

CHƯƠNG 6

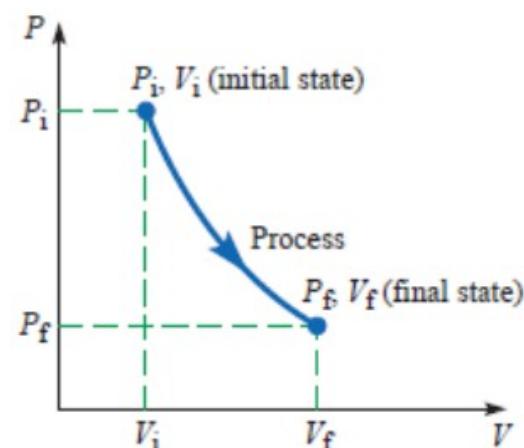
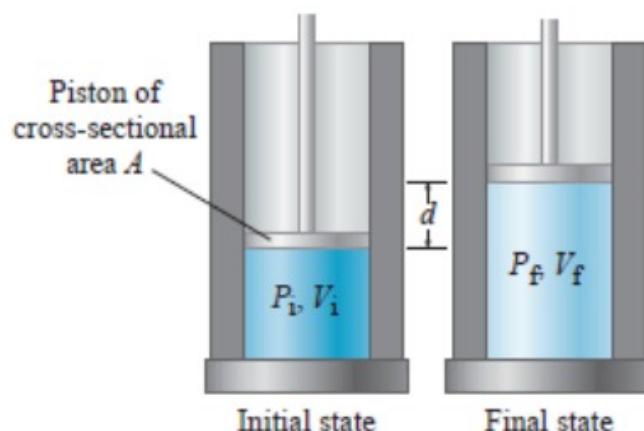
NGUYÊN LÝ THỦ NHẤT

NHIỆT ĐỘNG HỌC



I. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng

- Trạng thái cân bằng của 1 hệ là trạng thái mà các thông số trạng thái của hệ có giá trị hoàn toàn xác định.
- Quá trình cân bằng là quá trình biến đổi gồm 1 chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.



$$P_1, V_1, T_1 \rightarrow P_2, V_2, T_2 \rightarrow P_3, V_3, T_3$$

II. Khái niệm về năng lượng, công và nhiệt lượng

II.1. Năng lượng (U):

- Năng lượng của hệ chính là nội năng của hệ.

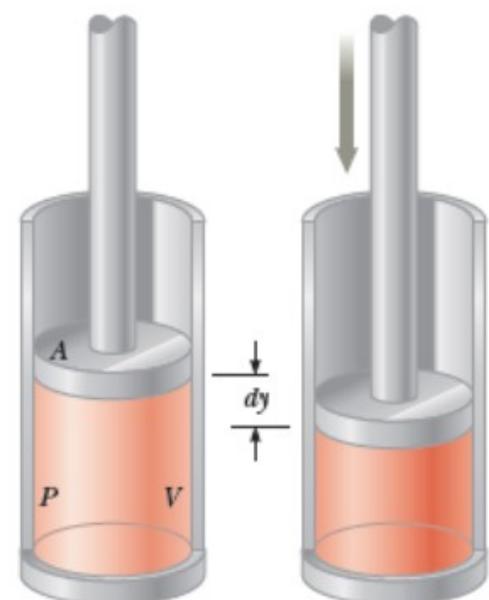
II.2. Công (A):

- Công gắn liền với quá trình biến đổi thể tích.

- Qui ước:

$A > 0$: Hệ nhận công từ bên ngoài

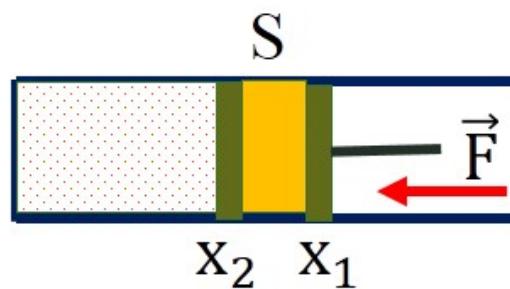
$A < 0$: Hệ sinh công



II. Khái niệm về năng lượng, công và nhiệt lượng (tt)

II.2. Công (A) (tt)

Biểu thức tính công trong một quá trình cân bằng



$$dA = -Fdx = -pSdx = -pdV > 0$$

Trong đó: $dx = x_2 - x_1 < 0$

$$dA = -pdV$$

$$p = F/S$$



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

II. Khái niệm về năng lượng, công và nhiệt lượng (tt)

II.3. Nhiệt lượng (Q)

Nhiệt lượng là phần năng lượng nhiệt mà hệ trao đổi với môi trường xung quanh.

