

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 1

CƠ NHIỆT

GV: TRỊNH HOA LĂNG

19 December 2021



CƠ NHIỆT: BÀI 6 NGUYÊN LÝ THỦY NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC- GV: TRỊNH HOA LĂNG

BÀI 6 NGUYÊN LÝ THỨ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC



1

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

2

NĂNG LƯỢNG: CÔNG & NHIỆT

3

NGUYÊN LÝ THỨ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I

5

CƠ CHẾ TRUYỀN NĂNG LƯỢNG



James Prescott Joule British physicist (1818–1889) Joule received some formal education in mathematics, philosophy, and chemistry but was in large part self-educated. His research led to the establishment of the principle of conservation of energy. His study of the quantitative relationship among electrical, mechanical, and chemical effects of heat culminated in his discovery in 1843 of the amount of work required to produce a unit of energy, called the mechanical equivalent of heat. (By kind permission of the President and Council of the Royal Society)

Giữa thế kỷ 19 các thực nghiệm được thực hiện bởi James Joule và những nhà nghiên cứu khác đã chứng tỏ rằng năng lượng có thể được thêm vào (hoặc được lấy đi từ) một hệ bởi nhiệt hay công thực hiện trên hệ. Ngày nay ta biết rằng nội năng có thể được chuyển đổi thành cơ năng. Kể từ khi khái niệm năng lượng có kể đến cả nội năng thì định luật bảo toàn năng lượng trở thành quy luật phổ quát của vũ trụ.

Trước khi bắt đầu tìm hiểu về các nguyên lý nhiệt động thì điều rất quan trọng là phải phân biệt được sự khác nhau của **NỘI NĂNG** và **NHIỆT (NHIỆT LƯỢNG)**.

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

1

Là tổng tất cả các năng lượng của nguyên tử hay phân tử trong hệ được xác định trong hệ quy chiếu nghỉ đối với khối tâm của hệ các nguyên tử hay phân tử khí.

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

1 NỘI NĂNG

• **Nội năng của hệ chất khí bao gồm:**

- Động năng tịnh tiến và động năng quay của phân tử khí do chuyển động ngẫu nhiên của từng phân tử khí.
- *Năng lượng dao động – kể cả động năng và thế năng của phân tử và nguyên tử trong phân tử do các dao động ngẫu nhiên quanh điểm cân bằng của phân tử.*
- Thế năng do tương tác giữa các nguyên tử hay phân tử trong hệ.
- *Năng lượng hóa học và năng lượng hạt nhân gồm động năng và thế năng của các nguyên tử liên kết với nhau hình thành nên phân tử và năng lượng liên kết của electron với hạt nhân để hình thành nên nguyên tử, và năng lượng liên kết của proton và neutron để hình thành nên hạt nhân.*

Nội năng của hệ chất khí không bao gồm:

- Động năng phân tử do sự tịnh tiến, quay hay dao động của cả hệ hay một phần vĩ mô của hệ.
- Thế năng do tương tác của các phân tử của hệ với những thứ ở bên ngoài hệ như trường trọng lực, v.v...

N phân tử khí, mỗi phân tử khí có khối lượng m thì NỘI NĂNG khí lý tưởng U được tính:

$$U = N\varepsilon_{\text{đ}} = N \frac{1}{2} m \overline{v^2} \quad (1)$$

Theo phần động học phân tử khí thì

$$\frac{m \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} k_B T \quad (2)$$

$$n = N/N_A \quad R = N_A k_B$$

$$U = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T \quad (3)$$

Hệ số 3 ở bên phải được gọi là bậc tự do của nguyên tử hay phân tử khí

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

NỘI NĂNG KHÍ LÝ TƯỞNG

Một cách tổng quát ta biểu diễn nội năng của khí lý tưởng như sau:

$$U = \frac{i}{2} N k_B T = \frac{i}{2} n R T \quad (6)$$

Với i là bậc tự do của phân tử khí và i có các giá trị:

Với khí là đơn nguyên tử thì: $i = 3$.

Với khí là phân tử khí gồm 2 nguyên tử thì: $i = 5$.

Với khí là phân tử gồm từ 3 nguyên tử khí trở lên thì: $i = 6$.

Hệ chất khí có số phân tử khí $N = \text{const} \Rightarrow$ độ biến thiên nội năng của chất khí ΔU theo ΔT như sau

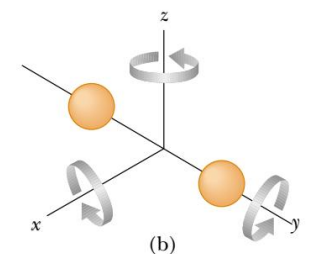
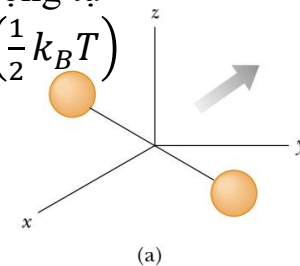
$$\Delta U = \frac{i}{2} N k_B \Delta T = \frac{i}{2} n R \Delta T \quad (7)$$

Nếu xét dT thì độ biến thiên nội năng vi phân là

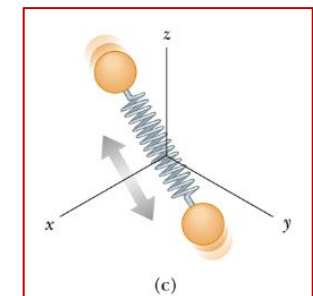
$$dU = \frac{i}{2} N k_B dT = \frac{i}{2} n R dT \quad (8)$$

Dùng giá trị này kiểm tra lại giá trị của nhiệt dung đẳng tích thì không phù hợp với thực nghiệm \Rightarrow bỏ 2 bậc tự do này cho trường hợp khí lý tưởng.

$i = 3$ chuyển động tự do nên có $3 \times \left(\frac{1}{2} k_B T\right)$



$+ 2 \times \left(\frac{1}{2} k_B T\right) \Rightarrow i = 3 + 2 = 5$



$+ 2 \times \left(\frac{1}{2} k_B T\right) \Rightarrow i = 3 + 2 + 2 = 7$



Benjamin Thompson
(1753–1814).

GIẢI THÍCH

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

1

NHIỆT LƯỢNG - TÍNH TƯƠNG
ĐƯƠNG CƠ NĂNG - NHIỆT NĂNG

Có nhiều thí nghiệm đã chứng tỏ rằng sự mất mát cơ năng không đơn giản chỉ là sự biến mất cơ năng mà là sự biến đổi thành một dạng năng lượng khác được gọi là nội năng.

Ví dụ như ta lấy búa đóng cây đinh vào tấm gỗ, điều gì xảy ra khi cơ năng của búa truyền vào đinh đóng vào gỗ????

Mặc dù mối liên hệ giữa cơ năng và nội năng lần đầu tiên được đưa ra bởi Benjamin – Thompson nhưng Joules đã là người thực hiện thí nghiệm và thiết lập hệ thức tương đương này.

NHIỆT LƯỢNG: Được định nghĩa như sự truyền năng lượng qua đường biên (thành bình chứa khí) do sự khác biệt nhiệt độ giữa hệ và môi trường xung quanh.

Ví dụ như bạn đun nước, khi đó ấm nước được tiếp xúc với lửa là môi trường có nhiệt độ cao hơn nước nên nước nhận năng lượng nhiệt từ môi trường lửa.

NHIỆT LƯỢNG như một dòng chảy năng lượng được gọi là caloric được truyền giữa hai vật => định nghĩa nhiệt lượng theo sự thay đổi nhiệt độ của vật trong quá trình làm nóng vật



James Prescott Joule British physicist (1818–1889) Joule received some formal education in mathematics, philosophy, and chemistry but was in large part self-educated. His research led to the establishment of the principle of conservation of energy. His study of the quantitative relationship among electrical, mechanical, and chemical effects of heat culminated in his discovery in 1843 of the amount of work required to produce a unit of energy, called the mechanical equivalent of heat. (By kind permission of the President and Council of the Royal Society)



Benjamin Thompson (1753–1814).

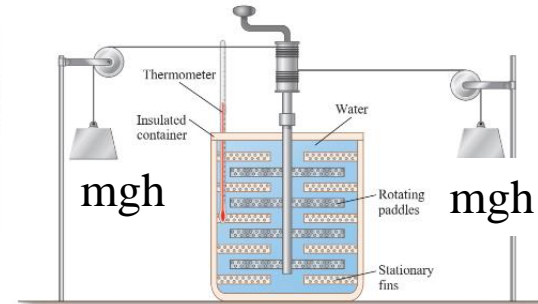
ĐƠN VỊ của năng lượng liên quan đến các quá trình nhiệt thì được gọi là caloric (**cal**) được định nghĩa như là **một lượng năng lượng cần thiết truyền cho 1g nước để tăng nhiệt độ 1g nước từ nhiệt độ 14,5°C lên 15,5°C tức là tăng lên 1°C tính theo đơn vị của Mỹ**

tính theo đơn vị của Anh là (British Thermal Unit: **btu**) là lượng năng lượng cần thiết truyền cho 1lb nước để làm 1lb nước tăng nhiệt độ từ 63°F lên 64°F tức là tăng lên 1°F.

Các nhà khoa học thường dùng năng lượng trong hệ đơn vị SI là joule (J)

Hệ thức tương đương của cơ năng (**J**) và nhiệt năng (**cal**)

Mối liên hệ giữa J và cal là: **$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$**



thí nghiệm nổi tiếng của Joules

Joule đã chứng minh được rằng sự mất mát cơ năng 2mgh của hai vật nặng thì tỷ lệ với sự chênh lệch nhiệt độ nước ΔT . Hằng số tỷ lệ được tìm ra là $4,186 \left(\frac{\text{J}}{\text{g}}\right)^{\circ\text{C}}$

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

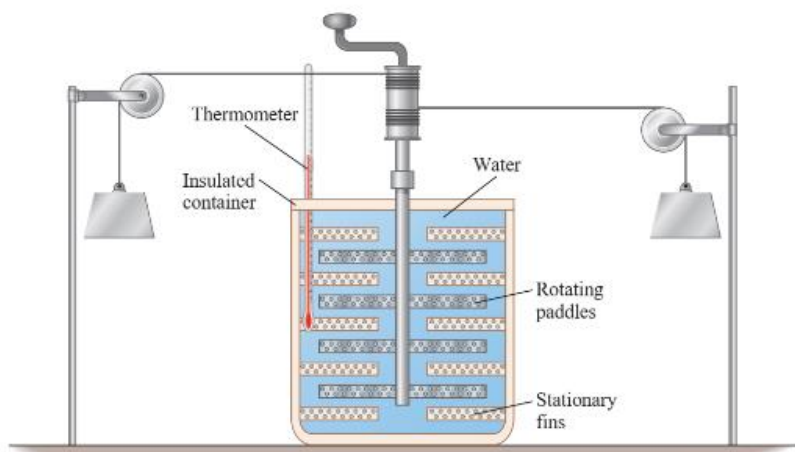
1

GIẢI THÍCH

NHIỆT LƯỢNG



Benjamin Thompson
(1753–1814).



NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

1

NHIỆT LƯỢNG - TÍNH TƯƠNG ĐƯƠNG CƠ NĂNG - NHIỆT NĂNG

VÍ DỤ 1

Một sinh viên ăn trưa tương đương với một lượng 2000 kcal. Anh ta ao ước làm một công tương đương năng lượng ăn vào bằng cách tập gym nâng tạ nặng 50,0kg. Vậy anh ta cần phải nâng tạ bao nhiêu lần để tiêu tốn hết năng lượng ăn trưa? Giả sử anh ta nâng tạ lên cao 2,00m trong mỗi một lần nâng lên và không tốn năng lượng khi thả tạ xuống sàn.

Giải:

Đổi năng lượng ăn trưa từ calo sang J:

$$W = (2,00 \times 10^6 \text{ cal})(4,186 \text{ J/cal}) = 8,37 \times 10^6 \text{ J}$$

Công thực hiện bởi việc nâng tạ lên khoảng cách h là mgh và nâng n lần là nmgh. Nên ta có:

$$W = nmgh = 8,37 \times 10^6 \text{ J} \Rightarrow n = \frac{8,37 \times 10^6 \text{ J}}{(50,0 \text{ kg})\left(\frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)(2,00 \text{ m})} = 8,54 \times 10^3 \text{ lần}$$

Nếu mỗi lần nâng tạ mất 5s thì người sinh viên phải nâng trong 12h.

Khi **năng lượng** được thêm vào vật chất mà **không có công** nào được thực hiện => **hiệu độ của vật chất sẽ tăng**.

Lượng năng lượng cần thiết để làm tăng hiệu độ của một khối lượng vật chất cho trước thì thay đổi theo từng loại vật chất.

Ví dụ như năng lượng cần thiết để tăng hiệu độ của 1kg nước (H_2O) lên $1^{\circ}C$ là 4186 J. Nhưng đối với 1kg đồng (Cu) để tăng lên $1^{\circ}C$ chỉ cần 387 J.



Benjamin Thompson
(1753-1814).



