



BÀI GIẢNG CHƯƠNG 7

Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học

(Cơ và Nhiệt)



NGUYỄN THỊ HUYỀN NGÀ
Email: nthnga@hcmus.edu.vn

Chương 7 : NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Chương 7. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học

7.1. Nội năng, công và nhiệt

7.2. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học

7.3. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

7.4. Ứng dụng của nguyên lý thứ nhất trong một số quá trình cân bằng



James Prescott Joule
British physicist (1818–1889)

7.1. Năng lượng, công và nhiệt

7.1.1 Năng lượng

- Năng lượng của hệ: Năng lượng của một hệ là đại lượng vật lý có thể dùng để chỉ mức độ vận động của hệ (động năng), mức độ tương tác của hệ với môi trường ngoài (thế năng) và khả năng tương tác lẫn nhau của các hạt tạo thành hệ (nội năng).
- Trạng thái thay đổi thì năng lượng thay đổi => **Năng lượng là một hàm của trạng thái**
- Đối với hệ cô lập: **NĂNG LƯỢNG = NỘI NĂNG**

$$E = U$$

KHÁI NIỆM VỀ NĂNG LƯỢNG, CÔNG VÀ NHIỆT LƯỢNG

Thông thường các đối tượng nghiên cứu
xem là đứng yên và bỏ qua các trường ngoài.



Động năng và thế năng của hệ bằng không.



Năng lượng $E =$ Nội năng $U = K$

➤ Đơn vị của nội năng là đơn vị năng lượng (Joule) hay của đơn vị nhiệt lượng (calory).

KHÁI NIỆM VỀ NĂNG LƯỢNG, CÔNG VÀ NHIỆT LƯỢNG

Hệ ở trạng thái xác định

Hệ thay đổi trạng thái

U có giá trị xác định

U thay đổi

Nội năng U phụ thuộc
vào trạng thái của hệ

Nội năng không phụ
thuộc quá trình biến đổi

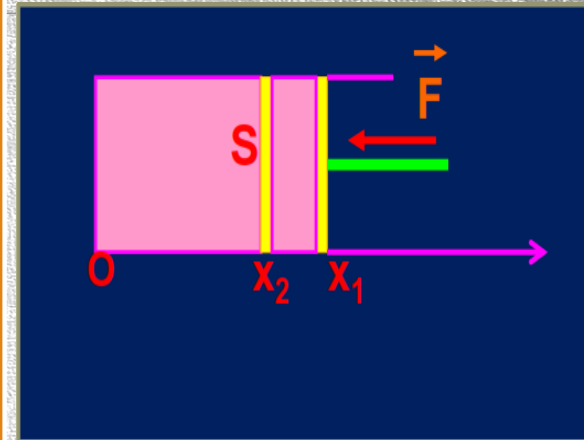
Nội năng là hàm đơn trị của trạng thái.

7.1.2. CÔNG

Khái niệm:

Lực tác dụng lên chất khí được xem là thực hiện một công A nếu làm **thể tích V chất khí thay đổi**.

Công là năng lượng trao đổi giữa hệ và môi trường khi có sự thay đổi về thể tích của hệ.



➡ Khái niệm công A gắn liền với quá trình biến đổi thể tích V .

7.1. Năng lượng, công và nhiệt:

7.1.2 Công:

- Trong nhiệt động học, công làm thay đổi thể tích của hệ
- Công dương ($A > 0$): Hệ nhận công (khí bị nén V giảm) \Rightarrow năng lượng hệ tăng.
- Công âm ($A < 0$): Hệ sinh công (khí giãn ra V tăng) \Rightarrow hệ truyền năng lượng ra bên ngoài.
- Công là đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua sự thay đổi thể tích V .
- Công là hàm của quá trình: tức là tùy vào quá trình đẳng nhiệt, đẳng áp hay đẳng tích \Rightarrow thì công A sẽ có giá trị khác.

7.1.3. NHIỆT LƯỢNG

- Nhiệt là năng lượng trao đổi giữa một hệ và môi trường xung quanh vì có sự chênh lệch nhiệt độ giữa chúng.
- Năng lượng được truyền từ vật nóng sang vật lạnh mà thể tích của hai vật vẫn không thay đổi, điều này có nghĩa là không có sự thực hiện công.
- Sự trao đổi năng lượng với nhau nhưng không phải qua công mà là qua nhiệt lượng.
- Nói cách khác, nhiệt lượng là một dạng trao đổi khác của năng lượng khi công không được thực hiện.

7.1. Năng lượng, công và nhiệt:

7.1.3 Nhiệt lượng Q :

- Nhiệt lượng là đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua sự chuyển động hỗn loạn của phân tử
- Nhiệt lượng dương ($Q > 0$): **Hệ nhận nhiệt**
- Nhiệt lượng âm ($Q < 0$): **Hệ tỏa nhiệt**
- Nhiệt là một hàm phụ thuộc vào quá trình: **tức là tùy vào quá trình đẳng nhiệt, đẳng áp hay đẳng tích \Rightarrow thì nhiệt lượng Q sẽ có giá trị khác.**

Đơn vị: *Joule (J)* hoặc *Calory (calo)*: $1\text{calo} = 4,18\text{ J}$

7.2. Nguyên lý thứ nhất của NĐL học:

7.2.1 Phát biểu nguyên lý thứ nhất:

- “Độ biến thiên nội năng (năng lượng) của một hệ trong một quá trình biến đổi bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận vào trong quá trình đó.”

$$\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q$$

- Nếu quá trình xảy ra nhỏ vi phân :

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

7.2.2 Hệ quả:

i/ Khi hệ nhận công và nhiệt
=> nội năng tăng

$$\Delta U > 0 \quad U_2 > U_1$$

Khi hệ sinh công và toả
nhiệt=> nội năng giảm

$$\Delta U < 0 \quad U_2 < U_1$$

7.2. Nguyên lý thứ nhất của NĐL học:

7.2.2. Hệ quả

2i/ Khi hệ cô lập: nhiệt không đổi
($A = 0$; $Q = 0$)

$$\Delta U = 0 \Rightarrow T = \text{const} \text{ (bình giữ nhiệt)} \quad U_2 = U_1$$

3i. Trong một chu trình khép kín thì trạng thái cuối trùng trạng thái đầu

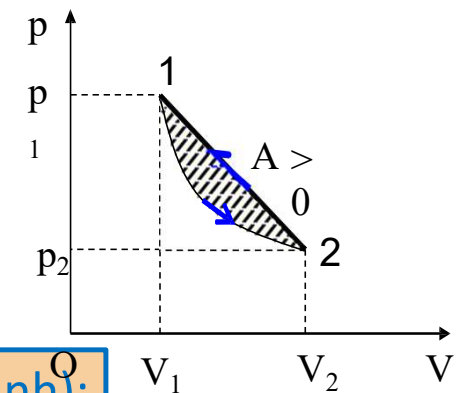
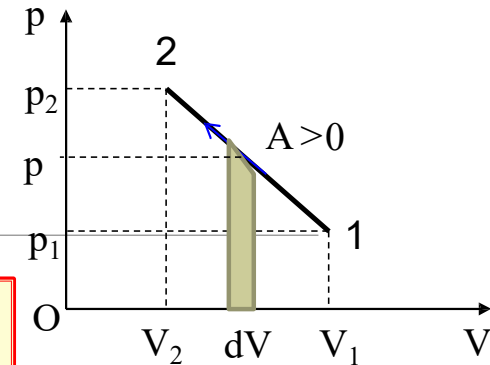
$$U_2 = U_1 \Leftrightarrow \Delta U = 0 \Leftrightarrow Q + A = 0 \Leftrightarrow A = -Q$$