Qui ước:

$Q > 0$: Hệ nhận nhiệt

$Q < 0$: Hệ tỏa nhiệt

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học

III.1. Phát biểu:

Độ biến thiên nội năng (năng lượng) của 1 hệ trong 1 quá trình biến đổi bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận vào trong quá trình đó.

$$\Delta U = A + Q$$

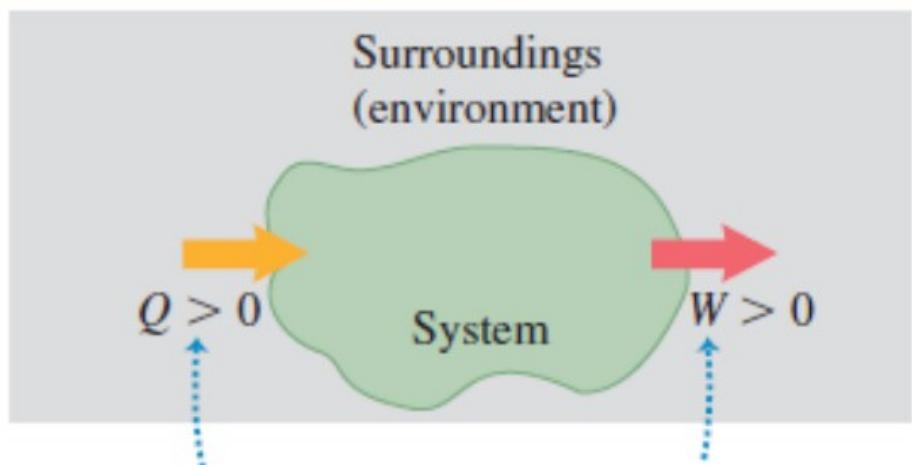
A: Công (J)

Q: Nhiệt lượng (J)

ΔU : Độ biến thiên nội năng (J)

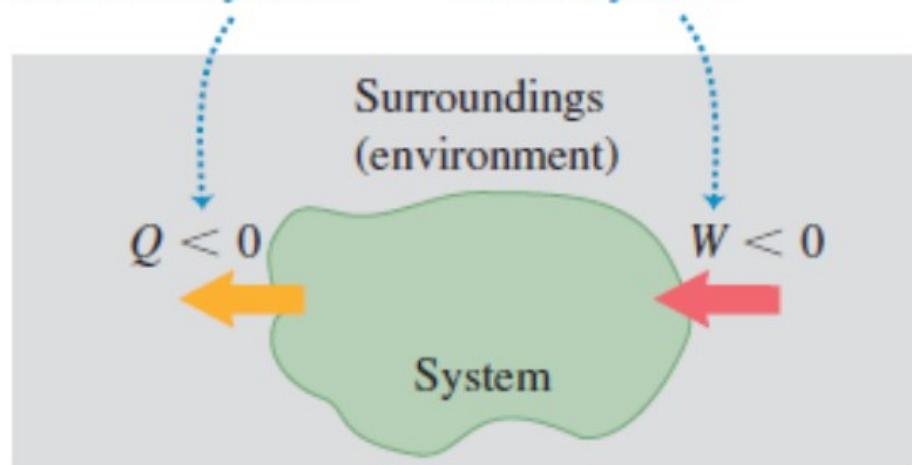
Table 15.1 Sign Conventions for the First Law of Thermodynamics

Quantity	Definition	Meaning of + Sign	Meaning of – Sign
Q	Heat flow into the system	Heat flows <i>into</i> the system	Heat flows <i>out of</i> the system
W	Work done <i>on</i> the system	Surroundings do <i>positive</i> work on the system	Surroundings do <i>negative</i> work on the system (system does positive work on the surroundings)
ΔU	Internal energy change	Internal energy <i>increases</i>	Internal energy <i>decreases</i>



Heat is positive when it *enters* the system, negative when it *leaves* the system.

Work is positive when it is done *by* the system, negative when it is done *on* the system.



Một hệ nhiệt động có thể trao đổi năng lượng với môi trường bên ngoài dưới dạng nhiệt và công.

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.2. Động cơ vĩnh cửu loại 1:

Một động cơ có khả năng sinh công mà không cần nhận năng lượng đầu vào là động cơ vĩnh cửu loại 1.

Hệ quả:

Không thể chế tạo động cơ vĩnh cửu loại 1.