Nhiệt dung riêng c thay đổi theo hiệu độ. Tuy nhiên nếu khoảng hiệu độ ΔT không quá lớn thì khi đó sự thay đổi trong hiệu độ có thể bỏ qua và ta có thể xem c là hằng số

**NĂNG LƯỢNG:
NHIỆT & NỘI NĂNG**

**NHIỆT DUNG & PHÉP ĐO
NHIỆT LƯỢNG Q**

NHIỆT DUNG: Như vậy **nhiệt dung** ký hiệu C_{ND} của một chất cụ thể được định nghĩa như là nhiệt lượng cần thiết để làm tăng hiệu độ của chất đó lên $1^{\circ}C$.

Nhiệt lượng Q làm thay đổi hiệu độ của vật chất một lượng ΔT thì:

$$Q = C_{ND} \Delta T \quad (9)$$

NHIỆT DUNG RIÊNG: nhiệt dung riêng ký hiệu **c** của một chất là nhiệt dung trên một đơn vị khối lượng vật chất.

$$c = \frac{C_{CN}}{m} \quad (10)$$

$$Q = cm \Delta T \quad (11)$$

Ví dụ như nhiệt dung riêng của nước chỉ thay đổi 1% khi hiệu độ nước thay đổi từ $1^{\circ}C$ đến $100^{\circ}C$ ở áp suất khí quyển.

NHIỆT DUNG PHÂN TỬ C: là nhiệt dung được tính cho một mol chất khí, μ là khối lượng của 1 mol

$$C = \mu c \quad (12)$$

Đơn vị của C là $J/(mol^{\circ}C)$

$$Q = \frac{m}{\mu} C \Delta T = n C \Delta T \quad (13)$$

n là số mol

Table 14.1 Specific Heats of Common Substances at 1 atm and 20°C

Substance	Specific Heat ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)	Substance	Specific Heat ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)
Gold	0.128	Pyrex glass	0.75
Lead	0.13	Granite	0.80
Mercury	0.139	Marble	0.86
Silver	0.235	Aluminum	0.900
Brass	0.384	Air (50°C)	1.05
Copper	0.385	Wood (average)	1.68
Steel	0.45	Steam (110°C)	2.01
Iron	0.44	Ice (0°C)	2.1
Flint glass	0.50	Alcohol (ethyl)	2.4
Crown glass	0.67	Human tissue (average)	3.5
Vycor	0.74	Water (15°C)	4.186

Hay biểu thức vi phân của nhiệt lượng δQ theo dT và C

$$\delta Q = nC dT \Rightarrow Q = n \int_{T_1}^{T_2} C dT \quad (14)$$

Hay biểu thức vi phân của nhiệt lượng δQ theo dT và c

$$\delta Q = c m dT \Rightarrow Q = \int \delta Q = \int_{T_1}^{T_2} c m dT \quad (15)$$

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} c dT \quad (16)$$

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

**NĂNG LƯỢNG:
NHIỆT & NỘI NĂNG
NHIỆT DUNG & PHÉP ĐO
NHIỆT LƯỢNG Q**

Lưu ý: khi nhiệt độ tăng thì Q và ΔT dương ($\Delta T > 0$; $Q > 0$) nên năng lượng được truyền vào trong hệ (vật chất).

Còn nếu khi nhiệt độ giảm thì Q và ΔT âm ($\Delta T < 0$; $Q < 0$) nên năng lượng từ trong hệ được truyền ra ngoài.



Benjamin Thompson
(1753–1814).

1

nhiệt dung riêng

Specific Heats of Some Substances at 25°C and Atmospheric Pressure

Substance	Specific Heat c	
	J/kg · °C	cal/g · °C
Elemental Solids		
Aluminum	900	0.215
Beryllium	1 830	0.436
Cadmium	230	0.055
Copper	387	0.092 4
Germanium	322	0.077
Gold	129	0.030 8
Iron	448	0.107
Lead	128	0.030 5
Silicon	703	0.168
Silver	234	0.056
Other Solids		
Brass	380	0.092
Glass	837	0.200
Ice (− 5°C)	2 090	0.50
Marble	860	0.21
Wood	1 700	0.41
Liquids		
Alcohol (ethyl)	2 400	0.58
Mercury	140	0.033
Water (15°C)	4 186	1.00
Gas		
Steam (100°C)	2 010	0.48

Các giá trị đo của nhiệt dung riêng phụ thuộc vào điều kiện của thí nghiệm. Nhìn chung **nhiệt dung riêng** được đo ở điều kiện **đẳng áp** thì **KHÁC** với nhiệt dung riêng được đo ở điều kiện **đẳng tích**. Nhiệt dung riêng của chất rắn và chất lỏng chỉ khác nhau vài phần trăm và thường được bỏ qua. Nhiệt dung riêng của một số chất được cho trong bảng.

VÍ DỤ 2

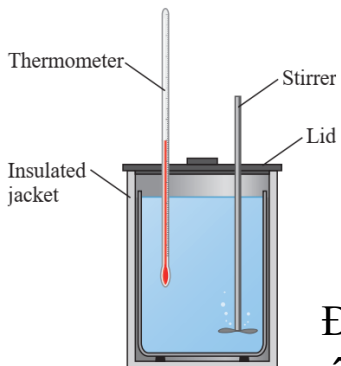
Năng lượng cần thiết để tăng 0,500kg nước lên 3°C là

$$Q = (4186J/kg\text{ }^{\circ}C) \times (0,500kg)(3^{\circ}C) = 6,28 \times 10^3J$$

GIẢI THÍCH

1

NĂNG LƯỢNG:
 NHIỆT & NỘI NĂNG
 NHIỆT DUNG & PHÉP ĐO
 NHIỆT LƯỢNG Q



Kỹ thuật để đo nhiệt dung riêng: với nhiệt lượng của vật mẫu ở nhiệt độ đã biết nào đó T_x đặt trong một bình chứa nước có lượng nước đã biết và nhiệt độ nước T_w với $T_w < T_x$.

Đo nhiệt độ nước sau khi hệ đạt **trạng thái cân bằng nhiệt**. *Bỏ qua công của cơ năng được thực hiện trong quá trình cân bằng, theo định luật bảo toàn năng lượng:*

Nhiệt lượng từ vật mẫu Q_x (nhiệt dung riêng chưa biết) truyền ra khỏi vật mẫu thì **bằng với lượng nhiệt lượng đi vào trong nước, Q_w** . Kỹ thuật này được gọi là **phép đo nhiệt lượng, thiết bị đo năng lượng truyền này được gọi nhiệt lượng kế**.



Benjamin Thompson (1753-1814)

GIẢI THÍCH

1

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG NHIỆT DUNG & PHÉP ĐO NHIỆT LƯỢNG Q

SỰ BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG: PHÉP ĐO NHIỆT LƯỢNG

$$Q_x = -Q_w \quad (18)$$

$Q_x (= -Q_w)$ là “âm” là bởi vì nó rời khỏi vật nóng (nhiệt lượng cho < 0). Dấu âm đảm bảo sự cho và nhận nhiệt lượng, nên Q_w “dương” là vì năng lượng đi vào nước lạnh hơn (nhiệt lượng nhận > 0).

Công thức này cũng cho biết năng lượng rời khỏi phần nóng của hệ bởi nhiệt lượng thì bằng với nhiệt lượng đi vào phần lạnh của hệ.

Vật mẫu x: m_x, c_x ở nhiệt độ ban đầu T_x

Nước: m_w, c_w ở nhiệt độ ban đầu T_w

T_f là nhiệt độ cuối khi hệ ở trạng thái cân bằng nhiệt

$$m_w c_w (T_f - T_w) = -m_x c_x (T_f - T_x) \quad (19)$$

$$c_x = -c_w \frac{m_w (T_f - T_w)}{m_x (T_f - T_x)} \quad (20)$$



Benjamin Thompson (1753-1814).

VÍ DỤ 3

SỰ BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG: PHÉP ĐO NHIỆT LƯỢNG

VÍ DỤ 4

Một thỏi kim loại 0,050kg được đốt nóng đến nhiệt độ 200,0°C và sau đó thả thỏi kim loại vào tô nước chứa 0,400kg nước lúc đầu ở nhiệt độ 20,0°C. Nếu nhiệt độ cân bằng cuối của hệ là 22,4°C, tìm nhiệt dung riêng của kim loại?

Giải:

Theo phương trình (19) ta có

$$c_x = -c_w \frac{m_w(T_f - T_w)}{m_x(T_f - T_x)}$$

$$m_w c_w (T_f - T_w) = -m_x c_x (T_f - T_x)$$

Với nhiệt dung riêng của nước $c_w = 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$$(0,400\text{kg})(4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C})(22,4^\circ\text{C} - 20,0^\circ\text{C}) = - (0,050\text{kg})c_m(22,4^\circ\text{C} - 200,0^\circ\text{C})$$

Ta có $c_m = 453 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$.

Hãy xác định năng lượng thỏi kim loại truyền nào nước khi thỏi kim loại được làm nguội đi?.

Một người chần bò bắn ra một viên đạn bạc có khối lượng 2,00g và tốc độ 200m/s trúng ghim vào một miếng gỗ. Giả sử rằng toàn bộ nội năng được sinh ra bởi viên đạn ghim vào miếng gỗ vẫn còn nguyên trong viên đạn. Tính sự thay đổi nhiệt độ của viên đạn?

Giải:

Động năng của viên đạn

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2,00 \times 10^{-3}\text{kg})(200\text{m/s})^2 = 40,0\text{J}$$

Bởi vì không có thứ gì ở môi trường xung quanh nóng hơn viên đạn nên viên đạn nhận toàn bộ nhiệt năng từ chuyển đổi động năng của viên đạn thành nội năng. Ta có nhiệt dung riêng của bạc (Ag) là $c_{\text{Ag}} = 234\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. Áp dụng công thức nhiệt lượng ta có

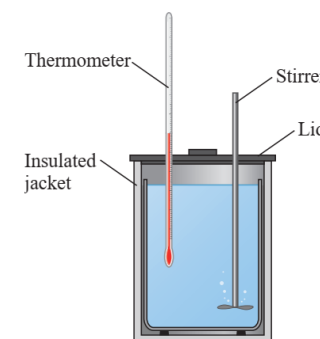
$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{40,0\text{J}}{(2,00 \times 10^{-3}\text{kg})(234\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C})} = 85,5^\circ\text{C}$$

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

1

NHIỆT DUNG & PHÉP ĐO NHIỆT LƯỢNG Q

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



Giả sử ta có bình cách nhiệt bằng sắt (Fe) đựng nước (H₂O) và được đun nóng bởi một que bằng đồng (Cu). Xem một hệ gồm que đồng (Cu), nước (H₂O) và bình sắt (Fe). Môi trường là phòng chứa bình nước này.

Nhiệt lượng trong bình sẽ truyền đi giữa ba chất này cho đến khi hệ đạt trạng thái cân bằng nhiệt: $Q_{Cu} + Q_{Fe} + Q_{H_2O} = 0$ (21)

Trong đó $Q_{Cu} < 0$ sẽ âm vì nhiệt lượng đi ra từ que đồng (que đồng cho nhiệt lượng) cung cấp cho nước trong bình và bình sắt nên Q_{Fe} và Q_{H_2O} sẽ dương vì nhận nhiệt lượng từ que đồng.



Benjamin Thompson
(1753–1814).

	Mẫu	H ₂ O	Al
Khối lượng (m)	0,550kg	0,500kg	0,100kg
Nhiệt dung riêng (c)	c_s	4,186 kJ/(kg.°C)	0,900 kJ/(kg.°C)
Nhiệt dung (mc)	$0,550\text{kg} \times c_s$	2,093 kJ/°C	0,0900kJ/°C
T_i	75°C	15,5°C	15,5°C
T_f	18,8°C	18,8°C	18,8°C
ΔT	-56,2°C	3,3°C	3,3°C

ĐỌC
THÊM

1

**NĂNG LƯỢNG:
NHIỆT & NỘI NĂNG**
**DÒNG NHIỆT LƯỢNG CHO
HỆ NHIỀU HƠN HAI VẬT**

Nhiệt dung riêng của kim loại chưa biết. Một mẫu kim loại chưa biết có khối lượng 0,550kg được đun nóng trong chảo nước nóng cho đến khi nó cân bằng nhiệt với nước ở nhiệt độ 75,0°C. Khi đó mẫu kim loại được cẩn thận lấy ra khỏi nước và đặt vào bên trong một bình đo nhiệt lượng calo bằng nhôm hình trụ tròn chứa 0,500kg nước ở nhiệt độ 15,5°C. Khối lượng của bình trụ tròn là 0,100kg. Khi bình đo nhiệt lượng đạt trạng thái cân bằng nhiệt độ bên trong bình là 18,8°C. Hãy tìm nhiệt dung riêng của kim loại và cho biết có chất nào trong bảng 4.1 được cho là kim loại này không?

VÍ DỤ 5

Giải: Gọi T_f là nhiệt độ cuối cùng của cả 3 chất này (mẫu kim loại, nước và bình nhôm). Lúc đầu cả nước và bình nhôm đều có nhiệt độ ban đầu là $T_i = 15,5^\circ\text{C}$. Trong khi đó nhiệt độ ban đầu của mẫu kim loại là $T_i = 75,0^\circ\text{C}$.