Công và nhiệt chuyển hóa lẫn nhau (như động cơ nhiệt chạy bằng xe, máy lạnh):

+ Nếu hệ nhận công ($A > 0$) thì phải tỏa nhiệt ($Q < 0$)

+ Nếu sinh công ($A < 0$) thì phải nhận nhiệt ($Q > 0$)

➡ Không thể có động cơ sinh công mà không tiêu thụ năng lượng



NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

Hệ nhận công ($A > 0$)



Hệ Toả nhiệt ($Q < 0$)



**Môi trường bên ngoài
nhận nhiệt lượng
 $Q_{\square} = -Q > 0$**

Hệ nhận nhiệt ($Q > 0$)



Hệ Sinh công ($A < 0$)



**Môi trường bên ngoài
nhận được công
 $A_{\square} = -A > 0$**

7.2.3/ Động cơ vĩnh cửu loại một

Xét một động cơ nhiệt hoạt động theo một chu trình kín, kết thúc chu trình thì độ biến thiên nội năng của hệ $\Delta U = 0$.

Động cơ vĩnh cửu loại một: là động cơ có khả năng sinh ra công mà không cần nhận năng lượng ở đầu vào \Rightarrow Có tạo ra được không?

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

Nguyên lý thứ nhất

Nếu động cơ sinh công ($A < 0$) thì phải nhận một lượng nhiệt từ bên ngoài ($Q > 0$).

Không thể có động cơ có thể sinh ra công mà không cần nhận năng lượng.

Không thể nào chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại một !!!

7.3. Trạng thái cân bằng – Quá trình cân bằng:

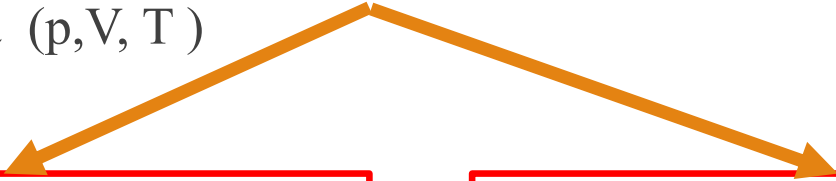
7.3.1 Khái niệm:

- **Trạng thái cân bằng** của một hệ là trạng thái mà các thông số trạng thái của hệ (P , V , T) có giá trị hoàn toàn xác định.
- **Quá trình cân bằng** là quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.

7.3. Trạng thái cân bằng – Quá trình cân bằng

7.3.1 Khái niệm

- Một trạng thái cân bằng được xác định bởi một thông số nhiệt độ nào đó.
- Nếu hệ là một khối khí xác định thì mỗi **trạng thái cân bằng** của nó được xác định bởi hai trong ba thông số là (p, V, T)



Mỗi **trạng thái cân bằng** được biểu diễn bởi **một điểm** trong mặt phẳng (OPV)

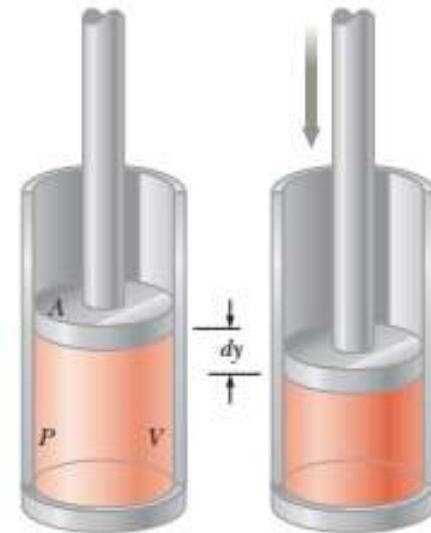
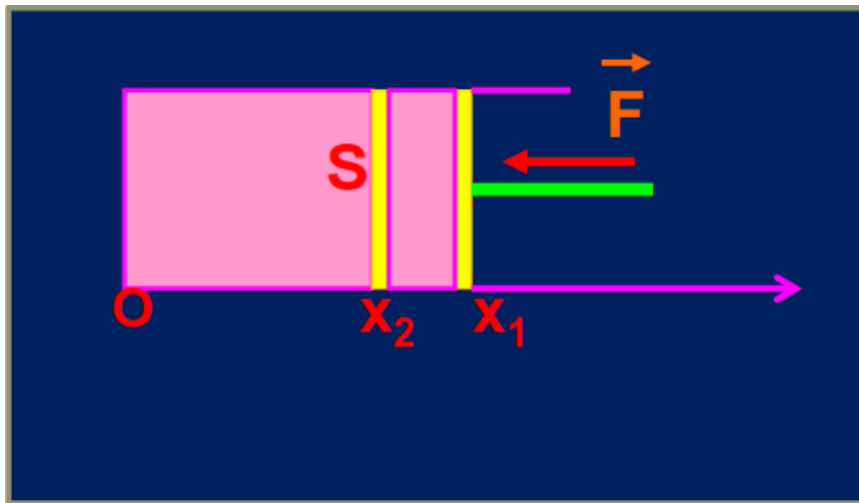
Một **quá trình cân bằng** được biểu diễn bởi **một đường liên tục** trong mặt phẳng (OPV).

7.3. Trạng thái cân bằng – Quá trình cân bằng

7.3.2 Biểu thức của công mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- Vi phân Công nhỏ δA :

Xét một khối khí trong một xy lanh, pít tông có thể di chuyển tự do không ma sát, chọn trục Ox như hình vẽ.



7.3.2 Biểu thức của công mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- Áp suất bên ngoài tác dụng lên pít tông: $p = F/S$
- Trong quá trình cân bằng, áp suất này là áp suất của khối khí trong xy lanh và công mà **khối khí nhận được δA (dương)**. Công đó là công mà ta đã mất đi để nén pít tông.
- Vì $dx = x_2 - x_1 < 0$ nên công nhỏ ta có vi phân công:

$$\delta A = -Fdx = -pSdx = -pdV > 0$$

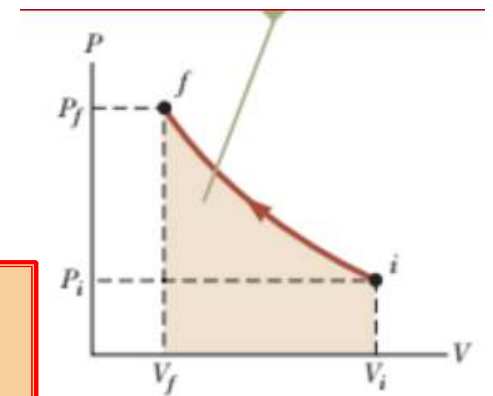
Vậy : Vi phân công:

$$\delta A = -PdV$$
$$= -P(V_2 - V_1) > 0$$



Công hệ nhận: (bằng tổng các vi phân công nhỏ)