III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

III.3.1. Quá trình đẳng tích ($V = \text{const}$)

* Công hệ nhận được:

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

* Độ biến thiên nội năng:

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

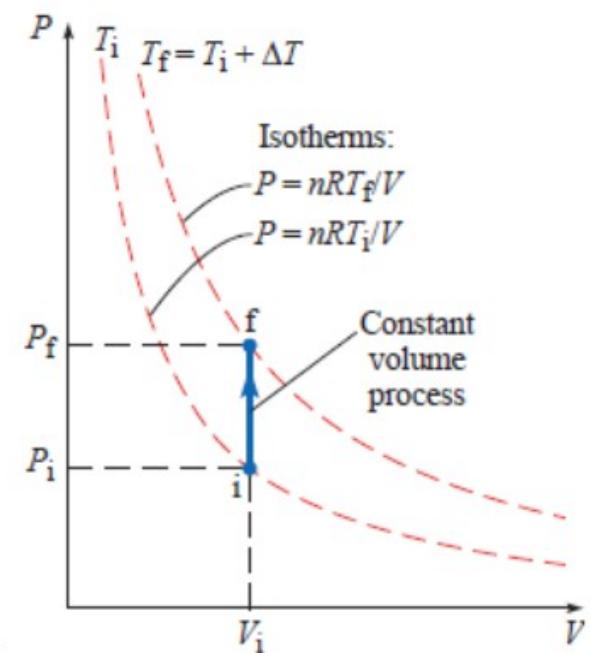
* Nhiệt lượng hệ nhận được:

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

$\Delta U = A + Q$

$(V = \text{const})$

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad (C_V: \text{Nhiệt dung đẳng tích})$$



Biểu đồ P-V
(quá trình đẳng tích)

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

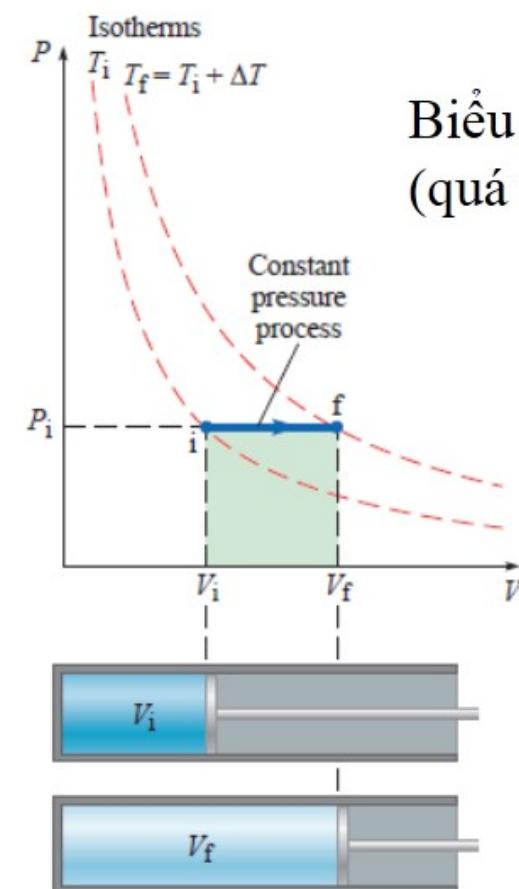
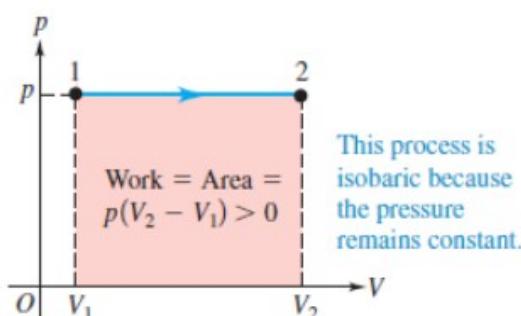
III.3.2. Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$)

* Công hệ nhận được:

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

* Độ biến thiên nội năng:

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



III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

III.3.2. Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$) (tt)

* Nhiệt lượng hệ nhận được: $Q = \Delta U - A = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T + p(V_2 - V_1)$

$$\rightarrow Q = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T + \frac{m}{\mu} RT_2 - \frac{m}{\mu} RT_1 \quad \rightarrow Q = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T + \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$\rightarrow Q = \frac{m}{\mu} \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R \Delta T \quad \rightarrow Q = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T$$

$$\boxed{\Delta U = A + Q}$$

$$C_P = \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R \quad (C_P: \text{Nhiệt dung đẳng áp})$$

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

III.3.2. Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$) (tt)

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

$$\rightarrow \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{i}{2}R + R}{\frac{i}{2}R} = 1 + \frac{2}{i} = \gamma$$

$$\rightarrow \gamma = 1 + \frac{2}{i} \quad (\gamma \text{ là h}\dot{\text{e}} \text{ số Poisson})$$

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

III.3.3. Quá trình đẳng nhiệt ($T = \text{const}$)

* Công hệ nhận được: $A = - \int_{V_1}^{V_2} pdV$ với $pV = p_1V_1 = p_2V_2 = \text{const}$