Khi trạng thái cân bằng nhiệt được thiết lập thì nhiệt độ cuối của cả 3 chất đều là $T_f = 18,8^\circ\text{C}$. Bỏ qua sự thất thoát nhiệt ra ngoài môi trường, nói một cách khác không có bất kỳ nhiệt lượng nào đi ra khỏi hệ 3 chất gồm mẫu kim loại + nước + nhôm (Al).

Nhiệt lượng đi ra khỏi mẫu kim loại ($Q_s < 0$) và đi vào nước ($Q_w > 0$) và bình chứa bằng nhôm ($Q_{Al} > 0$). Không có nhiệt lượng thoát ra ngoài môi trường nên

$$Q_s + Q_w + Q_{Al} = 0$$

Đối với mỗi một chất ta có công thức của nhiệt lượng $Q = mc\Delta T$

$$m_s c_s \Delta T_s + m_w c_w \Delta T_w + m_{Al} c_{Al} \Delta T_{Al} = 0 \quad (v-1)$$

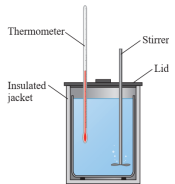
Bảng tóm tắt các dữ kiện và các đại lượng cần tính

Thay các giá trị tóm tắt trong bảng vào (v-1) ta có

$$0,550\text{kg} \times c_s (-56,2^\circ\text{C}) + (2,093\text{ kJ/}^\circ\text{C} + 0,0900\text{ kJ/}^\circ\text{C}) \times 3,3^\circ\text{C} = 0$$

$$\Rightarrow c_s = 0,233 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Theo bảng nhiệt dung riêng cho một số chất thì đây là nhiệt dung riêng của bạc (Ag).



• Vật chất thường thay đổi nhiệt độ khi được truyền năng lượng giữa vật chất và môi trường xung quanh. Tuy nhiên có một số trường hợp mà vật chất được truyền năng lượng nhưng không làm thay đổi nhiệt độ của vật chất. Ở những trường hợp này tính chất vật lý của vật chất bị thay đổi từ dạng này sang dạng khác, sự thay đổi này được gọi là **sự chuyển pha**. Có hai sự chuyển pha thường gặp của vật chất:

- Sự chuyển pha vật chất từ chất rắn sang chất lỏng được gọi là sự nóng chảy (nhiệt độ mà xảy ra sự chuyển pha này là điểm nóng chảy).
 - Sự chuyển pha vật chất từ chất lỏng sang chất khí được gọi là sự bay hơi (nhiệt độ mà xảy ra sự chuyển pha này là điểm sôi).
- Có một sự chuyển pha khác nữa nhưng ta không học trong phần này là sự thay đổi trong cấu trúc tinh thể của chất rắn.
- Tất cả các sự chuyển pha này đều liên quan đến sự thay đổi nội năng nhưng không làm thay đổi nhiệt độ của hệ.

Ví dụ như sự tăng nội năng tại điểm sôi không làm tăng nhiệt độ nhưng nó làm phá vỡ các liên kết của phân tử trong chất lỏng làm cho các phân tử tách rời xa nhau hình thành nên trạng thái của chất khí tương ứng với sự tăng của thế năng của các phân tử.

Nếu ta gọi Q là năng lượng cần thiết truyền cho vật chất có khối lượng m gây ra sự chuyển pha thì tỷ số

$$L = \frac{Q}{m} \quad (22)$$

Được gọi là **nhiệt chuyển pha** là đại lượng nhiệt học quan trọng của vật chất. L phụ thuộc vào tính chất chuyển pha tự nhiên của vật chất cũng như các tính chất của vật chất. Như vậy từ định nghĩa trên ta có thể viết lại nhiệt năng cho các trường hợp chuyển pha là

$$Q = \pm Lm \quad (23)$$

NĂNG LƯỢNG: NHIỆT & NỘI NĂNG

NHIỆT CHUYỂN PHA

ĐỌC
THÊM



Benjamin Thompson
(1753-1814).

Nhiệt nóng chảy L_{nc} là *nhiệt chuyển pha vật chất từ chất rắn nóng chảy thành chất lỏng*.

Nhiệt bay hơi L_{bh} là *nhiệt chuyển pha vật chất từ chất lỏng thành chất khí*.

Ý nghĩa của dấu “+” trong phương trình trên là khi vật chất nhận năng lượng để chuyển pha thành nóng chảy (rắn sang lỏng) hay bay hơi (từ lỏng sang khí). Còn dấu “-” có nghĩa là hệ cho năng lượng để hóa rắn (ngược lại là chuyển từ lỏng thành rắn) hay hóa lỏng (ngược lại chuyển từ khí sang lỏng).

Nhiệt chuyển pha của một số chất				
Chất	Điểm nóng chảy (°C)	Nhiệt nóng chảy (J/kg)	Điểm sôi (°C)	Nhiệt bay hơi (J/kg)
Helium	-269,65	$5,23 \times 10^3$	-268,93	$2,09 \times 10^4$
Ni tơ	-209,97	$2,55 \times 10^4$	-195,81	$2,01 \times 10^5$
Oxy	-218,79	$1,38 \times 10^4$	-182,97	$2,13 \times 10^5$
Ethyl alcohol	-114	$1,04 \times 10^5$	78	$8,54 \times 10^5$
Nước	0,00	$3,33 \times 10^5$	100,00	$2,26 \times 10^6$
Sulfur (S)	119	$3,81 \times 10^4$	444,60	$3,26 \times 10^5$
Chì (Pb)	327,3	$2,45 \times 10^4$	1750	$8,70 \times 10^5$
Nhôm (Al)	660	$3,97 \times 10^5$	2450	$1,14 \times 10^7$
Bạc (Ag)	960,80	$8,82 \times 10^4$	2193	$2,33 \times 10^6$
Vàng (Au)	1063,00	$6,44 \times 10^4$	2660	$1,58 \times 10^6$
Đồng (Cu)	1083	$1,34 \times 10^5$	1187	$5,06 \times 10^6$



Benjamin Thompson (1733–1814).

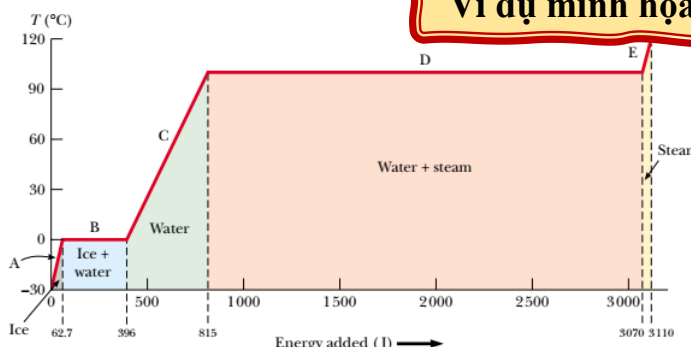


Figure 20.2 A plot of temperature versus energy added when 1.00 g of ice initially at -30.0°C is converted to steam at 120.0°C .

Ví dụ minh họa:

Để hiểu nhiệt chuyển pha trong các chuyển pha vật chất ta xét ví dụ năng lượng cần thiết để chuyển pha 1,00g tinh thể băng đá ở nhiệt độ -30°C đến trạng thái hơi nước ở nhiệt độ 120°C . Hình ở dưới mô tả các kết quả thực nghiệm của quá trình này. Chúng ta hãy kiểm tra lại từng phần ở dưới đường màu đỏ trong hình.

Phần A: ở trong vùng dưới đường đỏ phần A, nhiệt độ của băng thay đổi từ -30°C đến 0°C . Bởi vì nhiệt dung riêng của băng đá là $2090 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, ta tính được nhiệt lượng cần để tăng nhiệt độ của băng đá là:

$$Q = m_i c_i \Delta T = (1,00 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(2090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (30^\circ\text{C}) = 62,7 \text{ J}$$

Phần B: ở trong vùng này khi nhiệt độ băng đá đạt 0°C , hỗn hợp băng đá – nước vẫn ở 0°C ngay cả khi nhiệt lượng được thêm vào (năng lượng thêm vào chỉ làm thay đổi trạng thái không làm tăng nhiệt độ) cho đến khi tất cả băng đá tan hết. Nhiệt lượng cần để làm tan hết 1,00g băng đá ở 0°C là

$$Q = m_i L_i = (1,00 \times 10^{-3} \text{ kg}) (3,33 \times 10^5 \text{ J/kg}) = 333 \text{ J}$$

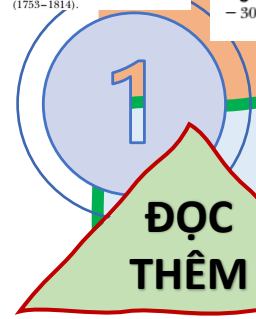
Nên ta đánh dấu năng lượng để tan hết băng đá trên trục năng lượng là $62,7 \text{ J} + 333 \text{ J} = 396 \text{ J}$.

Phần C: Đoạn giữa $0,0^\circ\text{C}$ đến $100,0^\circ\text{C}$, không có sự thay đổi pha (thay đổi trạng thái xảy ra) nên tất cả nhiệt lượng cung cấp sẽ làm tăng nhiệt độ nước từ $0,0^\circ\text{C}$ đến $100,0^\circ\text{C}$ là

$$Q = m_w c_w \Delta T = (1,00 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(4,19 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (100^\circ\text{C}) = 419 \text{ J}$$

Phần D: Ở $100,0^\circ\text{C}$ một sự thay đổi pha của nước xảy ra, nước thay đổi từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi nước ở $100,0^\circ\text{C}$. Tương tự như trạng thái băng đá sang trạng thái nước trong phần B, lúc này hỗn hợp nước – hơi nước vẫn ở $100,0^\circ\text{C}$ mặc dù hện nhận thêm nhiệt lượng, phần nhiệt lượng nhận thêm làm thay đổi trạng thái nước từ lỏng sang hơi mà không làm tăng nhiệt độ nước. Năng lượng cần chuyển hết 1,00g nước từ trạng thái lỏng sang hơi là

$$Q = m_w L_w = (1,00 \times 10^{-3} \text{ kg}) (2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}) = 2,26 \times 10^3 \text{ J}$$



NHIỆT & NỘI NĂNG

NHIỆT CHUYỂN PHA

Phần E: Ở phần này cũng giống phần A và C, không có sự chuyển pha xảy ra; do đó tất cả năng lượng thêm vào hệ sẽ làm tăng nhiệt độ của hệ hơi nước. Nhiệt lượng cần để tăng nhiệt độ hơi nước từ 100,0°C lên đến 120,0°C là:

$$Q = m_s c_s \Delta T$$

$$= (1,00 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(2,01 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (20^\circ\text{C}) = 40,2 \text{ J}$$

Vậy tổng năng lượng cần để thay đổi 1g nước từ nhiệt độ 30°C thành hơi nước ở nhiệt độ 120°C là tổng nhiệt lượng các phần từ A đến E là $3,11 \times 10^3 \text{ J}$

Ví dụ minh họa:

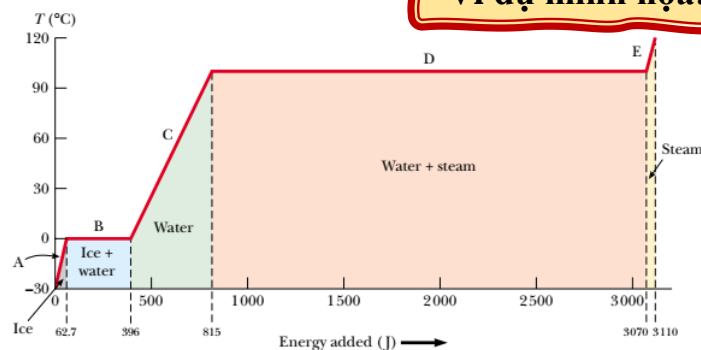


Figure 20.2 A plot of temperature versus energy added when 1.00 g of ice initially at -30.0°C is converted to steam at 120.0°C .

NHIỆT & NỘI NĂNG

NHIỆT CHUYỂN PHA

ĐỌC
THÊM

Tính khối lượng hơi nước lúc đầu ở 130°C cần để làm ấm 200g nước được chứa trong ly thủy tinh có khối lượng 100g từ nhiệt độ 20°C tăng lên đến nhiệt độ 50°C?

Giải: Hơi nước mất năng lượng trong 3 trạng thái.

Trước tiên (trạng thái thứ 1) hơi nước được làm lạnh từ 130°C xuống 100°C với nhiệt lượng tỏa ra là:

$$Q_1 = m_s c_s \Delta T = m_s \left(2,01 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (-30^\circ\text{C}) = -m_s (6,03 \times 10^4 \text{ J/kg})$$

Với m_s là khối lượng hơi nước.