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} pdV = \int_{V_2}^{V_1} pdV > 0$$



7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- Gọi δQ là nhiệt lượng **hệ nhận vào** để nhiệt độ tăng dT .
- Quá trình vi phân δQ tỉ lệ với dT và tỉ lệ khối lượng m của hệ

Nhiệt hệ nhận: (bằng tổng các vi phân)

$$\delta Q = mcdT$$



$$Q = mc\Delta T$$

được gọi là **c = nhiệt lượng riêng của hệ** (J/kg°C) là nhiệt lượng để 1kg chất đó tăng lên 1 °C ; $[m] = \text{kg}$

Khi nhiệt độ tăng thì $Q > 0$ và $\Delta T > 0 \Rightarrow$ Hệ **nhận nhiệt lượng.**

Khi nhiệt độ giảm thì $Q < 0$ và $\Delta T < 0 \Rightarrow$ Hệ **Tỏa nhiệt lượng.**

- ❑ Ví dụ, nhiệt lượng cần để nâng nhiệt độ của 0,5kg nước lên 3°C từ 0C là
 $Q = (0,5\text{kg}) \times (4186\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times (3^\circ\text{C}) = 6,28 \cdot 10^3 \text{J}$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- ☐ Xét hệ gồm 2 vật cô lập: nhiệt lượng vật này cho bằng nhiệt lượng vật kia nhận vào:

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

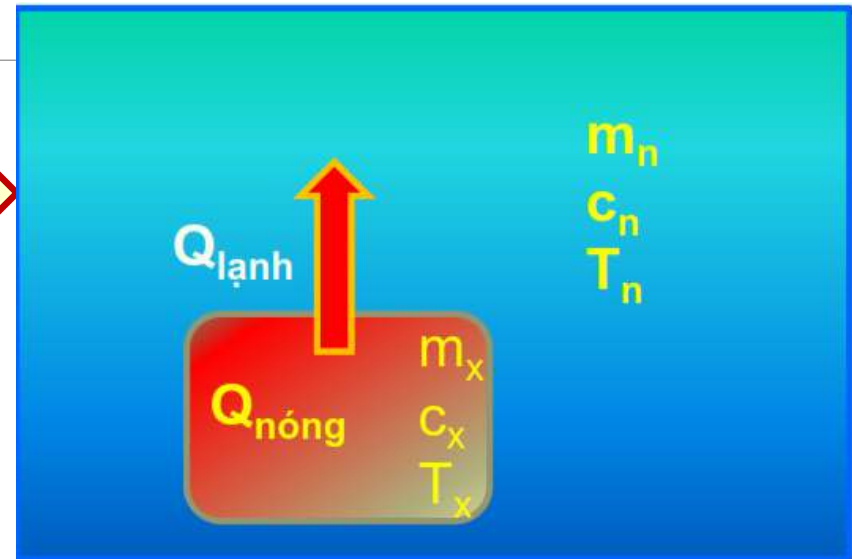
Phép đo nhiệt dung riêng $C_x = ?$

Gọi T là nhiệt độ khi 2 vật cân bằng nhiệt

$$Q_{\text{thu}} = -Q_{\text{toa}}$$

$$m_x c_x (T - T_x) = -m_n c_n (T - T_n)$$

Tính được c_x



$$Q_{\text{lạnh}} = -Q_{\text{nóng}}$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- **Ví dụ 1:** Một thỏi kim loại nặng 0,05kg ở nhiệt độ 200°C thả vào nhiệt lượng kế chứa 0,4kg nước ở 20°C. Nhiệt độ của hệ sau khi cân bằng là 22,4°C. Tính nhiệt lượng riêng của kim loại. Biết nhiệt lượng riêng của nước là 4186 J/kg.°C
- **Bài giải:** Q thu = -Q toa

Ta có: $m_x c_x (T - T_x) = -m_n c_n (T - T_n)$

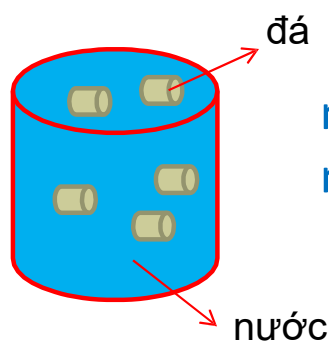
Nhiệt lượng riêng của kim loại:

$$c_x = -\frac{m_n c_n (T - T_n)}{m_x (T - T_x)} = -\frac{0,4 \times 4186 \times (22,4 - 20)}{0,05 \times (22,4 - 200)} = 452,5 \left(\frac{J}{kg.^{\circ}C} \right)$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

NHIỆT CHUYỂN PHA (ẨN NHIỆT)

-
- ❖ Vật rắn chuyển thành lỏng
 - ❖ Chất lỏng chuyển thành khí
 - ❖ Nội năng thay đổi nhưng nhiệt độ của vật không thay đổi




m_i : lượng nước ban đầu
 m_f : lượng nước lúc sau

$$L = \frac{Q}{\Delta m} \quad \left(\frac{J}{kg} \right) : \text{hệ số chuyển pha}$$

→ Độ thay đổi khối lượng của nước: $\Delta m = m_f - m_i$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

NHIỆT CHUYỂN PHA (ẨN NHIỆT)

- 
- ❖ Vật liệu nào có nhiệt độ cao hơn thì có pha (**phase**) cao hơn
 - ❖ Ví dụ, nước có nhiệt độ cao hơn đá, hơi có nhiệt độ cao hơn nước

 Nhiệt lượng cần thiết để làm thay đổi pha của một vật liệu:

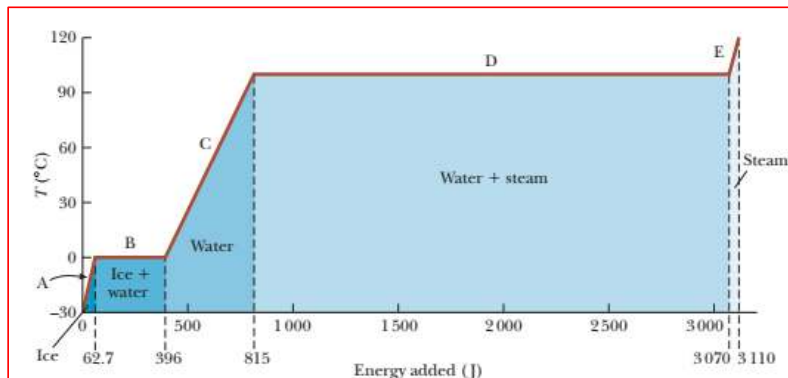
$$Q = L\Delta m$$

❑ Nhiệt nóng chảy (Latent heat of **fusion**): L_f

❑ Nhiệt hóa hơi (Latent heat of **Vaporization**): L_v

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

- **Ví dụ 2:** Tính năng lượng cần thiết để biến 1,0g khối nước đá (ice) ở -30°C thành hơi ở 120°C . Kết quả thực nghiệm như hình vẽ



Biết:

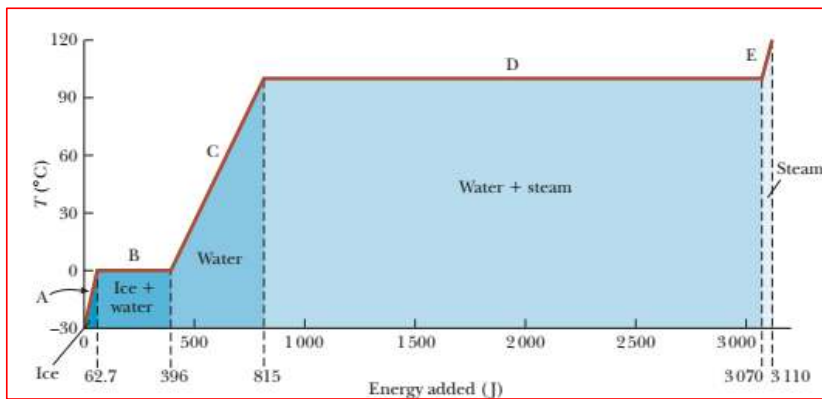
- Nhiệt lượng riêng của nước đá: $c_i = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt nóng chảy của nước đá: $L_f = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của nước: $c_n = 3,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt hóa hơi của nước: $L_{v2} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của hơi: $c_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$

- **Bài giải:**

Phần **A**: Nhiệt lượng cần bổ sung để nước đá ở -30°C thành 0°C :

$$Q = m_i c_i \Delta T = (1 \cdot 10^{-3}) \times (2090) \times (0^{\circ} - (-30^{\circ})) = 62,7 \text{ (J)}$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng



Biết:

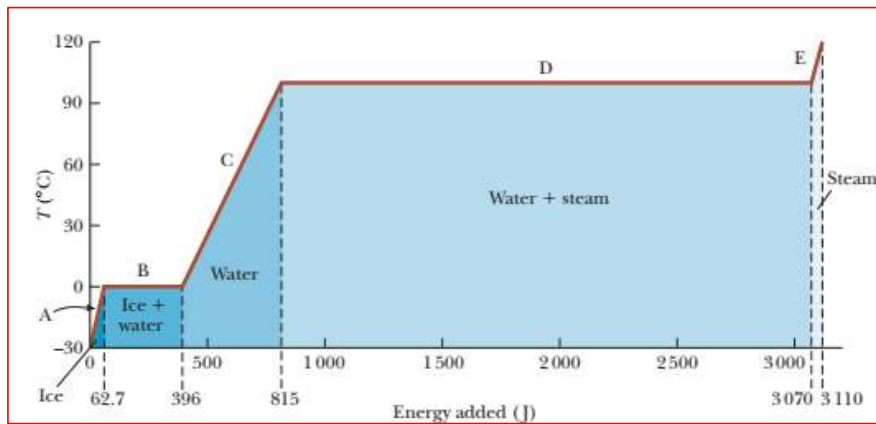
- Nhiệt lượng riêng của nước đá: $c_i = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt nóng chảy của nước đá: $L_f = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của nước: $c_n = 3,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt hóa hơi của nước: $L_{v2} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của hơi: $c_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$

◦ Bài giải:

Phần **B**: Nhiệt lượng cần bổ sung để nước đá tan chảy hoàn toàn thành nước ở 0°C :

$$Q = L_f \Delta m_n = L_f m_i = (3,33 \cdot 10^5) \times (1 \cdot 10^{-3}) = 333 \text{ (J)}$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng



Biết:

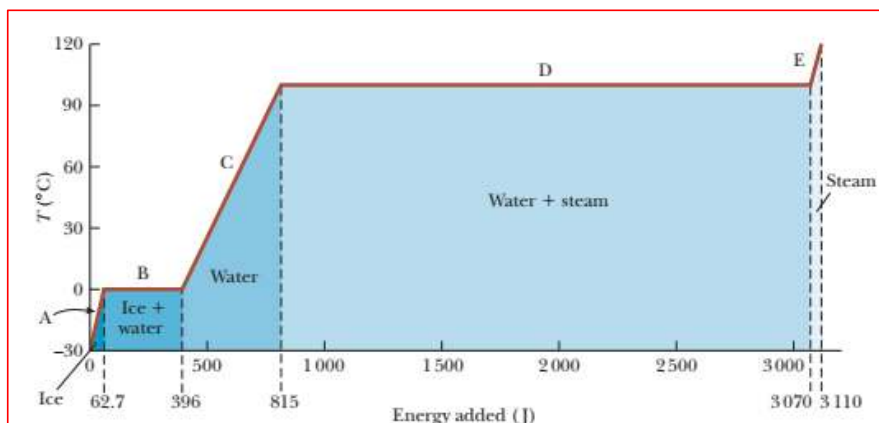
- Nhiệt lượng riêng của nước đá: $c_i = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Nhiệt nóng chảy của nước đá: $L_f = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của nước: $c_n = 3,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Nhiệt hóa hơi của nước: $L_{v2} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của hơi: $c_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

◦ Bài giải:

Phần **C**: Nhiệt lượng cần bổ sung để nước biến đổi nhiệt độ từ 0°C lên 100°C :

$$Q = m_n c_n \Delta T = (1 \cdot 10^{-3}) \times (3,19 \cdot 10^3) \times (100^\circ - 0^\circ) = 419 \text{ (J)}$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng



Biết:

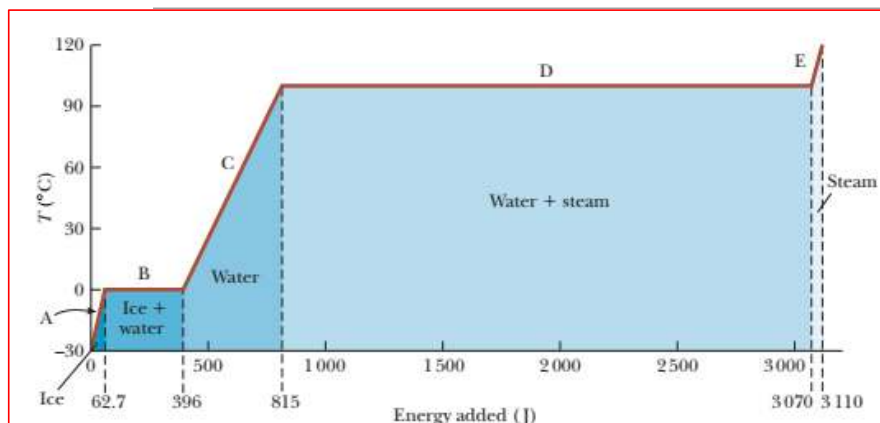
- Nhiệt lượng riêng của nước đá: $c_i = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Nhiệt nóng chảy của nước đá: $L_f = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của nước: $c_n = 3,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Nhiệt hóa hơi của nước: $L_{v2} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của hơi: $c_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

◦ Bài giải:

Phần **D**: Nhiệt lượng cần bổ sung để nước biến đổi thành hơi ở 100°C :

$$Q = L_v \Delta m_s = L_v m_n = (2,26 \cdot 10^6) \times (1 \cdot 10^{-3}) = 2,26 \cdot 10^3 \text{ (J)}$$