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

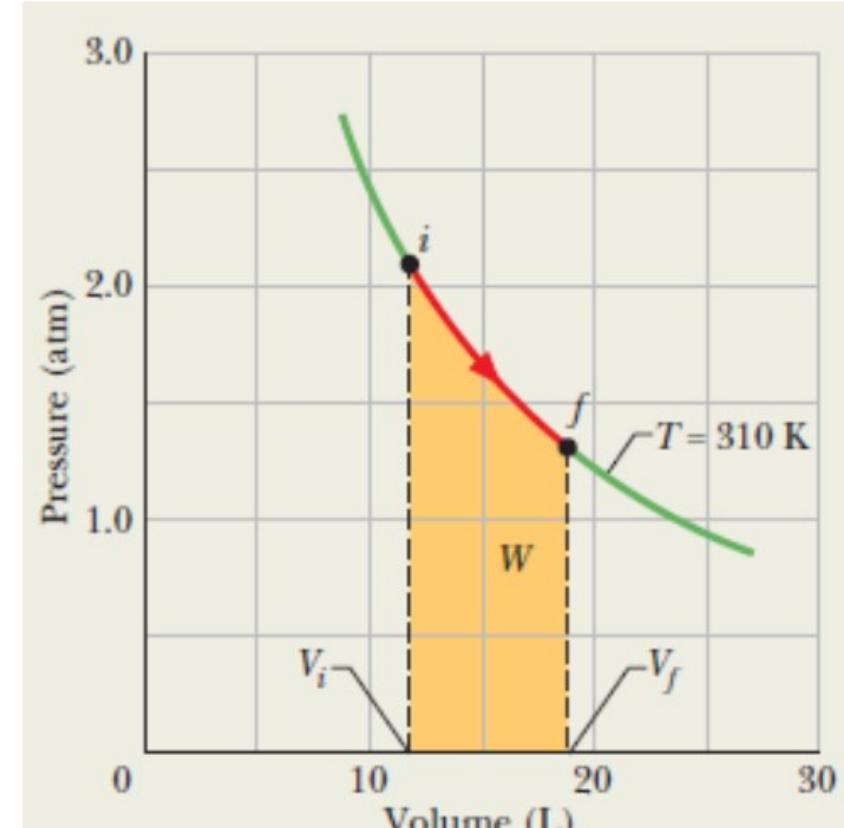
$$\rightarrow A = -\frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\begin{aligned} \ln(x) \\ \ln(A) - \ln(B) = \ln(A/B) \end{aligned}$$

* Độ biến thiên nội năng: $\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = 0$ * Nhiệt lượng hệ nhận: $Q = -A$

$$\boxed{\Delta U = A + Q}$$

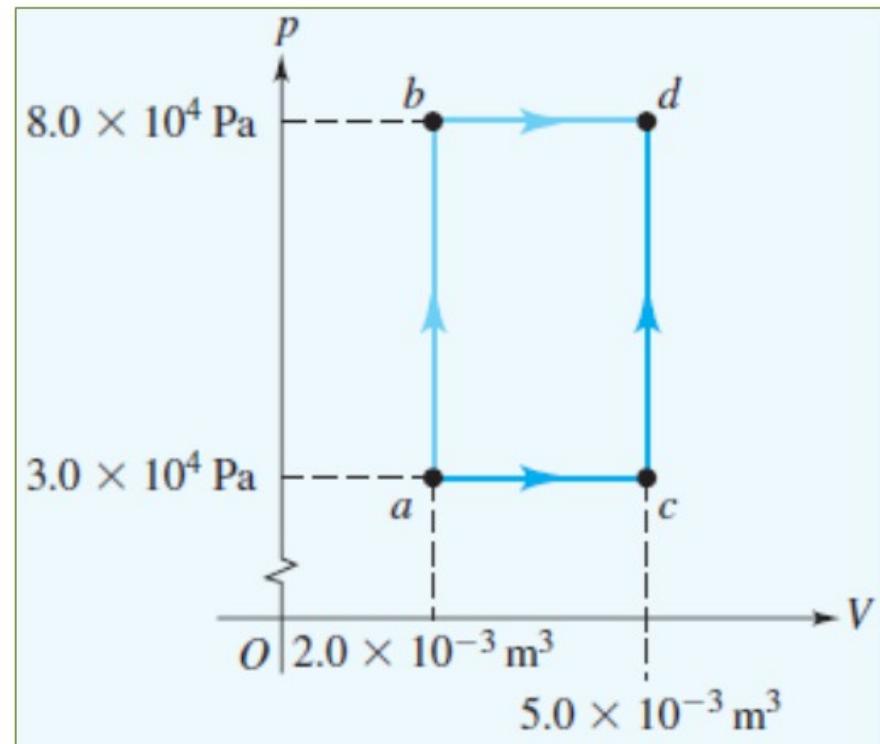
Ví dụ 1: Một mol khí Oxy giãn nở
đăng nhiệt ở nhiệt độ $T = 310\text{ K}$ từ thể
tích $V_1 = 12\text{ lít}$ đến thể tích $V_2 = 19\text{ lít}$.
Xác định công của khí thực hiện trong
suốt quá trình giãn nở.