Kế tiếp (trạng thái thứ 2) hơi nước được chuyển trạng thái từ hơi sang trạng thái lỏng là nước. Ta dùng nhiệt chuyển pha hóa hơi để tính năng lượng này với dấu “-” cho biết hệ tỏa nhiệt:

$$Q_2 = -m_s L_v = -m_s (2,26 \times 10^6 \text{ J/kg})$$

Trong **trạng thái thứ 3**, nhiệt độ trong hơi nước lúc này là nước thay đổi giảm xuống còn 50°C. Trong quá trình này nước của hơi nước tỏa ra một lượng nhiệt lượng

$$Q_3 = m_s c_w \Delta T = m_s \left(4,19 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (-50^\circ\text{C}) = -m_s (2,09 \times 10^5 \text{ J/kg})$$

Tổng năng lượng của hơi nước tỏa ra trong cả ba trạng thái là:

$$Q_{hot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -m_s (2,53 \times 10^6 \text{ J/kg})$$

Bây giờ ta sang phần sự tăng nhiệt độ của 200g nước và 100g thủy tinh (khối lượng ly) ta có

$$Q_{cold} = (0,20 \text{ kg}) \left(4,19 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (30,0^\circ\text{C}) + (0,10 \text{ kg}) \left(837 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (30,0^\circ\text{C})$$

$$= 2,77 \times 10^4 \text{ J}$$

Ta có lượng nhiệt tỏa ra từ hơi nước Q_{hot} được chuyển cho việc làm ấm nước và ly đựng nước Q_{cold} ở nhiệt độ cân bằng là 50°C nên

$$Q_{hot} = Q_{cold} \Rightarrow m_s = 10,0 \text{ g}$$

Nếu trạng thái cuối của hệ là nước ở 100°C thì tính như thế nào? Ta cần nhiều hay ít hơi nước hơn?

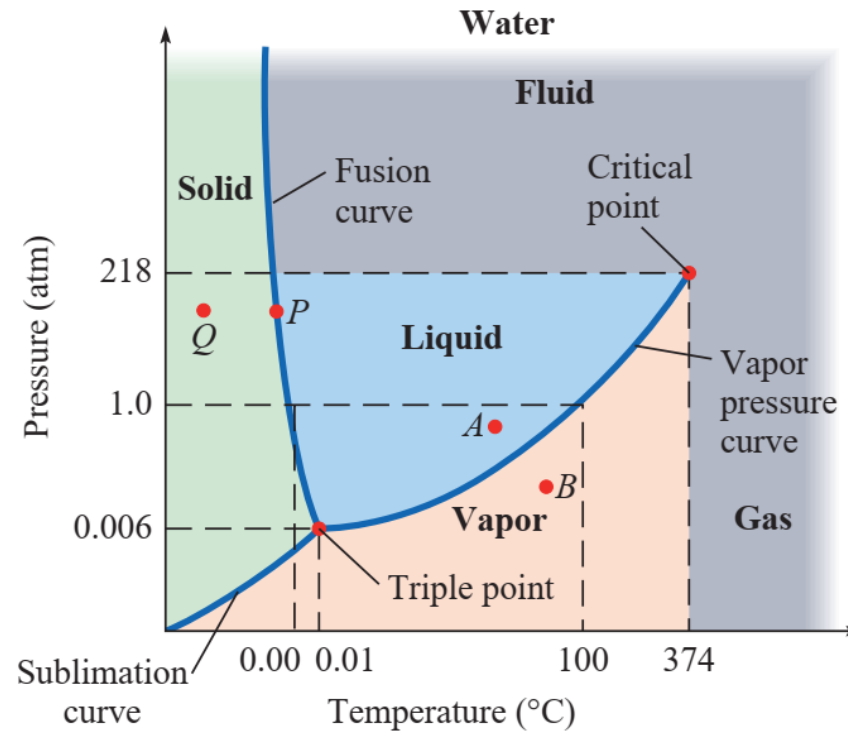


Benjamin Thompson
(1753-1814).

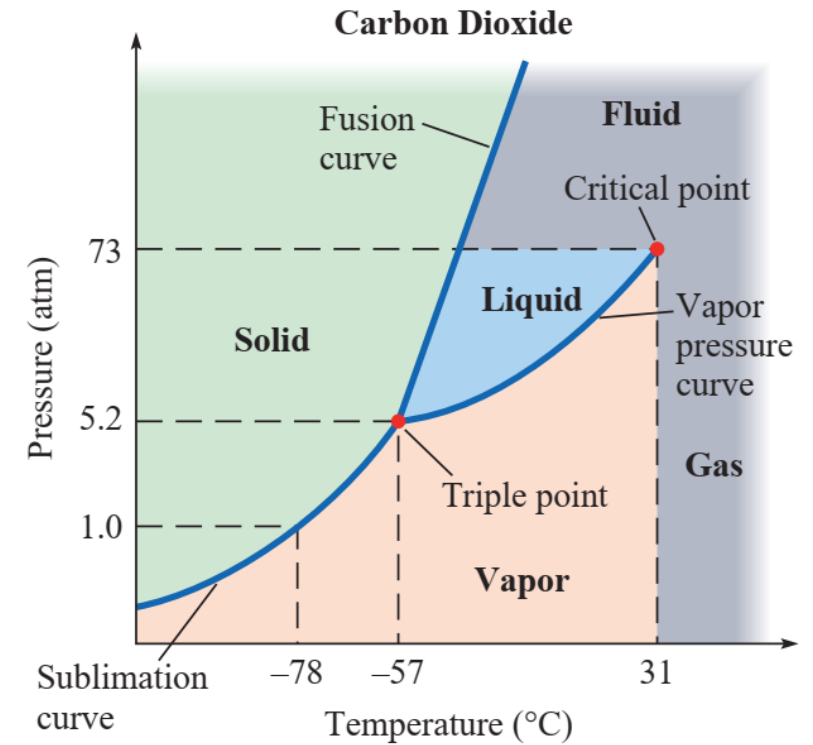
**ĐỌC
THÊM**

**NĂNG LƯỢNG: NHIỆT &
NỘI NĂNG**

**GIẢN ĐỒ CHUYỂN PHA
CỦA NƯỚC & CO₂**



(a)



(b)

Phương pháp nhiệt động học nghiên cứu trạng thái vĩ mô hệ chất khí mà



Mô tả bởi các biến áp suất (**P**), thể tích (**V**), nhiệt độ của hệ (**T**) và nội năng của hệ (**U**)

Các đại lượng này là các **biến trạng thái (P, V, T)**.

Lưu ý quan trọng rằng trạng thái vĩ mô của một hệ cô lập chỉ có thể được xác định nếu và chỉ nếu **hệ ở trong trạng thái cân bằng nhiệt nội**: tất cả các phần trong bình chứa đều có cùng áp suất **P** và nhiệt độ **T**.

2

NĂNG LƯỢNG: CÔNG & NHIỆT

QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG

Loại biến thứ hai của các quá trình nhiệt động \leq \geq quá trình truyền năng lượng được gọi là **các biến truyền**

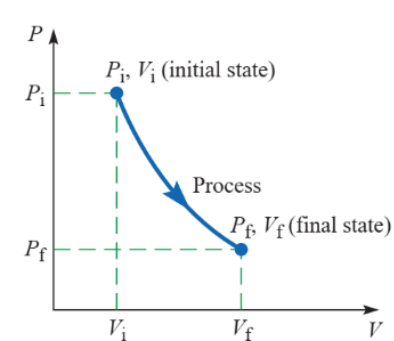
nếu không có bất kỳ sự truyền năng lượng nào xảy ra giữa hệ và môi trường hay các hệ khác thì các biến này sẽ bằng không

Các biến **trạng thái (P, V, T)** biểu diễn cho quá trình cân bằng nhiệt.

các biến **truyền** biểu diễn cho các quá trình trao đổi năng lượng của hệ với môi trường hay với các hệ khác

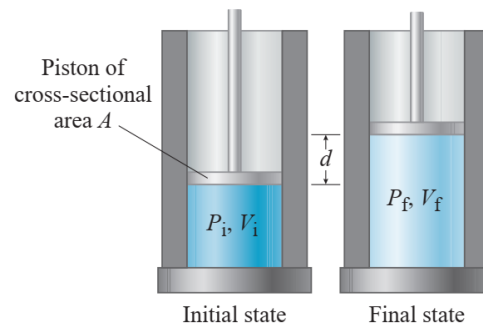


Trong phần này các biến truyền là công (**W**) và nhiệt lượng (**Q**) thể hiện sự trao đổi năng lượng của hệ và môi trường bên ngoài hệ.



Nếu một hệ thay đổi ở rất gần với trạng thái cân bằng nhiệt thì các trạng thái có thể được biểu diễn bởi đồ thị đường cong áp suất P theo thể tích của hệ V được gọi là **giãn đồ PV** như trong hình.

Giãn đồ PV là một công cụ đặc lực trong phân tích các quá trình nhiệt động. Một trong những công dụng chính của giãn đồ PV là tìm công thực hiện trên một hệ chất khí.



giả sử có hệ chất khí được chứa trong pít tông như mô tả trong hình

Chất khí giãn nở đẳng nhiệt từ ban đầu có thể tích V_i và áp suất P_i đến thể tích sau đó V_f và áp suất P_f khi pít tông đi lên một đoạn d . Giãn đồ PV như hình ở trên

lực **tác dụng** của pít tông lên chất khí có hướng **hướng xuống**, trong khi sự **dịch chuyển** của thể tích chất khí có **hướng đi lên**, vì thế pít tông đã thực hiện một công âm lên chất khí.

Nếu pít tông có diện tích A , thì pít tông tác dụng lại chất khí một lực **F** là

$$F = PA \quad (24)$$

P là áp suất của chất khí

thực hiện tính công cho lực ở trên khi pít tông di chuyển một đoạn d dưới tác dụng của lực F

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = Fd \cos 180^\circ = -Fd \quad (25)$$

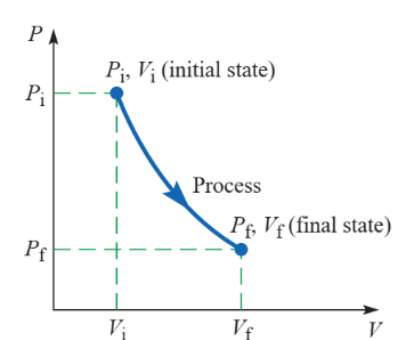
2

NĂNG LƯỢNG: CÔNG & NHIỆT

CÔNG – GIÃN ĐỒ PV



Benjamin Thompson
(1753–1814).



$$F = PA \quad (24)$$

$$W = -Fd \quad (25)$$

$$\Delta V = Ad$$

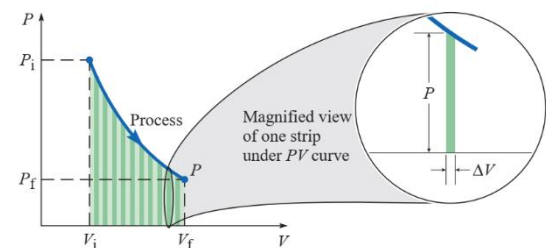
$$W = -PA d = -P \Delta V \quad (26)$$

Để tìm tổng công thì ta cộng tất cả công thực hiện trên toàn bộ quá trình đối với mỗi một sự thay đổi thể tích ΔV .

Trong suốt quá trình tăng thể tích $\Delta V > 0$ thì công sẽ âm $W < 0$ (tức là hệ sinh công, hay hệ cho công)

Còn trong suốt quá trình giảm thể tích thì $\Delta V < 0$ thì công sẽ dương $W > 0$ (tức là hệ nhận công).

Độ lớn của công thực hiện phụ thuộc vào dạng đường cong PV.



Đối với mỗi một thể tích ΔV thì độ lớn công thực hiện chính là phần diện tích của dải hẹp có độ cao P bên dưới đường cong PV

ta có công vi phân do dự là:

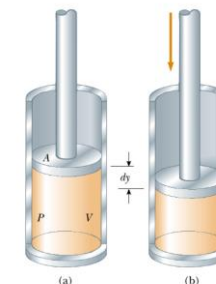
$$dW = -F dy \quad (29)$$

diện tích pít tông là A và áp suất khí là P

$$dW = -PA dy = -PdV \quad (30)$$

Tổng công thực hiện trên chất khí \Leftrightarrow thể tích khí thay đổi từ V_i đến V_f

$$W = - \int_{V_i}^{V_f} PdV \quad (31)$$



2

**NĂNG LƯỢNG:
CÔNG & NHIỆT**

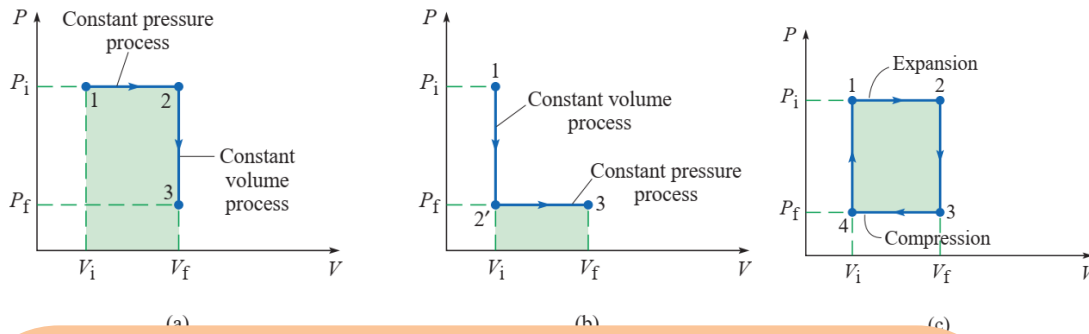
CÔNG -

GIẢN ĐỒ PV



Benjamin Thompson
(1753-1814).

Nếu chất khí bị nén thì $dV < 0$ thì công thực hiện lên chất khí là công dương; nếu chất khí bị giãn nở thì $dV > 0$ thì công thực hiện lên chất khí là công âm; còn nếu thể tích chất khí không đổi $V = \text{const}$ hay $dV = 0$ thì công thực hiện lên chất khí bằng không.



