rightarrow A = -A' = -\sum \Delta A = -\sum p(\Delta V) = 0$
- Biểu thức nguyên lí I NĐLH: $\Delta U = Q$



*** Quá trình đẳng áp:**

- $p_1 = p_2 \rightarrow |A| = p(V_2 - V_1) = \left| \frac{M}{\mu} R(T_2 - T_1) \right| = |\nu R(T_2 - T_1)|$
- Độ lớn công: $|A| =$ Diện tích MNV_2V_1
- Biểu thức nguyên lí I NĐLH: $\Delta U = A + Q$



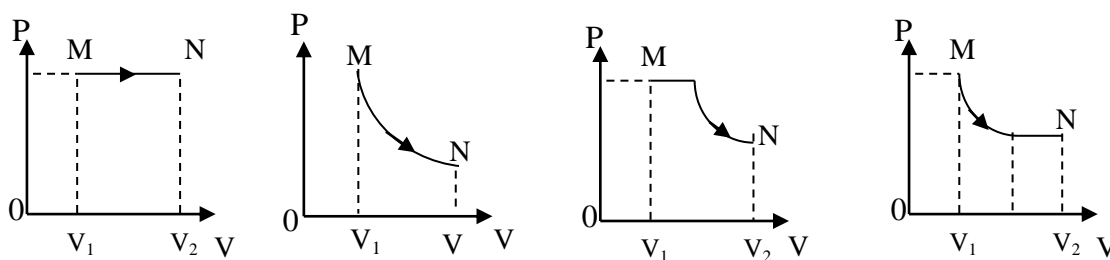
b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1:

Một lượng khí được dẫn từ thể tích V_1 đến thể tích V_2 ($V_2 > V_1$). So sánh công khí thực hiện trong các quá trình:

- Đẳng áp.
- Đẳng nhiệt.
- Dẫn đẳng áp rồi đẳng nhiệt.
- Dẫn đẳng nhiệt rồi đẳng áp.

Hướng dẫn giải:



Vận dụng kiến thức $|A| =$ Diện tích MNV_2V_1 , ta có: $A_a > A_c > A_d > A_b$

Ví dụ 2:

Một lượng khí lí tưởng không đổi ở trạng thái 1 có thể tích V_1 , áp suất p_1 , dẫn đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có thể tích $V_2 = 2V_1$. Sau đó dẫn đẳng áp sang trạng thái 3 có thể tích $V_3 = 3V_1$.

- a) Vẽ đồ thị biểu diễn các quá trình trên trong hệ $p - V$.
- b) Dùng đồ thị để so sánh công của khí trong các quá trình trên.
- c) Vận dụng nguyên lí I NĐLH phân tích sự thay đổi của nội năng và nhiệt lượng chất khí trao đổi với môi trường ngoài.

Hướng dẫn giải:

- a) Vẽ đồ thị
- b) Căn cứ diện tích các hình, ta có $A_{12} > A_{23}$
- c) *Xét quá trình đẳng nhiệt 1-2:

$$T_1 = T_2 \rightarrow U_1 = U_2 \rightarrow \Delta U = 0$$

$V_2 > V_1$: chất khí sinh công nên $A = -A' < 0$

Theo nguyên lí I NĐLH: $0 = A + Q \rightarrow Q = -A > 0$

(chất khí nhận nhiệt lượng từ bên ngoài)

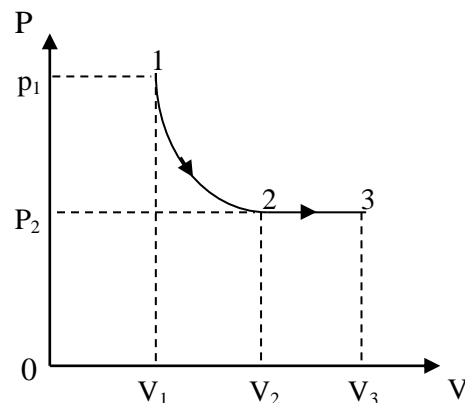
- *Xét quá trình đẳng áp 2-3:

$V_3 > V_2 \rightarrow$ chất khí sinh công nên $A = -A' < 0$

$V_3 > V_2 \rightarrow T_3 > T_2 \rightarrow U_3 > U_2 \rightarrow \Delta U > 0$: nội năng chất khí tăng.

Theo nguyên lí I NĐLH: $\Delta U = A + Q \rightarrow Q = -A + \Delta U > 0$:

(chất khí nhận nhiệt lượng từ bên ngoài)



Ví dụ 3:

Có 1,4 mol chất khí lí tưởng ở nhiệt độ 300K. Đun nóng khí đẳng áp đến nhiệt độ 350K, nhiệt lượng cung cấp cho khí trong quá trình này là 1000J. Sau đó khí được làm lạnh đẳng tích đến nhiệt độ bằng nhiệt độ ban đầu và cuối cùng khí được đưa trở về trạng thái ban đầu bằng quá trình nén đẳng nhiệt.