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng



Biết:

- Nhiệt lượng riêng của nước đá: $c_i = 2090 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt nóng chảy của nước đá: $L_f = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của nước: $c_n = 3,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt hóa hơi của nước: $L_{v2} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
- Nhiệt lượng riêng của hơi: $c_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$

◦ Bài giải:

Phần **E**: Nhiệt lượng cần bổ sung để hơi thay đổi nhiệt độ từ 100°C lên 120°C : $Q = m_s c_s \Delta T = (1 \cdot 10^{-3}) \times (2,01 \cdot 10^3) \times (120^{\circ} - 100^{\circ}) = 40,2 \text{ (J)}$

Toàn bộ nhiệt lượng cần bổ sung để nước đá ở -30°C thành hơi ở 120°C

$$Q = 62,7 + 333 + 419 + 2,26 \cdot 10^3 + 40,2 = 3114,9 \text{ (J)}$$

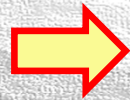
KHÁI NIỆM VỀ NĂNG LƯỢNG, CÔNG VÀ NHIỆT LƯỢNG

- Nhiệt dung riêng mol phân tử C (tính cho 1mol) là:

$$C = \mu \cdot c \Rightarrow c = C / \mu: \text{nhiệt dung riêng (tính cho 1kg)}$$

- Vậy nhiệt lượng mà hệ nhận được:


$$\delta Q = mcdT$$



$$\delta Q = \frac{m}{\mu} \cdot C \cdot dT$$

(7.4)

7.3.3 Biểu thức của nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

 $Q = \int_{T_1}^{T_2} \delta Q = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m}{\mu} c dT$ hay $Q = \frac{m}{\mu} c \Delta T$
 $\Delta T = T_2 - T_1$

Nếu hơi nóng đẳng tích thì



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

Nếu hơi nóng đẳng áp thì



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

c_v và c_p : Nhiệt dung riêng mol phân tử trong quá trình đẳng tích và đẳng áp

7.4. Ứng dụng của nguyên lý thứ nhất cho các đẳng quá trình.

7.4.0 Biểu thức nội năng của khí lý tưởng:

- Nếu phân tử có i bậc tự do thì

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} T$$

- Độ biến thiên nội năng:

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

$$\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q$$

Phân tử gồm 1 nguyên tử: $i = 3$

Phân tử gồm 2 nguyên tử: $i = 5$

Phân tử gồm 3 nguyên tử trở lên: $i = 6$

Hằng số khối khí: $R = 8,31(\text{J/mol.K})$; $[m] = \text{kg}$

6.4.1 Quá trình đẳng tích: $V = \text{const.}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

- Công mà khối khí nhận vào: $A = 0$

- Độ biến thiên nội năng:

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

C_V Nhiệt dung mol đẳng tích

- Nhiệt mà hệ nhận vào:

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

$$C_V = \frac{iR}{2}$$

7.4.2 Quá trình đẳng áp: $p = \text{const.}$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- Công mà khối khí nhận vào:

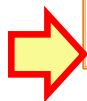
$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -p(V_2 - V_1) = -nR \Delta T$$

- Độ biến thiên nội năng:

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

- Nhiệt mà hệ nhận vào:

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



$$C_p = C_v + R$$



$$C_v = \frac{iR}{2}$$

$$C_p = \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R$$



C_p Nhiệt dung mol đẳng áp

7.4.3/ Quá trình đẳng nhiệt ($T = \text{const}$)

Định nghĩa

Để cho một quá trình có thể là đẳng nhiệt thì nhiệt lượng từ bên ngoài cung cấp cho hệ cũng như là nhiệt lượng mà hệ nhả ra cho môi trường xung quanh phải diễn ra rất chậm sao cho hệ luôn luôn ở trạng thái cân bằng nhiệt trong suốt quá trình đó.

Ví dụ: Quá trình nén hoặc giãn rất chậm một khối khí trong trường hợp môi trường có nhiệt độ không đổi.

QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT: $T = \text{CONST}$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

❖ Công hệ nhận được:

▪ Từ công thức :

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



$$pV = p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{const}$$

▪ Nên

$$A = -pV \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = -p_1 V_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = -p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

▪ Công mà hệ nhận trong quá trình đẳng nhiệt:

$$A = -\frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (7.2)$$

7.4.3 Quá trình đẳng nhiệt: $T = \text{const.}$

◦ Vậy: Công mà khối khí nhận vào:
$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -p_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Hay

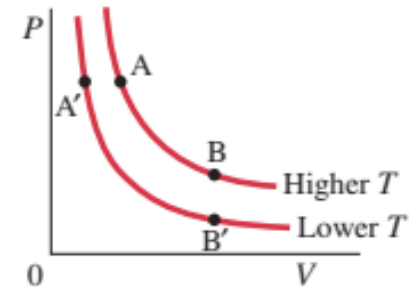
◦ Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = 0$$

$$A = -\frac{m}{\mu} RT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right); n = \frac{m}{\mu}$$

◦ Nhiệt mà hệ nhận vào:

$$Q = \Delta U - A = -A = \frac{m}{\mu} RT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$



▣ **Ví dụ 3:** 1,0 mol khí lý tưởng giữ cố định ở 0°C trong quá trình giãn nở từ 3lít đến 10lít. a) Tính công mà khí thực hiện trong quá trình này

◦ Quá trình là đẳng nhiệt nên:

$$A = -n \cdot R \cdot T \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = -2,7 \cdot 10^3 \text{ (J)}$$

7.4.3. Quá trình đẳng nhiệt: $T = \text{const.}$

▣ **Ví dụ 3:** 1,0 mol khí lý tưởng giữ cố định ở 0°C trong quá trình giãn nở từ 3lít đến 10lít.

b) Tính nhiệt lượng mà hệ nhận được

◦ Quá trình là đẳng nhiệt nên: $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = -A = 2,7 \cdot 10^3 \text{ (J)}$

c) Nếu chất khí trở về thể tích ban đầu bằng **quá trình đẳng áp**, thì công mà chất khí thực hiện được bao nhiêu?

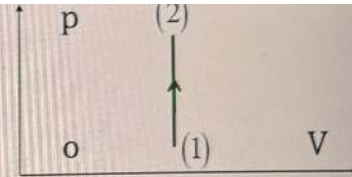
Ta có: $V_1' = 10 \text{ lít; } V_2' = 3 \text{ lít; } p_1 = p_2 = p' = \frac{nRT}{V_1'}$

$$A' = -p'(V_2' - V_1') = -\frac{nRT}{V_1'}(V_2' - V_1') = -\frac{1,8,31 \cdot 273}{10} \cdot (3 - 10) = 1,6 \cdot 10^3 \text{ (J)}$$

với: $p = \frac{nRT}{V_1'}$; $R = 8,31$.

Ví dụ 1: Một bình kín chứa 14 g khí Nitơ ở áp suất 1 at và nhiệt độ là 37°C . Sau khi hơi nóng đẳng tích, áp suất trong bình đạt tới 5at. Biểu diễn quá trình biến đổi trên đồ thị pOV và tính độ biến thiên nội năng của khối khí, nhiệt mà khối khí nhận được?