Bởi vì công thực hiện lên hệ chất khí phụ thuộc vào dạng đường trên giản đồ PV \Rightarrow tổng công thực hiện trên hệ trong một chu trình kín gồm một chuỗi các quá trình nhiệt động để hệ quay trở lại trạng thái ban đầu **có thể khác không**.

Ví dụ như trong suốt chu trình $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ như trong hình là phần diện tích tô đậm của đường PV.

Công thực hiện của chu trình kín chính là ý tưởng cho các động cơ nhiệt.

Đối với quá trình đẳng áp $P = \text{const}$ ta có công thực hiện lên chất khí là

$$W = P\Delta V \quad (27)$$

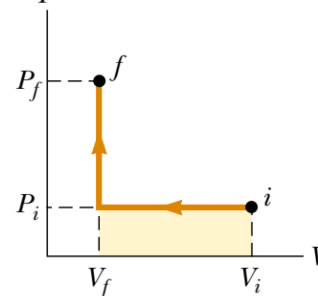
Đối với quá trình đẳng tích $\Delta V = 0$ thì công thực hiện lên chất khí là

$$W = 0 \quad (28)$$

Đối với quá trình đẳng nhiệt ta cần phải dùng đến nguyên lý thứ I.

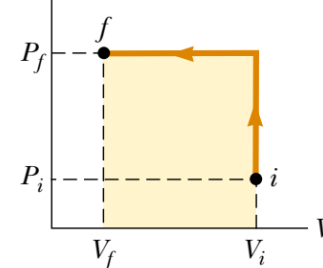
Giản đồ PV và công là phần diện tích được tô màu của một số quá trình nhiệt động như đẳng áp, đẳng tích hay quá trình đẳng nhiệt hay đoạn nhiệt được cho trong hình dưới

$$W_P = -P_i(V_f - V_i)$$

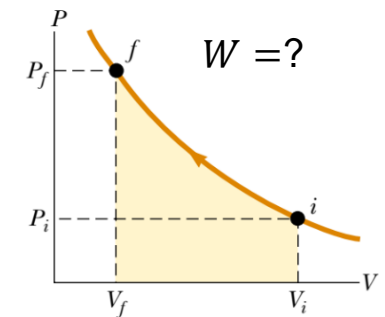


(a)

$$W = -P_f(V_f - V_i)$$



(b)



2

NĂNG LƯỢNG: CÔNG & NHIỆT

CÔNG THỰC HIỆN TRONG CHU TRÌNH KÍN



Benjamin Thompson (1753-1814).

- Trong định luật bảo toàn cơ năng \rightarrow *cơ năng của hệ không đổi khi không có các lực không bảo toàn như lực ma sát*. Điều này đúng *khi không kể đến các thay đổi trong nội năng của hệ*.

- Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học là trường hợp tổng quát của định luật bảo toàn năng lượng mà có kể đến các thay đổi trong nội năng của hệ.

- Đây là nguyên lý có tính phổ quát được áp dụng cho nhiều quá trình và cầu nối giữa thế giới vi mô và thế giới vĩ mô.

3

NGUYÊN LÝ THỨ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

GIẢI
THÍCH

Giả sử một hệ đang thay đổi từ trạng thái đầu đến trạng thái cuối nhận một nhiệt lượng Q và hệ thực hiện một công W

Nếu đại lượng $Q + W$ được đo cho những đường khác nhau đi từ trạng thái đầu đến trạng thái cuối

$Q + W$ thì như nhau cho mọi dạng đường

Mặc dù cả hai Q và W đều phụ thuộc vào dạng đường nối giữa trạng thái đầu và trạng thái cuối

$Q + W$ hoàn toàn được xác định bởi trạng thái đầu và trạng thái cuối và ta gọi đại lượng này **độ biến thiên nội năng của hệ ΔU**

Đại lượng $Q + W$ thì không phụ thuộc vào dạng đường nối này

Nên nguyên lý thứ I
nhiệt động học

$$\Delta U = Q + W \quad (32)$$

nội năng U có giá trị được xác định bởi trạng thái của hệ nên nội năng U được xem như là một **biến trạng thái** như các biến trạng thái P , V và T

$$\Delta U = Q + W \quad (32)$$

• Với $\Delta U > 0$:

- Nếu $Q > 0$ và $W > 0$ thì hệ nhận nhiệt và nhận công
- Nếu $Q > 0$ và $W < 0$ sao cho $Q + W > 0$ thì hệ nhận nhiệt và sinh công.

• Với $\Delta U < 0$:

- Nếu $Q < 0$ và $W < 0$ thì hệ cho nhiệt và sinh công.
- Nếu $Q < 0$ và $W > 0$ sao cho $Q + W < 0$ thì hệ cho nhiệt và nhận công.

nhiệt lượng truyền cho hệ dQ
và hệ thực hiện một công dW

$$dU = dQ + dW \quad (33)$$

Nguyên lý thứ I nhiệt động học là phương trình bảo toàn năng lượng cho thấy chỉ có một kiểu năng lượng thay đổi trong hệ chính là **nội năng**

Hệ cô lập

hệ không tương tác với môi trường xung quanh nên không có truyền nhiệt lượng giữa hệ và môi trường nên $Q = 0$ và công thực hiện trên hệ bằng không $W = 0$

$$\Delta U = Q + W = 0$$

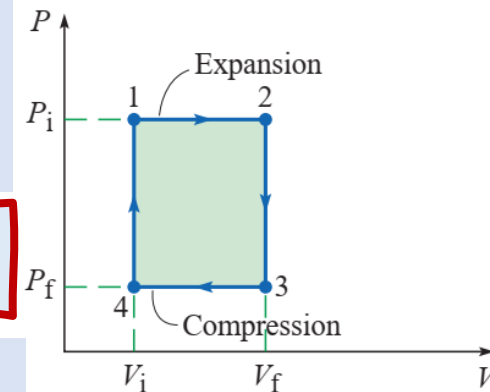
Nội năng của hệ cô lập thì không đổi $U_i = U_f = U = \text{const.}$

Chu trình kín

chu trình có trạng thái đầu và trạng thái cuối trùng nhau
 $\Rightarrow \Delta U = 0$

$$\Delta U = Q + W = 0 \Rightarrow Q = -W \quad (34)$$

công thực hiện trên hệ trong một chu trình bằng với diện tích của đường cong kín trên giản đồ PV



3 NGUYÊN LÝ THỨ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Nếu công thực hiện trên hệ trong suốt quá trình nào đó bằng không thì:

$$\Delta U = Q \quad (35)$$

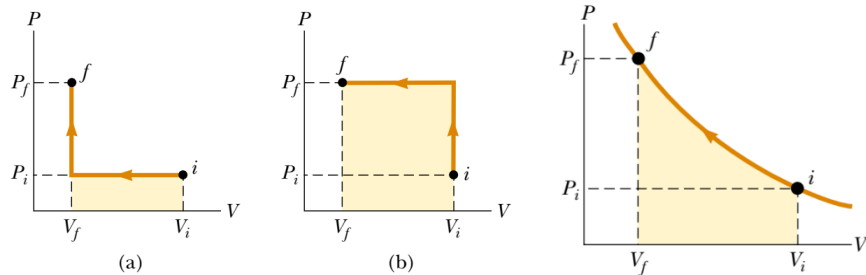
Nếu không có bất kỳ sự truyền nhiệt lượng nào trong suốt quá trình thực hiện công của hệ $Q = 0$:

$$\Delta U = W \quad (36)$$

3

NGUYÊN LÝ THỨ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

- Xét ở thang đo vĩ mô thì **không có sự khác biệt** nào trong kết quả **nhiệt** và **công** của hệ.
- Cả hai nhiệt **Q** và công **W** đều có thể tạo ra độ biến thiên nội năng ΔU .
- Mặc dù các đại lượng vĩ mô **Q** và **W** không phải là đặc trưng của hệ nhưng chúng liên hệ thông qua độ biến thiên nội năng ΔU từ nguyên lý thứ I.
- Một khi ta xác định được quá trình hay đường biến đổi của hệ thì ta có thể tính hoặc đo giá trị của **Q**, **W** và nội năng **U** của hệ bằng cách sử dụng nguyên lý thứ I



Áp dụng nguyên lý thứ nhất cho một số quá trình của khí lý tưởng như:

- **Quá trình đẳng tích:** Tìm nhiệt dung đẳng tích C_V của khí lý tưởng.
- **Quá trình đẳng áp:** Tìm nhiệt dung đẳng áp C_P của khí lý tưởng.
- **Quá trình đẳng nhiệt:** Tìm công thức hiện trên hệ.
- **Quá trình đoạn nhiệt** (hệ cô lập hay cách nhiệt: không trao đổi năng lượng nhiệt): Tìm dạng phương trình đoạn nhiệt và xác định công của hệ.
- **Quá trình đa phương:** Xây dựng một phương trình tổng quát cho các quá trình trên của khí lý tưởng.

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐẲNG TÍCH $V = \text{CONST}$

$$W = -P\Delta V$$

$$V = \text{const nên } \Delta V = 0$$

$$W = 0$$

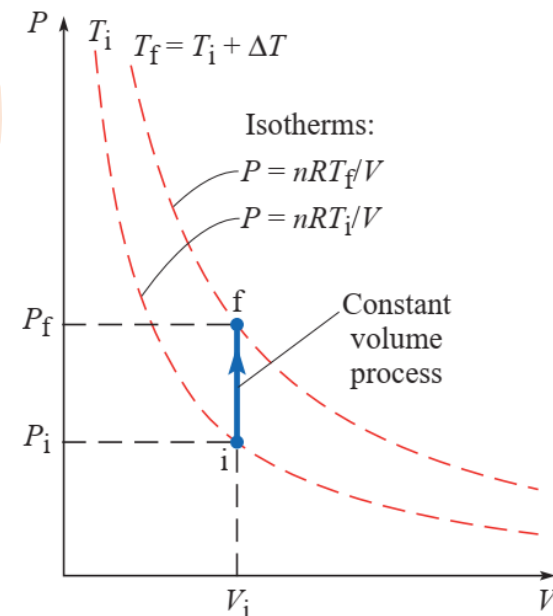
$$\Delta U = Q + W = Q$$

$$Q = nC_V\Delta T$$

$$\Delta U = n\frac{iR}{2}\Delta T$$

nhật dung phân tử
trong quá trình đẳng
tích C_V

$$C_V = \frac{iR}{2}(40)$$



Từ đây cho thấy **nhật dung đẳng tích C_V** của khí lý tưởng là hằng số không phụ thuộc vào loại chất khí.

QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP $P = \text{CONST}$

$$Q = nC_P\Delta T(42)$$

$$\Delta U = n\frac{iR}{2}\Delta T$$

$$PV = nRT$$

$$P\Delta V = nR\Delta T$$

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T$$

$$\Delta U = Q + W = n\frac{iR}{2}\Delta T = nC_P\Delta T - nR\Delta T$$

nhật dung phân tử
trong quá trình đẳng
tích C_P

Từ đây cho thấy **nhật dung
đẳng áp C_P** của khí lý tưởng
là hằng số không phụ thuộc
vào loại chất khí.

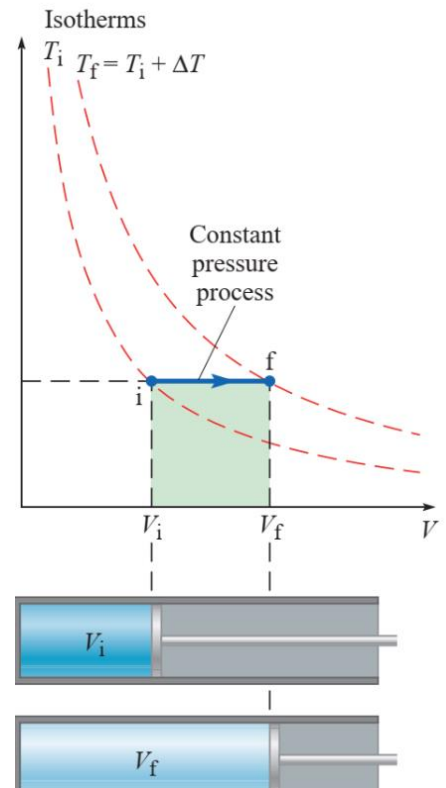
$$C_P = R + \frac{iR}{2}(41)$$

$$C_V = \frac{iR}{2}(40)$$

$$C_P = C_V + R$$

Hệ số poisson

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+1}{2}(47)$$



4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I - KHÍ LÝ TƯỞNG

Hệ số này sẽ được dùng trong biểu diễn phương trình đoạn nhiệt của hệ chất khí lý tưởng

Chất khí	C_p	C_v	$C_p - C_v$	$\gamma = C_p/C_v$
Khí đơn nguyên tử				
He	20,8	12,5	8,33	1,67
Ar	20,8	12,5	8,33	1,67
Ne	20,8	12,7	8,12	1,64
Kr	20,8	12,3	8,49	1,69
Khí lưỡng nguyên tử				
H ₂	28,8	20,4	8,33	1,41
N ₂	29,1	20,8	8,33	1,40
O ₂	29,4	21,1	8,33	1,40
CO	29,3	21,0	8,33	1,40
Cl ₂	34,7	25,7	8,96	1,35
Chất khí đa nguyên tử				
CO ₂	37,0	28,5	8,50	1,30
SO ₂	40,4	31,4	9,00	1,29
H ₂ O	35,4	27,0	8,37	1,30
CH ₄	35,5	27,1	8,41	1,31