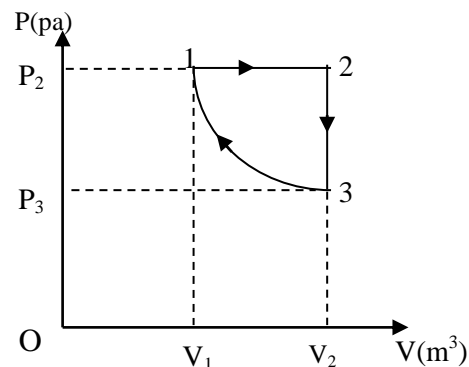
- a) Vẽ đồ thị của chu trình trong hệ tọa độ $p - V$.
- b) Tính công A' mà khí thực hiện trong quá trình đẳng áp.
- c) Tính độ biến thiên nội năng của khí ở mỗi quá trình của chu trình.
- d) Tính nhiệt lượng mà khí nhận được trong quá trình đẳng tích.

Hướng dẫn giải:

- a) Vẽ đồ thị.
- b) Tính công A' khí thực hiện trong quá trình đẳng áp.

$$A' = p(V_2 - V_1) = \frac{M}{\mu} R(T_2 - T_1) = \nu R(T_2 - T_1)$$

$$= 1,4 \cdot 8,31 \cdot (350 - 300) = 581,7 \text{ (J)}$$



c) Tính độ biến thiên nội năng của khí ở mỗi quá trình của chu trình.

Áp dụng nguyên lý I NĐLH: $\Delta U = A + Q = -A' + Q$ ($A = -A'$)

* Độ biến thiên nội năng trong quá trình đẳng áp:

$$\Delta U_{21} = A + Q = -A' + Q = -581,7 + 1000 = 418,3 \text{ (J)}$$

$$\Delta U_{21} = f(T_2) - f(T_1) = 418,3 \text{ (J)}$$

* Độ biến thiên nội năng trong quá trình đẳng tích:

$$\Delta U_{32} = A + Q = -A' + Q = 0 + Q$$

$$\Delta U_{32} = f(T_3) - f(T_2) = f(T_1) - f(T_2) = -418,3 \text{ (J)} \quad (T_3 = T_1: \text{đẳng nhiệt})$$

* Độ biến thiên nội năng trong quá trình đẳng nhiệt:

$$\Delta U_{13} = f(T_1) - f(T_3) = f(T_1) - f(T_3) = 0 \quad (T_3 = T_1: \text{đẳng nhiệt})$$

d) Tính nhiệt lượng mà khí nhận được trong quá trình đẳng tích:

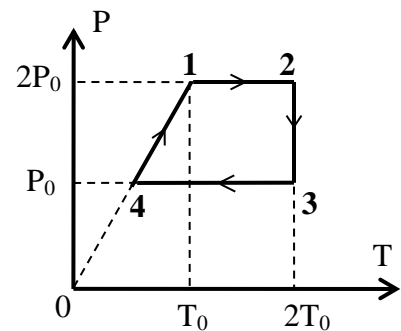
$$\Delta U_{32} = A + Q = -A' + Q = 0 + Q$$

$$\rightarrow Q = \Delta U_{32} = -418,3 \text{ J} < 0.$$

→ Chất khí nhả (truyền) nhiệt lượng ra bên ngoài.

Ví dụ 4:

Có 1 g khí Heli (coi là khí lý tưởng đơn nguyên tử) thực hiện một chu trình 1 – 2 – 3 – 4 – 1 được biểu diễn trên giản đồ P-T như hình 1. Cho $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$; $T_0 = 300 \text{ K}$.



- 1) Tìm thể tích của khí ở trạng thái 4.
- 2) Hãy nói rõ chu trình này gồm các đẳng quá trình nào. Vẽ lại chu trình này trên giản đồ P-V và trên giản đồ V-T (cần ghi rõ giá trị bằng số và chiều biến đổi của chu trình).
- 3) Tính công mà khí thực hiện trong từng giai đoạn của chu trình

Hướng dẫn giải

- a) Quá trình 1 – 4 có P tỷ lệ thuận với T nên là quá trình đẳng tích, vậy thể tích ở trạng thái 1 và 4 là bằng nhau: $V_1 = V_4$. Sử dụng phương trình C-M ở trạng thái 1 ta có:

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1, \text{ suy ra: } V_1 = \frac{m R T_1}{\mu P_1}$$