Ví dụ 2:

Các quá trình nhiệt động được thể hiện trong biểu đồ p-V như hình vẽ. Trong quá trình ab, hệ nhận nhiệt 150 J, trong quá trình bd, hệ nhận nhiệt 600 J.

- Tính độ biến thiên nội năng trong quá trình ab
- Tính độ biến thiên nội năng trong quá trình abd
- Nhiệt lượng hệ nhận được trong quá trình acd



Ví dụ 3:

Một khối khí lý tưởng trải qua quá trình biến đổi
đangkan tích. Chọn phát biểu đúng:

- A. Áp suất khí không đổi
- B. NỘI năng của khí không đổi.
- C. Công mà khối khí thực hiện hoặc nhận vào
bằng không.
- D. Nhiệt độ khối khí không đổi

Ví dụ 4:

Một khối khí lý tưởng trải qua quá trình dẫn nở đoạn nhiệt.

- A. nhiệt độ của khí không đổi
- B. Nội năng của khí không đổi
- C. Công do khối khí thực hiện hoặc nhận vào bằng không
- D. Hệ không trao đổi nhiệt lượng với môi trường ngoài

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

III.3.4. Quá trình đoạn nhiệt ($Q = 0$)

$$Q \neq T$$

Quá trình đoạn nhiệt là quá trình hệ không trao đổi nhiệt lượng với môi trường bên ngoài ($Q = 0$)

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

$$\gamma = 1 + \frac{2}{i}$$

(γ là hệ số Poisson)

* Độ biến thiên nội năng:

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

* Công hệ nhận được: $A = \Delta U - Q = \Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

$$\Delta U = A + Q$$

$$A = \frac{(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\gamma - 1}$$

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

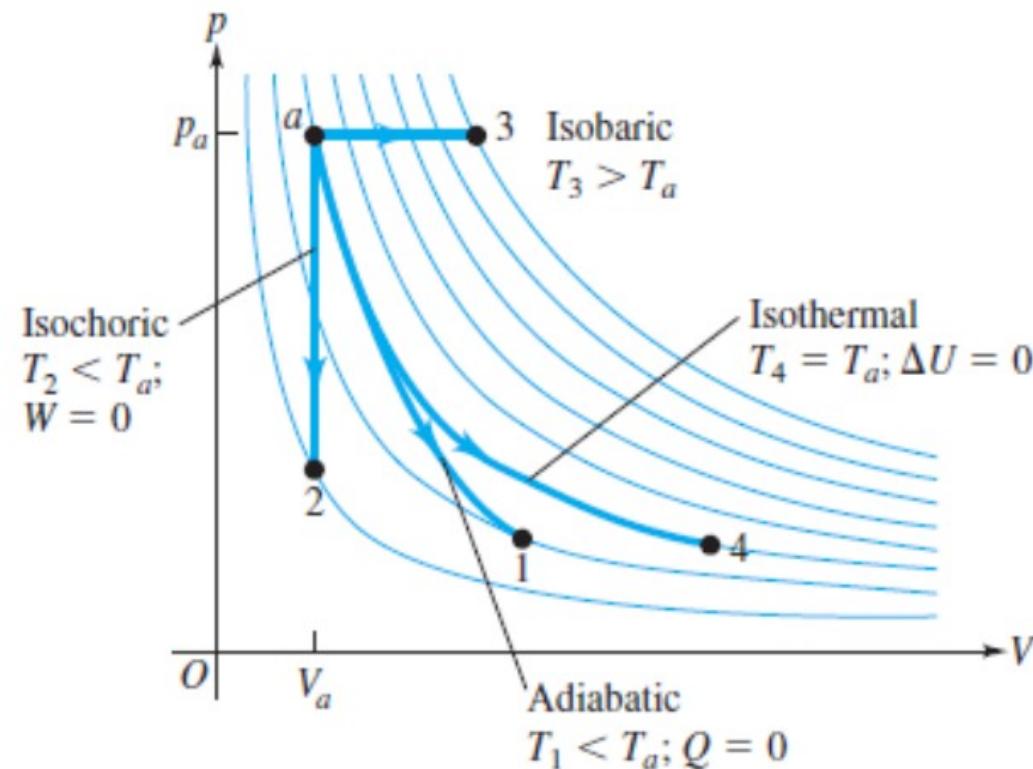


Table 15.2 Summary of Thermodynamic Processes

Process	Name	Condition	Consequences
Constant temperature	Isothermal	$T = \text{constant}$	(For an ideal gas, $\Delta U = 0$)
Constant pressure	Isobaric	$P = \text{constant}$	$W = -P \Delta V$
Constant volume	Isochoric	$V = \text{constant}$	$W = 0; \Delta U = Q$
No heat flow	Adiabatic	$Q = 0$	$\Delta U = W$

III. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học (tt)

III.3. Ứng dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học để nghiên cứu các quá trình biến đổi của khí lý tưởng

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

$$U = \frac{m i}{\mu^2} RT$$

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

$$\Delta U = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$\Delta U = A + Q$$

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

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

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1 + \frac{2}{i}$$

• $V = \text{const}$

$$A = 0$$

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

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$(P/T = \text{const})$$

• $p = \text{const}$

$$A = p(V_1 - V_2)$$

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

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$(V/T = \text{const})$$

• $T = \text{const}$

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

$$Q = -A$$

$$\Delta U = 0$$

$$(pV = \text{const})$$

• Đoạn nhiệt

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1}$$

$$Q = 0$$

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T = A$$

$$(PV^\gamma = \text{const}; TV^{\gamma-1} = \text{const})$$

BẢNG TÓM TẮT CÔNG THỨC (trang 174 SBH)

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

$$\Delta U = A + Q$$

• **V = const**

(P/T = const)

• **p = const**

(V/T = const)

• **T = const**

(pV = const)

• **Đoạn nhiệt**

(PV^γ = const; TV^{γ-1} = const)

$$U = \frac{m i}{\mu^2} RT$$

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

$$A = 0$$

$$A = p(V_1 - V_2)$$

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_1}{V_2} = pV \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1}$$

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

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

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

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

$$Q = -A$$

$$Q = 0$$

$$\Delta U = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1 + \frac{2}{i}$$

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m i}{\mu^2} R \Delta T$$

$$\Delta U = 0$$

$$\Delta U = A$$

m (kg, g): khối lượng

p (N/m²): áp suất

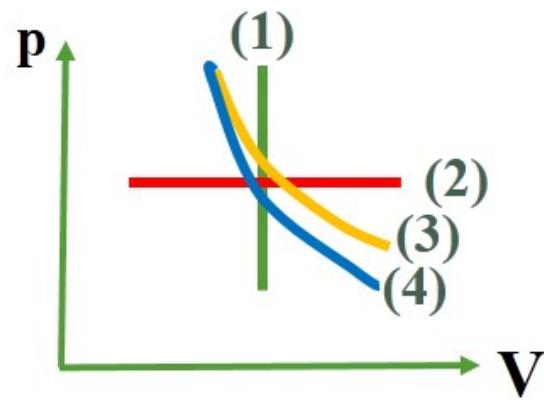
V (m³): thể tích

T (K): nhiệt độ

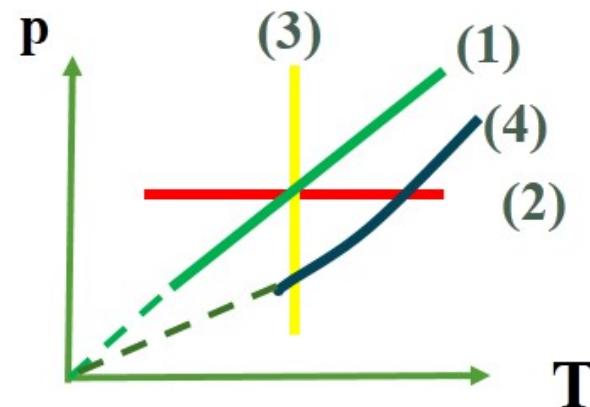
μ (kg/kmol, g/mol)

R = 8,31 · 10³ (J/kmol.K)

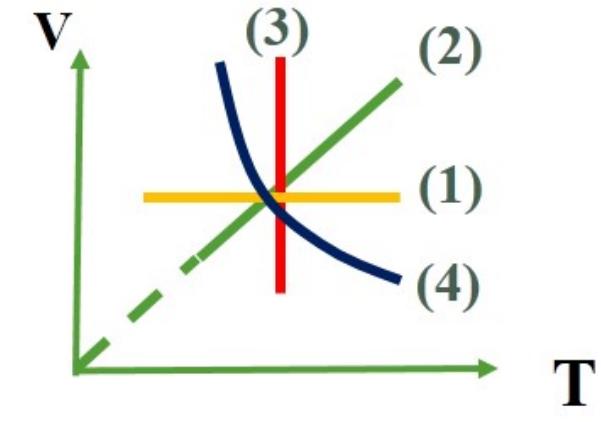
R = 8,31 (J/mol.K)



- (1) Đẳng tích: $V = \text{const}$
- (2) Đẳng áp: $p = \text{const}$
- (3) Đẳng nhiệt: $pV = \text{const}$
- (4) Đoạn nhiệt: $pV^\gamma = \text{const}$



- (1) Đẳng tích: $p/T = \text{const}$
- (2) Đẳng áp: $p = \text{const}$
- (3) Đẳng nhiệt: $T = \text{const}$
- (4) Đoạn nhiệt: $p = T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$



- (1) Đẳng tích: $V = \text{const}$
- (2) Đẳng áp: $V/T = \text{const}$
- (3) Đẳng nhiệt: $T = \text{const}$
- (4) Đoạn nhiệt: $V = T^{\frac{1}{1-\gamma}}$

Bài 8.1 trang 175 Sách Bài Học

Hãy tìm công khi làm dãn nở đẳng áp $1,6 \text{ kg khí Oxy}$ khi nung nóng nó lên 10°C .