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP $P = \text{CONST}$

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

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

Công vi phân

$$dW = -PdV \Rightarrow W = - \int_{V_i}^{V_f} P dV \quad (49)$$

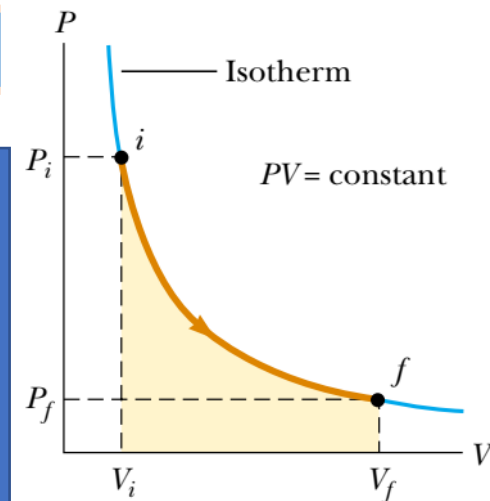
$$W = - \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = -nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V} dV = -nRT(\ln V_f - \ln V_i)$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_i}{V_f} \right) \quad (51)$$

$$T = \text{CONST} \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$\Delta U = Q + W = 0 \Rightarrow Q = -W = -nRT \ln \left(\frac{V_i}{V_f} \right)$$

Như vậy từ nguyên lý thứ nhất ta có thể tính nhiệt từ công của hệ



VÍ DỤ 6

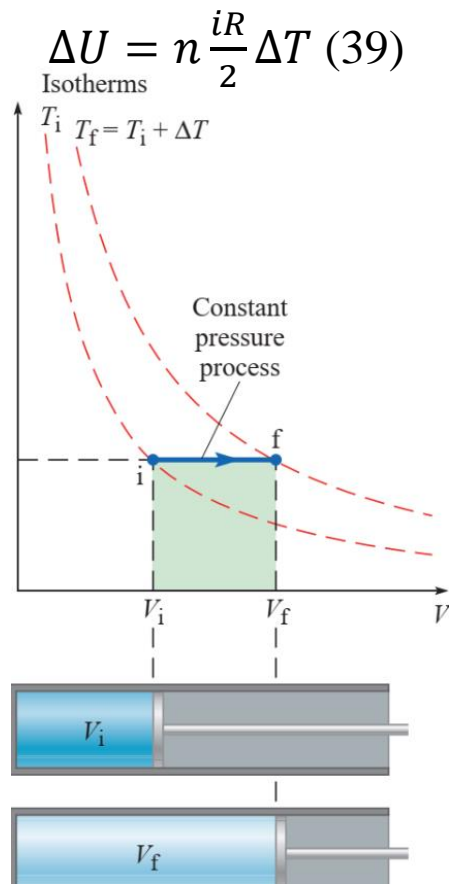
$$\Delta U = Q + W = Q \quad (37)$$

$$W = -P\Delta T \quad (41)$$

$$Q = nC_P\Delta T \quad (42)$$

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

$$C_P = R + \frac{iR}{2}$$



4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP
 $P = \text{CONST}$

Một quả bóng thời tiết được bơm đầy khí He ở 20°C và áp suất 1,0atm. Thể tích của quả bóng sau khi bơm đầy khí He là 8,50 m³. Khí He được đốt nóng đến nhiệt độ 55,0°C. Trong suốt quá trình này quả bóng giãn nở ở áp suất không đổi 1,0atm. Hãy tính lượng nhiệt đi vào trong chất khí He?

VÍ DỤ 6

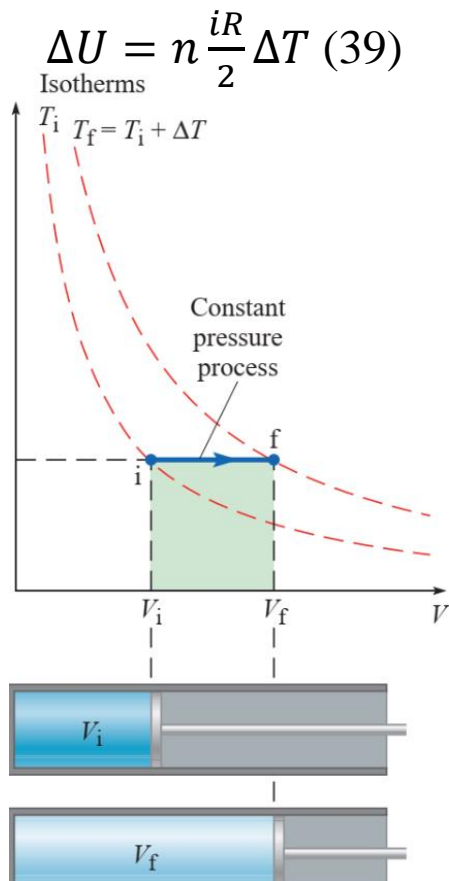
$$\Delta U = Q + W = Q \quad (37)$$

$$W = -P\Delta T \quad (41)$$

$$Q = nC_P\Delta T \quad (42)$$

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

$$C_P = R + \frac{iR}{2}$$



4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP
P = CONST

Giải:

Xem khí He là khí lý tưởng ta có

$$PV = nRT$$

Với $P = 1,0 \text{ atm} = 1,0 \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $V = 8,50 \text{ m}^3$; $T = 20^\circ\text{C} + 273\text{K} = 293\text{K}$, nên

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1,01 \times 10^5 \text{ Pa})(8,50 \text{ m}^3)}{(8,31 \text{ J/(mol.K)})(293 \text{ K})} = 352,6 \text{ mol}$$

Đối với khí lý tưởng ở quá trình đẳng áp, ta có nhiệt lượng cung cấp cho chất khí được tính theo nhiệt dung đẳng áp như sau

$$Q = nC_P\Delta T$$

Với $C_P = 5/2R$ cho khí đơn nguyên tử He. Độ chênh lệch nhiệt độ của khí He là

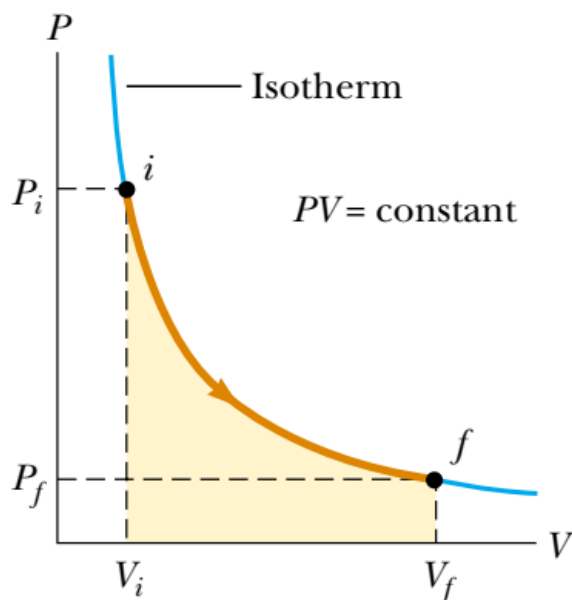
$$\Delta T = 55,0^\circ\text{C} - 20,0^\circ\text{C} = 35,0\text{K}$$

Thay vào ta có

$$Q = 352,6 \text{ mol} \times \frac{5}{2} \times 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \times 35,0\text{K} = 260 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$


4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

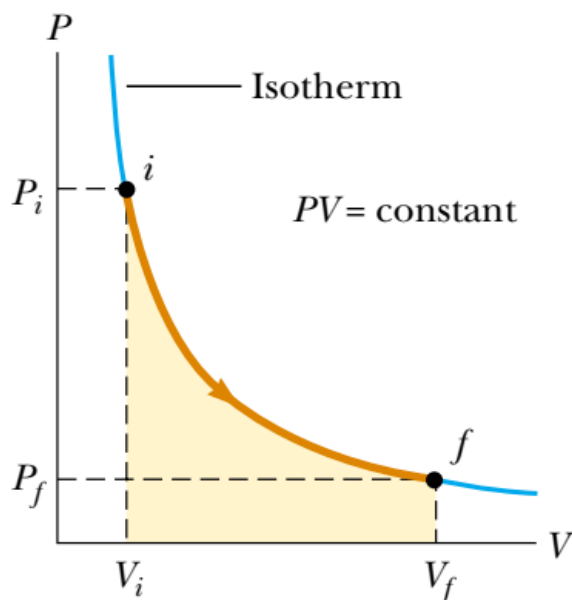
**QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT
T = CONST**

Cho 1,0 mol khí lý tưởng ở 0,0°C nở đẳng nhiệt từ thể tích 3,0 lít đến 10,0 lít

- Hãy tính công thực hiện trên chất khí trong suốt quá trình nở đẳng nhiệt này?
- Tính nhiệt lượng tỏa ra môi trường trong quá trình giãn nở đẳng nhiệt trên?
- Nếu chất khí quay lại thể tích ban đầu bằng quá trình đẳng áp, hãy tính công thực hiện lên chất khí?

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$


4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

**QUÁ TRÌNH ĐẲNG NHIỆT
T = CONST**

Giải:

a) Dùng phương trình (51) ta có

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_i}{V_f} \right)$$

$$= 1,0 \text{ mol} \times \left(8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) 273 \text{ K} \ln \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{10 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)$$

$$= -2,7 \times 10^3 \text{ J}$$

b) Áp dụng nguyên lý I cho quá trình đẳng nhiệt ta có

$$\Delta U = Q + W = 0 \Rightarrow Q = -W = 2,7 \times 10^3 \text{ J}$$

c) Áp dụng công thức tính công cho quá trình đẳng áp:

$$W = -P(V_f - V_i) = -\frac{nRT_i}{V_i}(V_f - V_i) = 1,6 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = Q \quad (37)$$

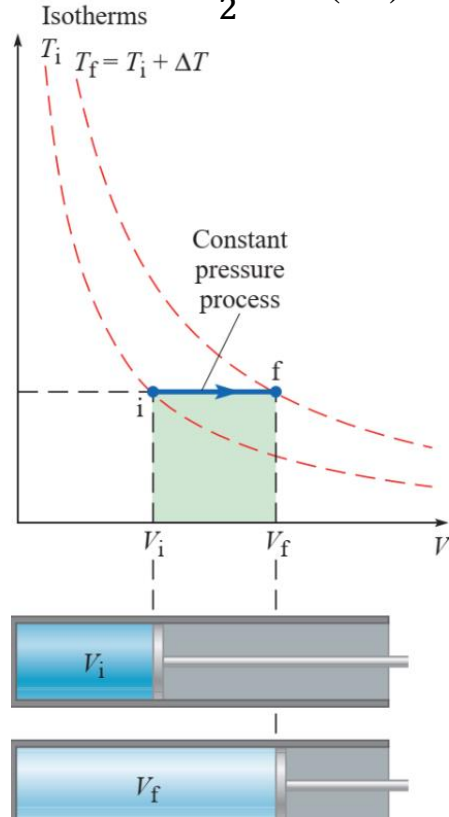
$$W = -P\Delta T \quad (41)$$

$$Q = nC_P\Delta T \quad (42)$$

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

$$C_P = R + \frac{iR}{2}$$

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$



4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

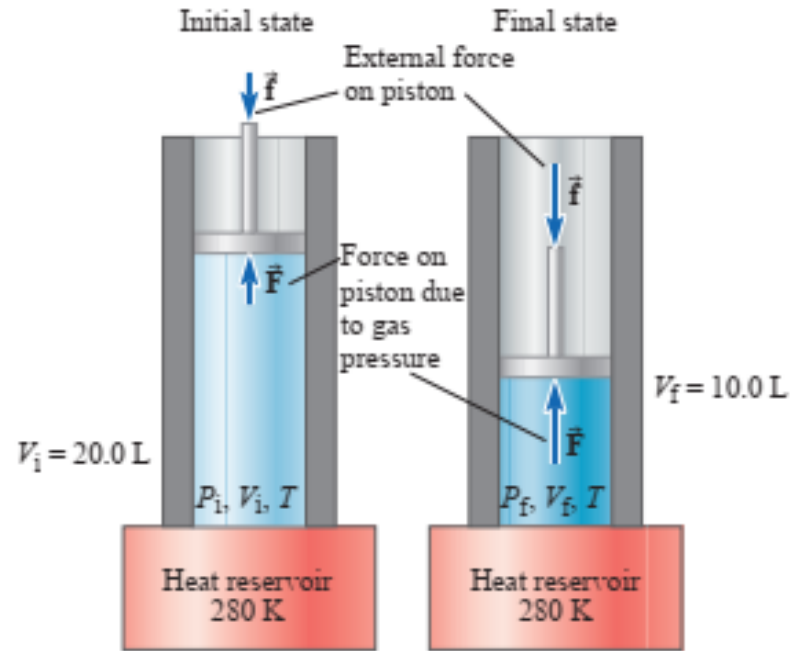
QUÁ TRÌNH ĐẲNG ÁP
 $P = \text{CONST}$

Một bình hình trụ tròn chứa 3,00 mol khí He ở nhiệt độ 300K

- Nếu chất khí được đun nóng ở thể tích không đổi, hỏi cần truyền cho chất khí nhiệt lượng bao nhiêu để tăng nhiệt độ khí lên 500K?
- Nếu chất khí được đun đẳng áp thì cần cung cấp cho chất khí nhiệt lượng bao nhiêu để tăng nhiệt độ khí lên 500K?