Ví dụ 1: Một bình kín chứa 14 g khí Nitơ ở áp suất 1 at và nhiệt độ là 37°C. Sau khi hơi nóng đẳng tích, áp suất trong bình đạt tới 5at. Biểu diễn quá trình biến đổi trên đồ thị pOV và tính độ biến thiên nội năng của khối khí, nhiệt mà khối khí nhận được?



$$(1) \begin{cases} n = 0,5 \text{ mol} \\ P_1 = 1 \text{ at} \\ T_1 = 310 \text{ K} \end{cases} \xrightarrow{V_1 = V_2} (2) \begin{cases} P_2 = 5 \text{ at} \\ T_2 = ? \text{ K} \end{cases}$$

Nhiệt độ sau khi hơi nóng:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} = \frac{5 \cdot 310}{1} = 1550^\circ \text{K}$$

Độ biến thiên nội năng của khí:

$$\Delta U = \frac{n i R}{2} (T_2 - T_1) = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 8,31}{2} (1550 - 310) = 12880 \text{ (J)}$$

Nhiệt khối khí nhận:

$$\Delta U = A + Q \Rightarrow Q = \Delta U - A = 12880 \text{ (J)}$$

$$Q = n i R \Delta T$$



7.4.4/ Quá trình đoạn nhiệt

Định nghĩa

Quá trình đoạn nhiệt là một quá trình mà trong đó không có sự truyền nhiệt vào trong cũng như mất nhiệt ra khỏi hệ nhiệt động đang xét. Nói cách khác, quá trình đoạn nhiệt là một quá trình hoàn toàn cách nhiệt ($Q = 0$).

Ví dụ: quá trình nén hoặc giãn khí trong một bình có vỏ cách nhiệt tốt (như bình cách nhiệt).

7.4.4 Quá trình đoạn nhiệt.

a. **Định nghĩa:** Một quá trình được gọi là đoạn nhiệt nếu như hệ cách nhiệt với bên ngoài.

Tức là $\delta Q = 0$ và $Q = 0 \Rightarrow (P, V, T)$ đều thay đổi

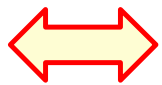
b. Phương trình của các quá trình đoạn nhiệt

◦ Độ biến thiên nội năng:

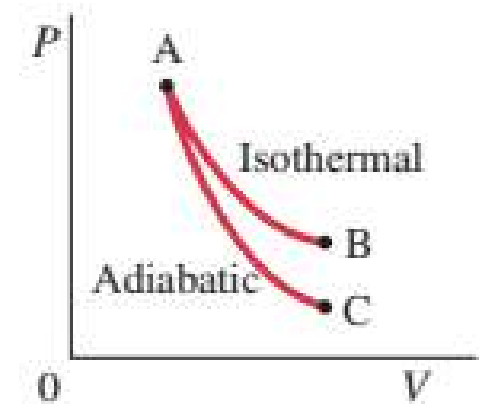
$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T$$

◦ Công mà hệ nhận vào:

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



$$A = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{i}{2} nR(T_2 - T_1)$$



❖ Một số vận dụng:

❑ **Ví dụ 1:** Một khí lí tưởng đơn nguyên tử đựng trong bình trụ kín đầu trên có 1 piston khối lượng 8000g và tiết diện 5cm^2 có thể di chuyển lên–xuống, giữ **cho áp suất không đổi**. Tính công thực hiện lên khối khí để cho nhiệt độ của 0,2mol khí tăng từ 20°C lên 300°C . Biết $R = 8,31\text{J/mol.K}$

❑ **Bài giải:** áp dụng: $PV = n.R.T$

◦ Do là quá trình đẳng áp nên công thực hiện của khối khí là:

Vì đẳng áp:

$$\begin{aligned} A &= -P \cdot (V_2 - V_1) = PV_1 - PV_2 = nRT_1 - nRT_2 \\ &= -nR(T_2 - T_1) = -0,2 \times 8,31 \times (300 - 20) = -465 \text{ (J)} \end{aligned}$$

❑ **Ví dụ 2:** 160g khí ôxy được đun nóng từ 0°C đến 60°C. Tìm nhiệt lượng mà khối khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong hai quá trình: a) đẳng tích và b) đẳng áp

❑ **Bài giải:**

a) Đẳng tích: $V = \text{const}$

➤ Quá trình đẳng tích: $A = 0$

➤ Nhiệt lượng và độ biến thiên nội năng:

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{\nu}{2} R \Delta T \\ &= \frac{160}{32} \cdot \frac{5 \times 8,31}{2} (60 - 0) \\ &= 6232,5 \text{ (J)} \end{aligned}$$

b) Đẳng áp: $p = \text{const}$

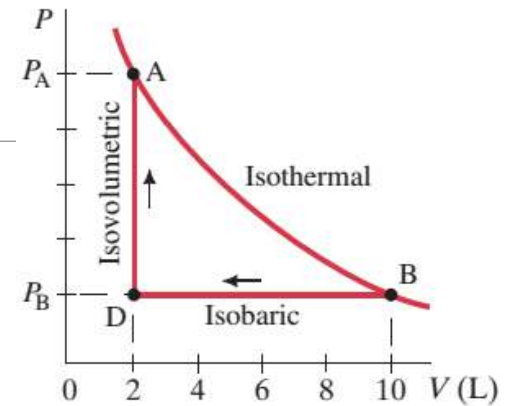
➤ Nhiệt lượng mà khối khí nhận:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \frac{m}{\mu} \left(\frac{\nu}{2} + 1 \right) R \Delta T \\ &= \frac{160}{32} \left(\frac{5}{2} + 1 \right) \cdot 8,31 \cdot (60 - 0) = 8725,5 \text{ (J)} \end{aligned}$$

➤ Độ biến thiên nội năng:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{m}{\mu} \frac{\nu}{2} R \Delta T = \frac{160}{32} \cdot \frac{5 \times 8,31}{2} \cdot (60 - 0) \\ &= 6232,5 \text{ (J)} \end{aligned}$$

Ví dụ 3:** Một chất khí lí tưởng đơn nguyên tử được nén với áp suất không đổi **2atm (tại B)** từ **10lít đến 2lít**. Quá trình này được biểu diễn bởi BD như hình vẽ. Sau đó khí nhận thêm một lượng nhiệt giữ cho thể tích không đổi và áp suất và nhiệt độ tăng (DA) đến khi nhiệt độ đạt giá trị ban đầu của nó ($T_A = T_B$). Trong quá trình BDA, tính công mà khí nhận được và nhiệt lượng tỏa ra khỏi hệ



□ Bài giải:

1i/ Quá trình BD: **Đẳng áp**: $p = \text{const}$: $p = 2 \text{ atm} = 2 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$

◦ Công nhận vào: $A_{BD} = -p_B(V_D - V_B) = -2 \times 1,01 \cdot 10^5 (2 - 10) \times 10^{-3} = 1616 \text{ (J)} (1)$

◦ Nhiệt tỏa ra:

$$Q_{BD} = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \frac{m}{\mu} R (T_D - T_B) = \left(\frac{i}{2} + 1\right) (pV_D - pV_B) = \left(\frac{3}{2} + 1\right) (2 - 10) \times 2 \times 1,01 \cdot 10^5 \times 10^{-3} = -4040 \text{ (J)} (1')$$