ĐS: -4155 J

Bài 8.2 trang 175 Sách Bài Học

160 g khí Oxy được nung nóng từ nhiệt độ $50^{\circ}C$ đến $60^{\circ}C$. Tìm nhiệt lượng mà khối khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong hai quá trình nhiệt động là $\text{đ}\ddot{\text{a}}\text{ng tích}$ và $\text{đ}\ddot{\text{a}}\text{ng áp}$.

ĐS: a) 1038 J b) 1454 J; 1038 J

Bài 8.3 trang 175 Sách Bài Học

Nén **đoạn nhiệt** một khối khí có khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ cho tới khi thể tích của nó bằng $1/10$ thể tích ban đầu thì nhiệt độ của khối khí tăng từ 300 K lên đến $753,5 \text{ K}$. Cho biết công tiêu thụ khi nén khí là 673 kJ . Hỏi chất khí đó là chất khí gì?

ĐS: Ni tơ.

Bài 8.4 trang 175 Sách Bài Học

Người ta nung nóng **đẳng áp** 10 g khí Oxy ở áp suất 3 atm, nhiệt độ là $10^{\circ}C$ để khí dãn nở đến thể tích bằng 10 lít. Hãy xác định:

- a) Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí ($Q = ?$)
- b) Độ biến thiên nội năng của khối khí ($\Delta U = ?$)
- c) Công do khí sinh ra khi dãn nở ($A = ?$)

Bài 8.5 trang 175 Sách Bài Học

Có 56 g khí Ni tơ ở áp suất 1 atm và nhiệt độ $27^{\circ}C$, được đựng trong bình kín. Biết rằng sau khi hơ nóng thì áp suất trong bình đạt 5 atm. Hỏi:

- a) Nhiệt độ của khối khí trong bình lên đến bao nhiêu? ($T = ?$)
- b) Thể tích của bình ($V = ?$)
- c) Độ tăng nội năng của khí trong bình ($\Delta U = ?$)

Bài 8.6 trang 175 Sách Bài Học

Một chất khí 2 nguyên tử có thể tích $V_1 = 0,5$ lít và áp suất $p_1 = 0,5$ atm. Nó bị nén đoạn nhiệt đến thể tích V_2 và áp suất p_2 . Sau đó, người ta giữ nguyên thể tích V_2 và làm lạnh nó đến nhiệt độ ban đầu, khi đó áp suất là $p_3 = 1$ atm. Hãy vẽ đồ thị của quá trình đó trong mặt phẳng (p, V) , (V, T) . Tính V_2 và p_2 .

Bài 8.7 trang 176 Sách Bài Học

Một khối khí Ni tơ ở áp suất $p_1 = 1$ atm thể tích $V_1 = 10$ lít được dãn nở đến thể tích gấp đôi. Tìm áp suất cuối cùng và công của khí sinh ra. Nếu quá trình dãn nở đó là:

- a) Đẳng áp
- b) Đẳng nhiệt
- c) Đoạn nhiệt

Bài 8.8 trang 176 Sách Bài Học

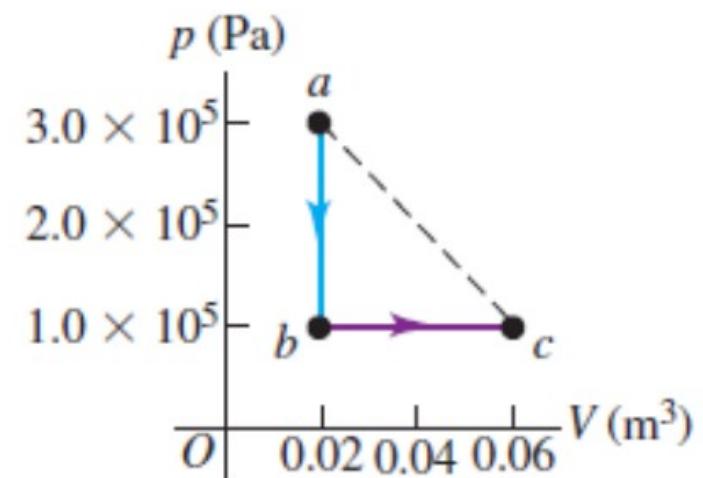
Nén đoạn nhiệt một khối khí CO_2 có $m = 3 \text{ kg}$ ở nhiệt độ $T_1 = 300 K$ tới khi thể tích của nó bằng $1/10$ thể tích ban đầu. Xác định công tiêu tốn cho quá trình nén đó. Giả thiết CO_2 là khí lý tưởng.