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$

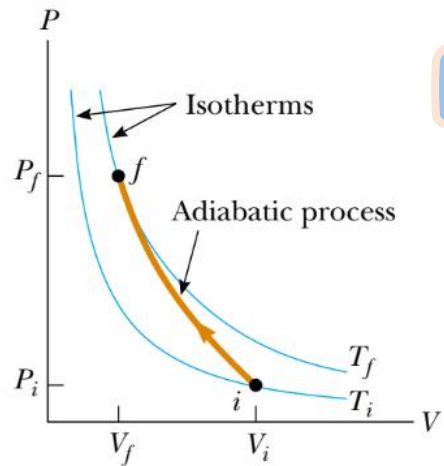


Cho khí lý tưởng giữ tiếp xúc nhiệt với nguồn nhiệt có nhiệt độ 7°C (280K) trong lúc chất khí được nén từ thể tích $20,0$ lít xuống thể tích $10,0$ lít như trong hình. Trong suốt quá trình nén một lực trung bình $33,3\text{kN}$ được dùng để di chuyển pít tông một đoạn $0,15\text{m}$. Hãy xác định nhiệt lượng trao đổi giữa chất khí và nguồn nhiệt? hãy cho biết nhiệt lượng đi vào hay đi ra khỏi chất khí?

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

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



QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT $Q = 0$

là quá trình mà không có sự truyền nhiệt lượng giữa hệ và môi trường xung quanh. Giả sử ta có khí lý tưởng trải qua quá trình giãn nở đoạn nhiệt.

Phương trình đoạn nhiệt như sau

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T$$

$$PV = nRT$$

$$PV^\gamma = \text{const}(53)$$

$\gamma = C_p/C_v$ là hệ số
poisson

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH

3 biến trạng thái P , V và T đều thay đổi trong quá trình đoạn nhiệt.

Chứng minh phương trình đoạn nhiệt: Khi chất khí lý tưởng được nén đoạn nhiệt trong bình hình trụ thì không có bất kỳ nhiệt lượng nào được truyền giữa chất khí và môi trường xung quanh nên $Q = 0$. Khi xét sự thay đổi thể tích vô cùng nhỏ của hệ dV thì ta có

$$\begin{cases} dQ = 0 \\ dW = -PdV \\ dU = \frac{iR}{2}ndT = nC_VdT \end{cases} \Rightarrow dU = dQ + dW \Leftrightarrow nC_VdT = -PdV \quad (54)$$

Với $C_V = iR/2$ nhiệt dung đẳng tích của khí lý tưởng.

Từ phương trình trạng thái khí lý tưởng ta lấy vi phân hai vế ta có

$$d(PV) = d(nRT) \Rightarrow PdV + VdP = nRdT \quad (55)$$

Khử dT từ hai phương trình (54) và (55) ta có

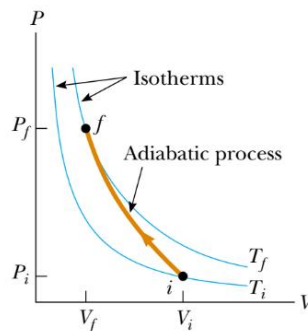
$$PdV + VdP = -\frac{R}{C_V}dV \quad (56)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

GIẢI THÍCH

QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT
 $Q = 0$



Thay $R = C_P - C_V$ vào phương trình trên và chia hai vế cho PV ta được

$$\frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = -\left(\frac{C_P - C_V}{C_V}\right)\frac{dV}{V} = (1 - \gamma)\frac{dV}{V}$$

$$\frac{dP}{P} + \gamma\frac{dV}{V} = 0 \quad (57)$$

Với $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$ là hệ số poisson. Tích phân phương trình trên ta được

$$\ln P + \gamma \ln V = \text{const} \quad (58)$$

Hay $PV^\gamma = \text{const}$

Như vậy ta đã dẫn ra được phương trình đoạn nhiệt cho khí lý tưởng. Giản đồ PV của quá trình đoạn nhiệt được cho trong hình.

Đoạn nhiệt $Q = 0 \Rightarrow \Delta U > 0$ thì $\Delta T > 0$ thì công $W > 0$ hệ nhận công tăng nhiệt độ và nội năng của hệ tăng, và ngược lại.

Khử P:

$$TV^{\gamma-1} = \text{const} \quad T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1} = \dots = T_fV_f^{\gamma-1} \quad (60)$$

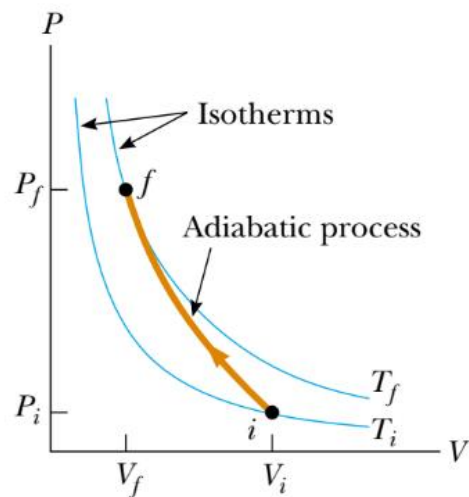
$$PV^\gamma = \text{const} \quad (53)$$

$$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma = \dots = P_fV_f^\gamma \quad (61)$$

VÍ DỤ 8

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$



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

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

4

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐOẠN NHIỆT
 $Q = 0$

Không khí ở $20,0^\circ\text{C}$ trong xi lanh hình trụ của động cơ dầu được nén từ áp suất ban đầu $1,0 \text{ atm}$ và thể tích 800 cm^3 đến thể tích 60 cm^3 . Giả sử xem không khí như là khí lý tưởng có $\gamma = 1,4$ và quá trình nén là quá trình đoạn nhiệt. Tìm áp suất và nhiệt độ cuối của không khí?

Giải:

Áp dụng công thức đoạn nhiệt cho áp suất và thể tích ta có

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = (1,00 \text{ atm}) \left(\frac{800 \text{ cm}^3}{60 \text{ cm}^3} \right)^{1,4} = 37,6 \text{ atm}$$

Bởi vì không khí được xem là khí lý tưởng nên ta áp dụng công thức $PV = nRT$ ta có

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{(37,6 \text{ atm})(60 \text{ cm}^3)}{(1,0 \text{ atm})(800 \text{ cm}^3)} (293 \text{ K}) = 826 \text{ K}$$

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$

4

**ĐỌC
THÊM**

ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG

QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG

Giả sử ta có một chất khí lý tưởng thay đổi trạng thái theo một trong bốn quá trình trên, trong quá trình này thì ta giả sử rằng nhiệt dung phân tử của chất khí C không đổi $C = \text{const}$. Xét quá trình thay đổi vi phân của chất khí của nhiệt lượng dQ , công dW , độ biến thiên nội năng dU và phương trình khí lý tưởng ta có

$$\begin{cases} dQ = nC dT \\ dW = -PdV \\ dU = \frac{iR}{2} n dT = nC_V dT \end{cases} \Rightarrow dU = dQ + dW \Leftrightarrow nC_V dT = nC dT - PdV \quad (62)$$

Từ vi phân hai vế phương trình khí lý tưởng $PdV + VdP = nRdT$ khử dT hai vế phương trình trên ta có.

$$\frac{(C - C_V)}{R} (PdV + VdP) = PdV \quad (63)$$

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$

4

**ĐỌC
THÊM**

**ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ
THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG**

QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG

Thay $R = C_p - C_v$ và chia hai vế cho PV và sắp xếp lại ta có

$$\frac{(C - C_p)}{(C - C_v)} \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0 \quad (64)$$

Đặt $n = \frac{(C - C_p)}{(C - C_v)}$ thì

$$n \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0 \quad (65)$$

Lấy tích phân hai vế phương trình ta có

$$n \ln V + \ln P = \text{const} \quad (66)$$

Hay

$$PV^n = \text{const} \quad (67)$$

Đây được gọi là phương trình đa phương.

$$\Delta U = n \frac{iR}{2} \Delta T \quad (39)$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (48)$$

4

**ĐỌC
THÊM**

**ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ
THỨ I – KHÍ LÝ TƯỞNG**

QUÁ TRÌNH ĐA PHƯƠNG

$$PV^n = \text{const} \quad (67)$$

Đây được gọi là **phương trình đa phương**.

- Với $C = C_V$ thì $n = \infty$ ta có đây là phương trình của quá trình đẳng tích.
- Với $C = C_P$ thì $n = 0$ thì đây là phương trình cho quá trình đẳng áp.
- Với $n = 1$ thì đây là quá trình đẳng nhiệt,
- Với $n = \gamma$ thì đây là phương trình đoạn nhiệt.

**ĐỌC
THÊM**

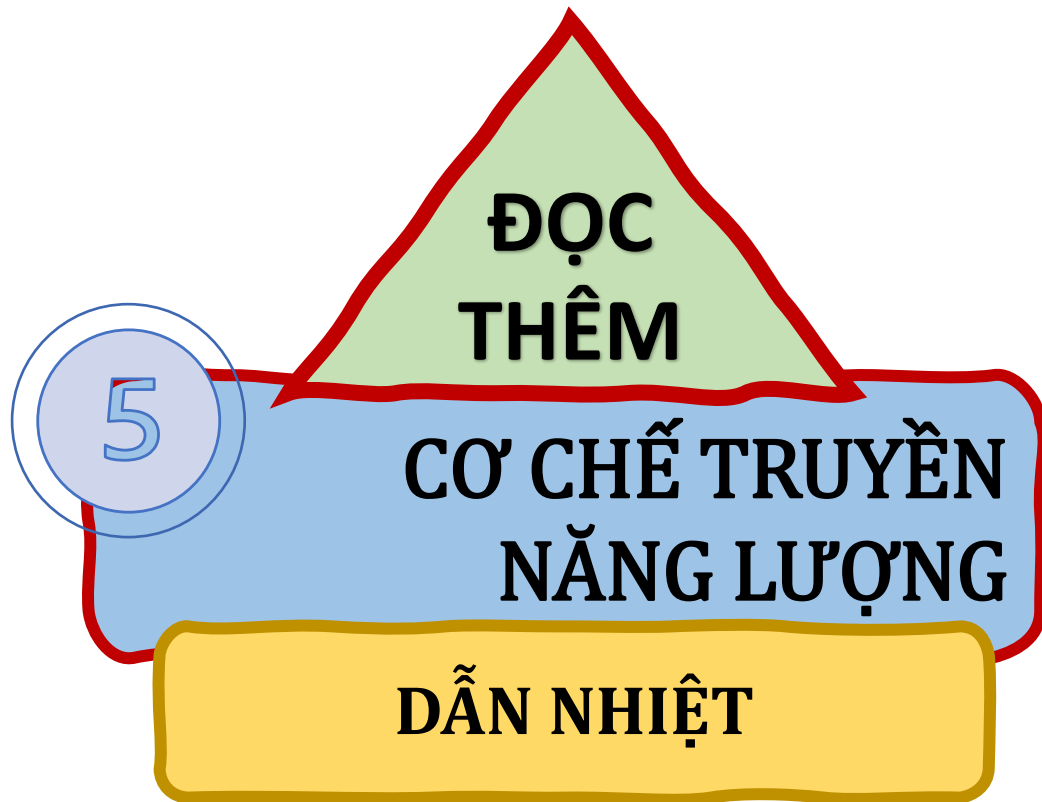
**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

DẪN NHIỆT

Trong phần này ta sẽ tìm hiểu về cơ chế truyền năng lượng giữa hai vật làm thay đổi nhiệt độ của hai vật như thế nào?

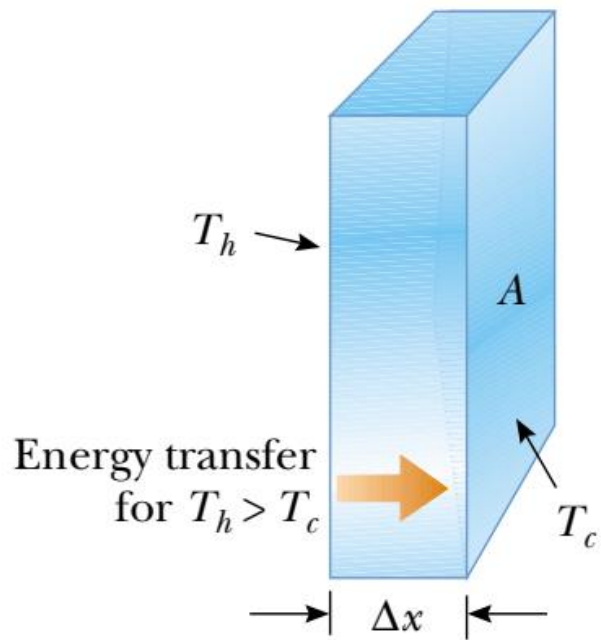
DẪN NHIỆT: quá trình truyền năng lượng nhiệt cũng có thể được gọi là quá trình dẫn nhiệt. Trong quá trình này sự truyền năng lượng có thể được biểu diễn theo các nguyên tử hay phân tử như là sự trao đổi động năng giữa các hạt vi mô như nguyên tử hay phân tử và electron tự do. Trong đó các hạt ít động năng hơn sẽ nhận năng lượng thông qua va chạm với các hạt có nhiều động năng hơn.