□ Bài giải:

2i/ Quá trình DA: **Đẳng tích**: $V = \text{const}$:

◦ Công thực hiện: $A_{DA} = 0$ (2)

◦ Nhiệt nhận vào:

$$Q_{DA} = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R (T_A - T_D) = \frac{i}{2} (p_A V_A - p_D V_D)$$

◦ Với: p_A từ đẳng tích DA:

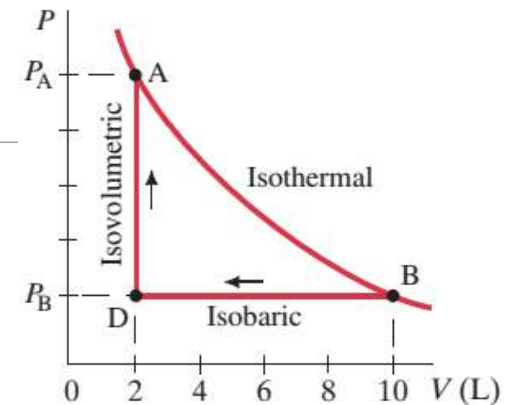
$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_D}{T_D} \Rightarrow p_A = T_A \frac{p_D}{T_D}$$

◦ Mặt khác, BD là đẳng áp nên: $\Rightarrow Q_{DA} = \frac{i}{2} \left(T_A \frac{p_D}{T_D} V_D - p_D V_D \right)$ do $V_A = V_D$

◦ với T_D từ đẳng áp DB:

$$\frac{V_B}{T_B} = \frac{V_D}{T_D} \Rightarrow T_D = T_B \frac{V_D}{V_B} = T_A \frac{V_D}{V_B}$$

$$\Rightarrow Q_{DA} = \frac{i}{2} (p_D V_B - p_D V_D) = \frac{3}{2} (10 - 2) \times 10^{-3} \times 2 \times 1,01 \cdot 10^5 = 2424 \text{ (J)} \quad (2')$$



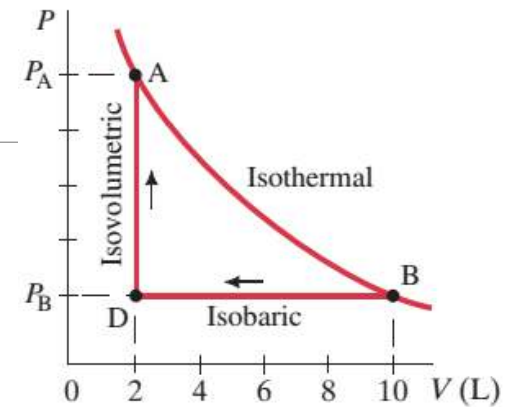
◦ Vậy:

Công mà khối khí nhận vào trên đường BDA:

$$A_{BDA} = A_{BD} + A_{DA} = 1616 + 0 = 1616 \text{ (J)}$$

Nhiệt lượng mà khối khí tỏa ra trên đường BDA:

$$Q_{BDA} = Q_{BD} + Q_{DA} = -4040 + 2424 = -1616 \text{ (J)}$$



❑ **Ví dụ 4:** Trong động cơ, 0,25 mol khí lí tưởng đơn nguyên tử trong xilanh nở nhanh và đoạn nhiệt theo pit-tông. Trong quá trình này, nhiệt độ của khí giảm từ 1150K đến 400K. Tính công thực hiện của khí.

Đáp số: $A = \Delta U = 2300 \text{ J}$

❑ **Bài giải:**

◦ Quá trình đoạn nhiệt: $Q = 0$:

$$\begin{aligned} A &= \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{5}{2} nR(T_2 - T_1) \\ &= \frac{3}{2} \times 0,25 \times 8,31(400 - 1150) = -2337 \text{ (J)} \end{aligned}$$

Câu 1: Một mol khí Oxy giãn đẳng nhiệt ở nhiệt độ 27°C từ $V_1 = 12$ lít đến $V_2 = 19$ lít. Tính công mà khí sinh ra trong quá trình này

- a. 1145 J b. 1138 J c. 1184 J d. 1048 J

$$A = - \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Câu 2: Có 8g khí hydro ở 27°C giãn nở đẳng áp, thể tích tăng gấp 2 lần. Tính công mà khí sinh ra trong quá trình này

- a. 1795 J b. 897 J c. 19944 J d. 9972 J

$$A = -p(V_2 - V_1) = -pV_1 = -n.R.T_1$$

Câu 3: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5$ lít, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6$ lít; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19$ lít. Sau mỗi chu trình biến đổi khí sinh ra công gần giá trị nào nhất?

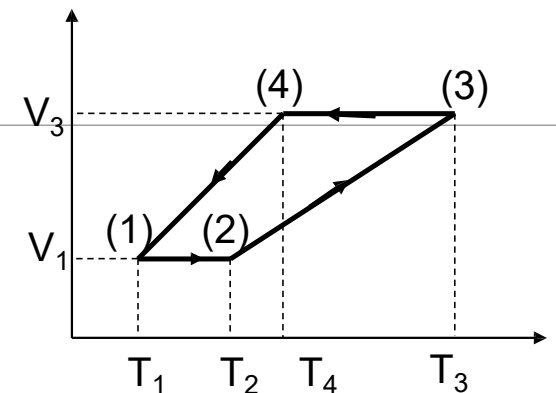
a. 0,2J b. 2J c. 20J d. 200J

□ Bài giải:

- (1) - (2): Đẳng tích $\Rightarrow A_{12}=0$
- (2) - (3): Đẳng áp $\Rightarrow A_{23} = -p(V_3 - V_2) = nRT_2 - nRT_3 = nR(T_2 - T_3)$
- Với: n số mol ở đkc:

$$n = \frac{p_0 V_0}{RT_0} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 8,19 \cdot 10^{-3}}{8,31 \times 273} = 0,36$$

$$T_2 = T_3 \frac{V_2}{V_3} = (127 + 273) \frac{5}{6} = 333,33 \text{ (K)} \quad \Rightarrow \quad A_{23} = -202 \text{ (J)} \quad (\text{sinh công})$$

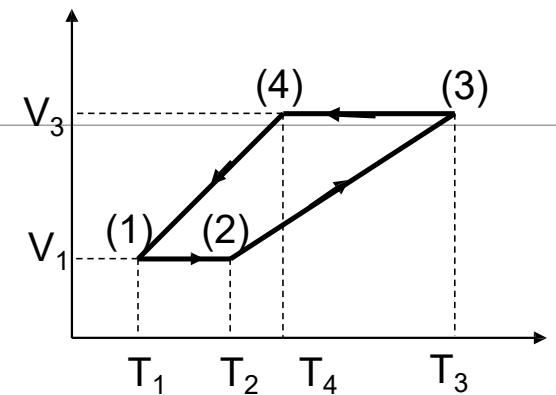


Hình 6.1

Câu 4: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5$ lít, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6$ lít; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19$ lít. Sau mỗi chu trình biến đổi khí sinh ra công gần giá trị nào nhất?