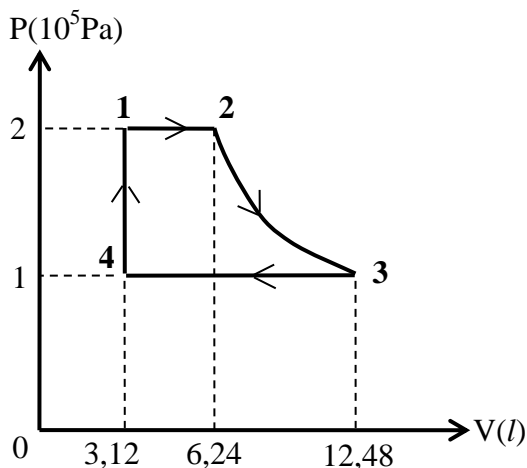
Thay số: $m = 1 \text{ g}$; $\mu = 4 \text{ g/mol}$; $R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$; $T_1 = 300 \text{ K}$ và $P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ta được:

$$V_1 = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 300}{4 \cdot 2 \cdot 10^5} = 3,12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

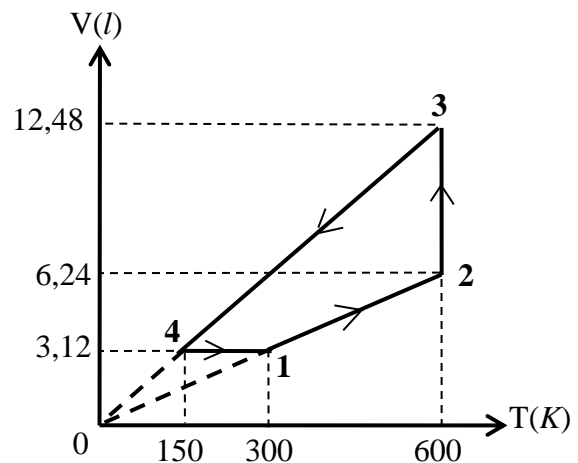
- b) Từ hình vẽ ta xác định được chu trình này gồm các đẳng quá trình sau:

1 – 2 là đẳng áp; 2 – 3 là đẳng nhiệt;
3 – 4 là đẳng áp; 4 – 1 là đẳng tích.

Vì thế có thể vẽ lại chu trình này trên giản đồ P-V (hình a) và trên giản đồ V-T (hình b) như sau:



Hình a



Hình b

c) Để tính công, trước hết sử dụng phương trình trạng thái ta tính được các thể tích: $V_2 = 2V_1 = 6,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; $V_3 = 2V_2 = 12,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

Công mà khí thực hiện trong từng giai đoạn:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = 2 \cdot 10^5(6,24 \cdot 10^{-3} - 3,12 \cdot 10^{-3}) = 6,24 \cdot 10^2 \text{ J}$$

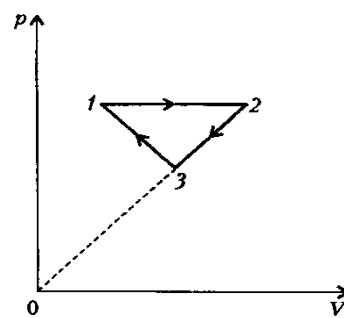
$$A_{23} = p_2 V_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 2 \cdot 10^5 \cdot 6,24 \cdot 10^{-3} \ln 2 = 8,65 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$A_{34} = p_3(V_4 - V_3) = 10^5(3,12 \cdot 10^{-3} - 12,48 \cdot 10^{-3}) = -9,36 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$A_{41} = 0 \text{ vì đây là quá trình đẳng áp.}$$

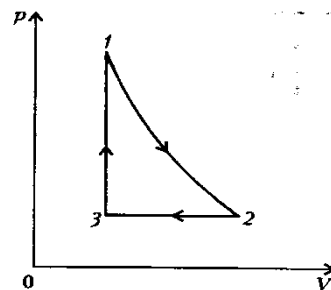
c) Bài tập áp dụng:

Bài 1: Trên hình vẽ cho chu trình thực hiện bởi n mol khí lý tưởng gồm một quá trình đẳng áp và hai quá trình áp suất phụ thuộc tuyến tính vào thể tích V. Trong quá trình đẳng áp 1-2 khí thực hiện một công A và nhiệt độ tăng gấp 4 lần. Nhiệt độ tại 1 và 3 bằng nhau. Các điểm 2 và 3 cùng nằm trên một đường thẳng qua gốc tọa độ. Hãy xác định nhiệt độ khí tại các điểm 1 và công mà khối khí thực hiện trong chu trình trên.