BÀI TẬP LÀM THÊM

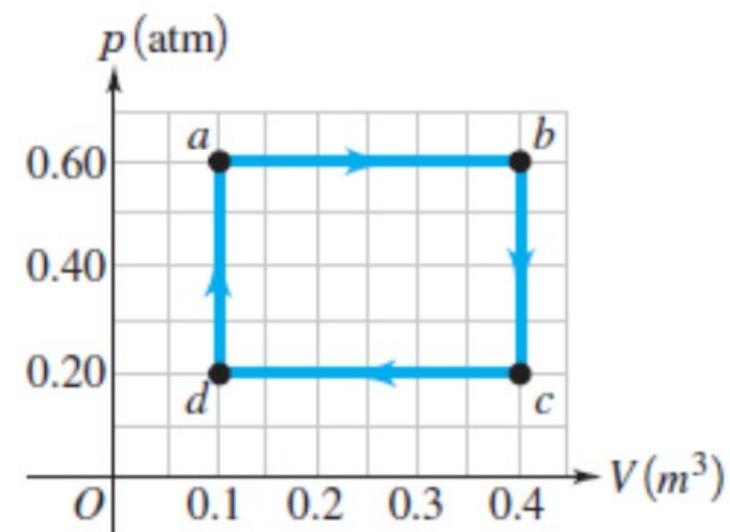


1. Một khí lý tưởng được làm lạnh với thể tích không đổi từ trạng thái a sang b. Sau đó được dẫn nở đẳng áp từ b sang c.

- a) Xác định nhiệt độ cuối cùng so với nhiệt độ ban đầu của khí.
- b) Xác định nhiệt lượng khí trao đổi với môi trường ngoài (nhiệt lượng hấp thụ hay mất mát cho môi trường ngoài)

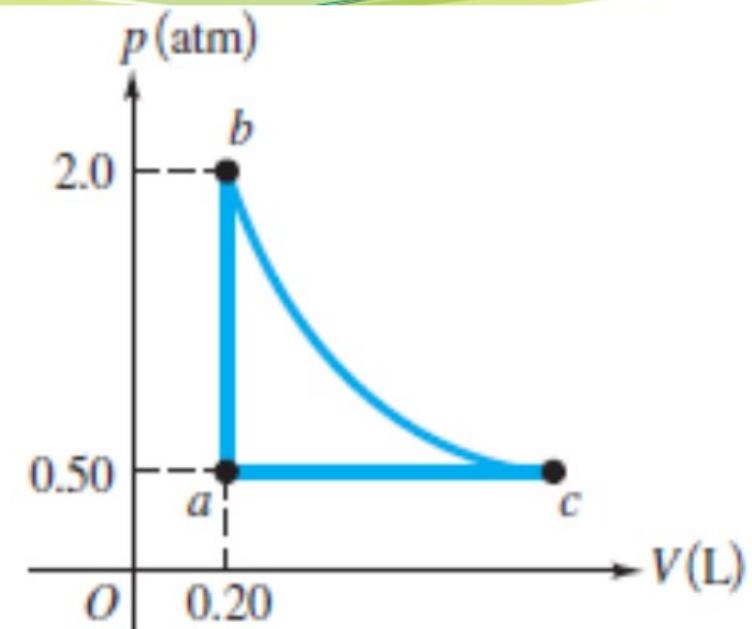


2. Hình vẽ thể hiện một khối khí lý tưởng Oxy có số mol là 1,1 mol
- a) Xác định nhiệt độ khí tại a,b,c,d
 - b) Xác định nhiệt lượng khí nhận được trong giai đoạn ab, bc, cd và da.



3. Đồ thị P-V của một khí lý tưởng có số mol là 0,004 mil. Nhiệt độ khí không đổi trong giai đoạn bc.

- a) Xác định thể tích của khí tại c
- b) Xác định nhiệt độ của khí tại a,b,c
- c) Nhiệt lượng mà khí nhận được trong giai đoạn ab, ca, bc



Câu: Có 84 g khí Nitơ (N_2) ở áp suất 2 atm và nhiệt độ 27^0C , đựng **trong bình kín**. Biết rằng sau khi hơ nóng thì áp suất trong bình đạt 6 atm (Cho $R = 8,31 \times 10^3 \text{ J/kmolK}$; $R = 8,31 \text{ J/molK}$; $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$; $\mu_{\text{Nitơ}} = 28 \text{ kg/kmol}$; $i = 5$). Tính:

- a) Nhiệt độ của khối trong bình lên đến bao nhiêu?
- b) Thể tích của bình?
- c) Độ biến thiên nội năng ΔU của khối khí trong bình?