a. 0,2J b. 2J c. 20J d. 200J

□ Bài giải:



Hình 6.1

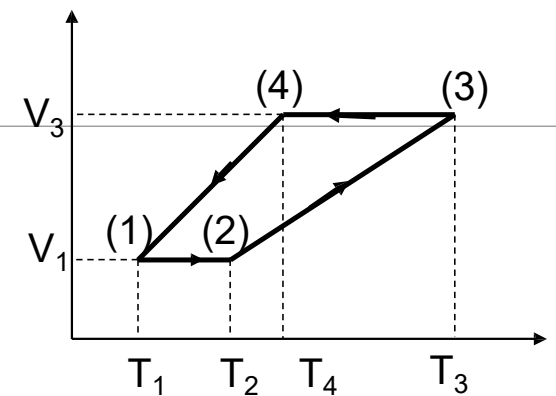
- (3) - (4): Đẳng tích $\Rightarrow A_{34}=0$
- (4) - (1): Đẳng áp $\Rightarrow A_{41} = -p(V_1 - V_4) = nRT_4 - nRT_1 = nR(T_4 - T_1)$
- Với

$$T_4 = T_1 \frac{V_4}{V_1} = (27 + 273) \frac{6}{5} = 360 \text{ (K)} \Rightarrow A_{41} = 181,8 \text{ (J)} \quad (\text{nhận công})$$

Vậy công sinh ra sau mỗi chu trình: $A = A_{23} + A_{41} = -20,2 \text{ (J)}$

Câu 5: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5\text{lít}$, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6\text{ lít}$; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19\text{ lít}$. Trong quá trình biến đổi từ (2) sang (3), khí nhận hay sinh ra công gần giá trị nào nhất?

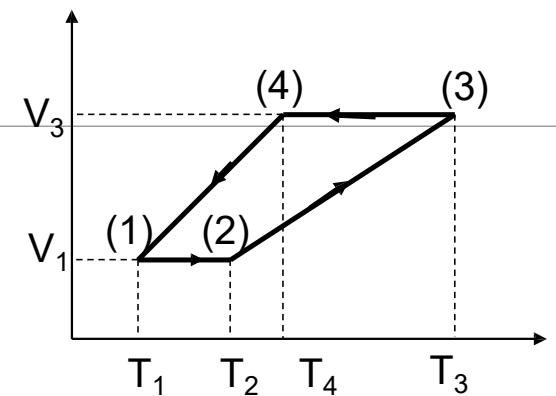
- a. Nhận 180J
- b. Sinh 180J
- c. Nhận 200J
- d. Sinh 200J



Hình 6.1

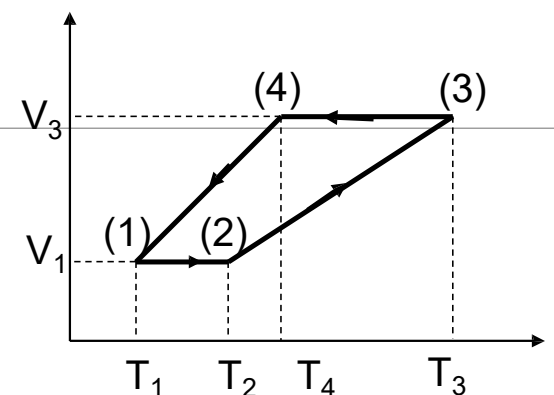
Câu 6: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5\text{lít}$, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6\text{ lít}$; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19\text{ lít}$. Trong quá trình biến đổi từ (4) đến (1), khí nhận hay sinh ra công gần giá trị nào nhất?

- a. Nhận 180J
- b. Sinh 180J
- c. Nhận 200J
- d. Sinh 200J



Hình 6.1

Câu 7: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5\text{lít}$, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6\text{ lít}$; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19\text{ lít}$. Trong quá trình biến đổi từ (1) đến (2), khí nhận hay sinh ra công gần giá trị nào nhất?



Hình 6.1

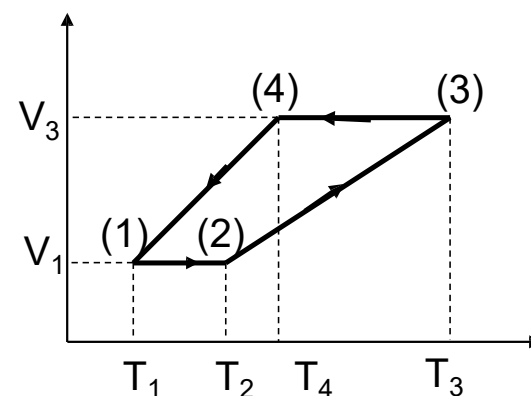
- a. Nhận 154J
- b. Sinh 154J
- c. Nhận 152J
- d. Sinh 152J

□ Bài giải:

$$(3) - (4): \text{Đẳng tích: } Q_{12} = n \frac{iR}{2} (T_2 - T_1) = 0,365 \times \frac{3 \times 8,31}{2} \times (333,33 - 300) = 151,4 \text{ (J)}$$

Câu 8: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5\text{lít}$, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6\text{ lít}$; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19\text{ lít}$. Trong quá trình biến đổi từ (2) đến (3), khí nhận hay sinh ra bao nhiêu nhiệt?

- a. Nhận 506J
- b. Sinh 506J
- c. Nhận 148,6J
- d. Sinh 148,6J

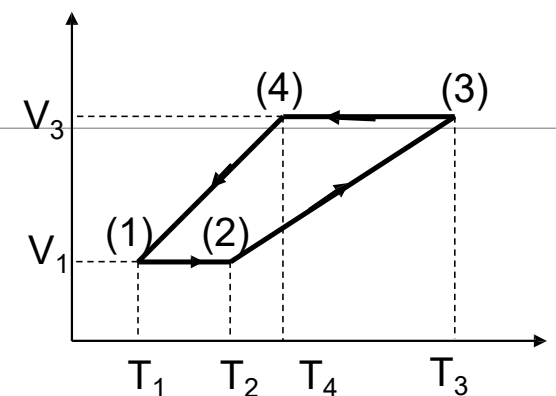


Hình 6.1

$$Q_{23} = n \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R (T_3 - T_2) = 0,365 \times \frac{5 \times 8,31}{2} \times (400 - 333,33) = 505,5 \text{ (J)}$$

Câu 9: Một chất khí lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi theo đồ thị như hình 6.1. Biết $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_1 = 5\text{lít}$, $t_3 = 127^\circ\text{C}$, $V_3 = 6\text{ lít}$; ở điều kiện tiêu chuẩn khối khí có thể tích $V_0 = 8,19\text{ lít}$. Trong quá trình biến đổi từ (3) đến (4), khí nhận hay sinh ra bao nhiêu nhiệt?

- a. Nhận 181,8J
- b. Sinh 181,8J
- c. Nhận 304J
- d. Sinh 304J



Hình 6.1

$$Q_{34} = n \frac{iR}{2} (T_4 - T_3) = 0,365 \times \frac{3 \times 8,31}{2} \times (360 - 400) = -181,8 \text{ (J)}$$



Thank you



NGUYỄN THỊ HUYỀN NGA

Email: nthnga@hcmus.edu.vn