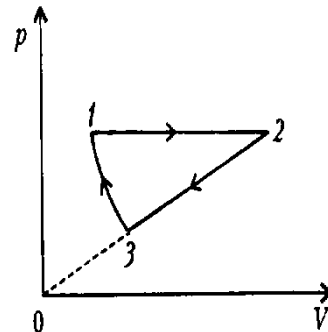
Đáp số: $T_1 = \frac{A}{3nR}$ và $A_{ct} = \frac{A}{4}$

Bài 2: Một mol khí Heli thực hiện một chu trình như hình vẽ gồm các quá trình: đoạn nhiệt 1-2, đẳng áp 2-3, đẳng tích 3-1. Trong quá trình đoạn nhiệt hiệu nhiệt độ cực đại và cực tiểu của khí là ΔT . Biết rằng trong quá trình đẳng áp khí tỏa ra một nhiệt lượng là Q . Hãy xác định công A do khối khí thực hiện trong chu trình trên.



Đáp số: $A = \frac{3}{2}R\Delta T - \frac{2}{5}Q$.

Bài 3: Một khối khí hêli được đựng trong một xi lanh có pitông dịch chuyển được. Người ta đốt nóng khối khí này trong điều kiện áp suất không đổi, đưa khí từ trạng thái 1 sang trạng thái 2. Công mà khí thực hiện trong quá trình này là A_{1-2} . Sau đó khí bị nén theo quá trình 2-3, trong đó áp suất tỉ lệ với thể tích V đồng thời khối khí nhận một công A_{2-3} ($A_{2-3} > 0$). Cuối cùng khí được nén đoạn nhiệt về trạng thái ban đầu. Hãy tính công A_{3-1} mà khí thực hiện được trong quá trình này.



Đáp số: $A_{3-1} = \frac{3}{2}nR(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}(2A_{2-3} - A_{1-2})$.

6. Bài toán 6: Các bài toán về động cơ nhiệt của chất khí

a) Phương pháp:

Động cơ nhiệt hoạt động trên nguyên tắc sử dụng các chu trình biến đổi của chất khí nhận nhiệt lượng để sinh công cơ học. Chu trình sử dụng trong các động cơ nhiệt (chu trình Các - nô) có hiệu suất tính theo công thức:

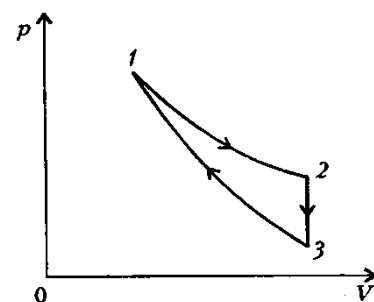
$$H = \frac{\sum A}{\sum Q_{thu}} \cdot 100\% \quad \text{hay} \quad H \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$H_0 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$: hiệu suất của động cơ nhiệt lí tưởng hay hiệu suất lí tưởng .

b) Các bài tập ví dụ

Ví dụ 1:

Cho một máy nhiệt hoạt động theo chu trình gồm các quá trình: đẳng nhiệt 1-2, đẳng tích 2-3 và đoạn nhiệt 3-1 như hình vẽ. Hiệu suất của máy nhiệt là η và hiệu nhiệt độ cực đại và cực tiểu của chất khí là ΔT . Biết rằng chất công tác trong máy nhiệt này là n mol khí lí tưởng đơn nguyên tử. Hãy xác định công mà khối khí thực hiện trong quá trình đẳng nhiệt.



Hướng dẫn giải:

Trong quá trình đẳng nhiệt 1-2, thể tích tăng khí thực hiện công A, nội năng của khí không đổi nên công khí nhận được biến thành nhiệt năng tỏa ra Q_1 .

Trong quá trình đoạn nhiệt 3-1, khí không nhận công không tỏa nhiệt, thể tích khí giảm nên khí nhận công và tăng nhiệt độ. Do đó $T_{\max}=T_1=T_2$, $T_{\min}=T_3$.

$$T_{\max} - T_{\min} = \Delta T$$

Hiệu suất của chu trình:
$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Mặt khác $Q_1 = A$. Và trong quá trình 2-3, nhiệt lượng tỏa ra bằng độ tăng nội năng:

$$Q_2 = \frac{3}{2}nR(T_{\max} - T_{\min}) = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

Thay Q_1 và Q_2 vào công thức hiệu suất chu trình: $\eta = 1 - \frac{3nR\Delta T}{2A}$ Ta được: $A = \frac{3nR\Delta T}{2(1-\eta)}$.

c) Bài tập áp dụng:

Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình gồm hai quá trình đẳng tích và hai quá trình đẳng nhiệt. Tác nhân là một mol khí lí tưởng. Thể tích nhỏ nhất và thể tích lớn nhất của khối khí lần lượt là $V_{\min} = 4.10^{-3}m^3$; $V_{\max} = 8.10^{-3}m^3$. Áp suất nhỏ nhất và lớn nhất của khối khí lần lượt là $p_{\min} = 3.10^5Pa$; $p_{\max} = 12.10^5Pa$. Tính hiệu suất cực đại của động cơ?

Đáp số: $H_{\max} = 67\%$