Ví dụ như một tay ta nắm vào một đầu thanh kim loại, đầu còn lại của thanh được đưa vào ngọn lửa, một lúc sau ta sẽ thấy nóng ở đầu thanh ta cầm, có nghĩa là năng lượng đi đến tay của ta thông qua sự dẫn năng lượng nhiệt hay dẫn nhiệt.



Lúc đầu khi mới đưa thanh kim loại vào ngọn lửa thì các nguyên tử ở đầu thanh chỉ dao động quanh vị trí cân bằng của chúng. Khi đốt nóng đầu thanh thì các nguyên tử ở gần ngọn lửa sẽ dao động với biên độ càng lúc càng lớn. Các nguyên tử này va chạm với các nguyên tử lân cận và truyền một phần năng lượng cho các nguyên tử lân cận qua va chạm. Từ từ sự tăng biên độ dao động của các nguyên tử và electron sẽ lan truyền từ ngọn lửa đến vị trí tay ta cầm. Sự tăng dao động này sẽ được ghi nhận qua sự tăng nhiệt độ của thanh kim loại.

Tốc độ dẫn nhiệt phụ thuộc vào tính chất của vật được tiếp xúc nhiệt. Sự dẫn nhiệt chỉ xuất hiện khi có sự khác biệt nhiệt độ giữa hai phần của vật dẫn.



**ĐỌC
THÊM**

5

CƠ CHẾ TRUYỀN NĂNG LƯỢNG

DẪN NHIỆT

Xét một tấm vật liệu có bề dày Δx và có tiết diện A , một bề mặt của tấm có nhiệt độ T_c và mặt còn lại có nhiệt độ T_h như mô tả trong hình. Thực nghiệm đã cho thấy rằng có năng lượng Q được truyền từ bề mặt nóng sang bề mặt lạnh trong khoảng thời gian Δt . Tốc độ truyền nhiệt lượng

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (68)$$

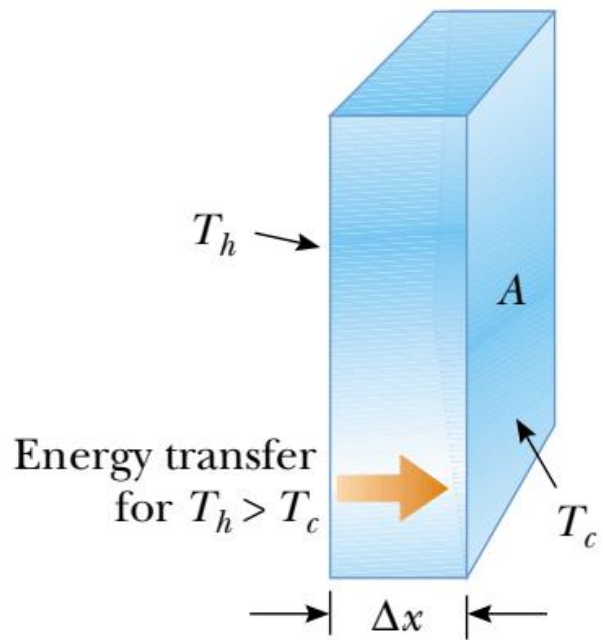
Tỷ lệ thuận với diện tích bề mặt và sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (69)$$

Và tỷ lệ nghịch với bề dày của tấm vật liệu Δx . Nên

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \propto \frac{A}{\Delta x} \Delta T \quad (70)$$

Lưu ý đơn vị của φ là Watt (W) khi Q đơn vị là Joule (J) và Δt đơn vị là giây (s). Thực sự đây chính là công suất truyền nhiệt lượng nên có đơn vị Watt.



**ĐỌC
THÊM**

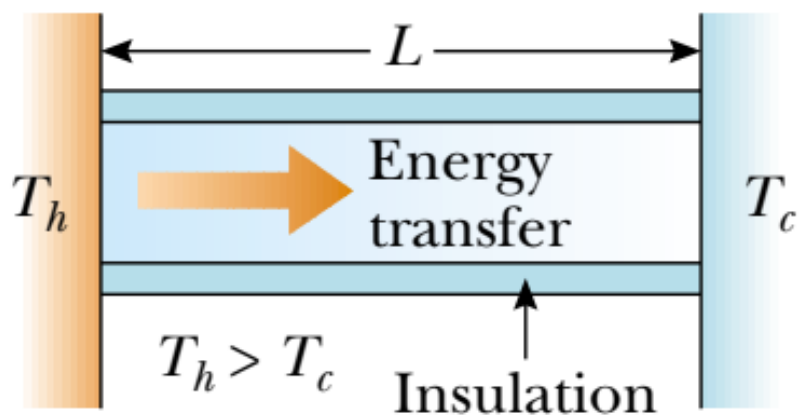
**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

DẪN NHIỆT

Nếu tấm vật liệu vô cùng mỏng dx có sự chênh lệch nhiệt độ vô cùng nhỏ dT thì khi đó định luật dẫn nhiệt được viết như sau:

$$\mathcal{P} = kA \left| \frac{dT}{dx} \right| \quad (71)$$

Với k là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu và $\left| \frac{dT}{dx} \right|$ là độ biến thiên nhiệt độ theo bề dày của vật liệu.



Giả sử ta có thanh đồng chất có chiều dài L được bọc chất cách nhiệt sao cho nhiệt lượng không thể thoát ra khỏi bề mặt của thanh ngoài trừ hai mặt ở hai đầu thanh như trong hình. Một đầu của thanh tiếp xúc nhiệt với nguồn nhiệt có nhiệt độ T_c và đầu còn lại tiếp xúc nhiệt với nguồn nhiệt có nhiệt độ T_h sao cho $T_h > T_c$. Khi hệ đạt trạng thái ổn định thì mọi điểm dọc theo thanh đều có nhiệt độ không đổi. Trong trường hợp này nếu ta giả sử rằng k không phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi đó độ biến thiên nhiệt độ thì như nhau ở mọi điểm dọc theo thanh và được xác định

$$\left| \frac{dT}{dx} \right| = \frac{T_h - T_c}{L} \quad (72)$$

Khi đó tốc độ truyền dẫn năng lượng qua thanh là

$$\dot{Q} = kA \left(\frac{T_h - T_c}{L} \right) \quad (73)$$

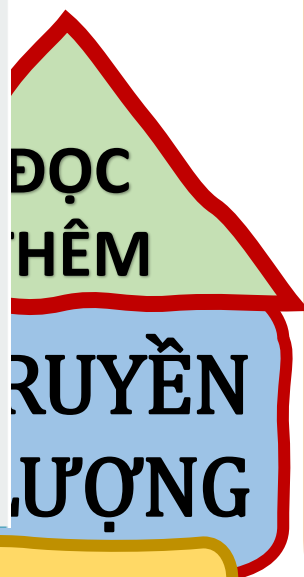
5

**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

DẪN NHIỆT

**ĐỌC
THÊM**

Thermal Conductivities	
Substance	Thermal Conductivity (W/m · °C)
<i>Metals (at 25°C)</i>	
Aluminum	238
Copper	397
Gold	314
Iron	79.5
Lead	34.7
Silver	427
<i>Nonmetals (approximate values)</i>	
Asbestos	0.08
Concrete	0.8
Diamond	2 300
Glass	0.8
Ice	2
Rubber	0.2
Water	0.6
Wood	0.08
<i>Gases (at 20°C)</i>	
Air	0.023 4
Helium	0.138
Hydrogen	0.172
Nitrogen	0.023 4
Oxygen	0.023 8



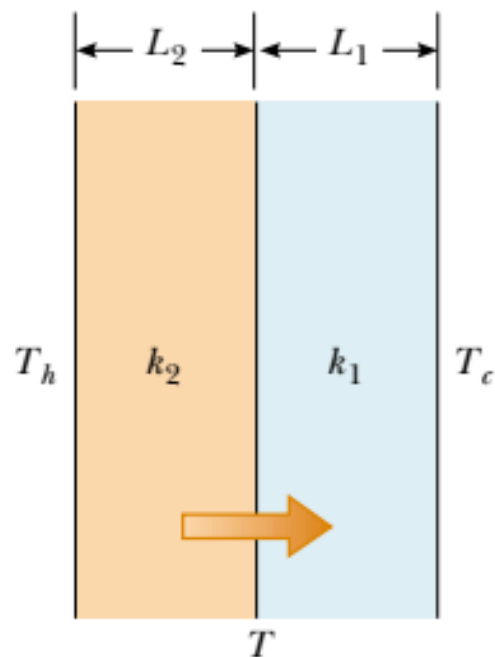
DẪN NHIỆT

Vật liệu dẫn nhiệt tốt thì có khả năng dẫn năng lượng lớn, trong khi đó với vật liệu cách nhiệt – không dẫn nhiệt tốt thì khả năng dẫn năng lượng kém. Hệ số dẫn nhiệt cho một số chất được cho trong bảng.

Đối với các tấm hỗn hợp gồm nhiều tấm có vật liệu khác nhau có bề dày khác nhau L_1, L_2, \dots và có hệ số dẫn nhiệt k_1, k_2, \dots kết hợp lại thì ta có tốc độ truyền năng lượng qua tấm hỗn hợp này khi ở trạng thái ổn định là

$$\dot{Q} = A \left(\frac{T_h - T_c}{\sum \frac{L_i}{k_i}} \right) \quad (74)$$

Với T_c và T_h là nhiệt độ ở hai mặt ngoài cùng của tấm vật liệu.



cho hai tấm phẳng có bề dày L_1 và L_2 có độ dẫn nhiệt k_1 và k_2 được tiếp xúc nhiệt với nhau như trong hình. Nhiệt độ ở hai mặt ngoài của hai tấm này là T_c và T_h tương ứng với $T_h > T_c$. Xác định nhiệt độ ở mặt tiếp xúc của hai tấm và tốc độ truyền năng lượng bởi sự dẫn nhiệt giữa hai tấm trong điều kiện ổn định?

Giải:

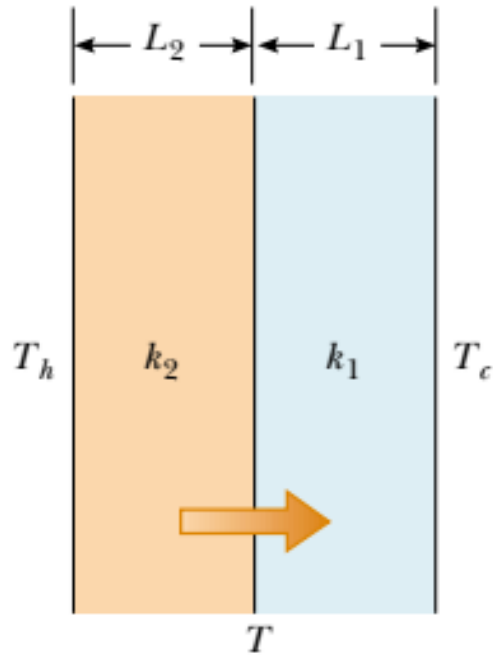
Điều kiện ổn định có nghĩa là tốc độ truyền năng lượng như nhau ở mọi điểm trong hai tấm phẳng. Nếu không ổn định thì sẽ có điểm trên hai tấm năng lượng được tích lũy hoặc cũng có điểm mà năng lượng ở đó bị biến mất. Hơn thế nữa nếu điều kiện không ổn định thì nhiệt độ thay đổi ở các điểm khác nhau cũng khác nhau.

**ĐỌC
THÊM**

**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

DẪN NHIỆT

VÍ DỤ 9



**ĐỌC
THÊM**

**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

DẪN NHIỆT

Do đó khi điều kiện ổn định thì ở bề mặt tiếp xúc ta có nhiệt độ của hai tấm luôn được xác định không đổi là T . Khi đó ta dùng công thức (73) để tính tốc độ truyền năng lượng giữa hai tấm như sau:

Tốc độ truyền năng lượng qua tấm 1 có bề dày L_1 , có mặt ngoài có nhiệt độ T_c :

$$\dot{Q}_1 = k_1 A \left(\frac{T - T_c}{L_1} \right) \quad (v-1)$$

Tốc độ truyền năng lượng qua tấm 2 có bề dày L_2 , có mặt ngoài có nhiệt độ T_h :

$$\dot{Q}_2 = k_2 A \left(\frac{T_h - T}{L_2} \right) \quad (v-2)$$

Khi hệ ổn định ta có tốc độ truyền năng lượng giữa hai tấm bằng nhau:

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 \Rightarrow k_1 A \left(\frac{T - T_c}{L_1} \right) = k_2 A \left(\frac{T_h - T}{L_2} \right)$$

$$\Rightarrow T = \frac{k_1 L_2 T_c + k_2 L_1 T_h}{k_1 L_2 + k_2 L_1} \quad (v-3)$$

Thay (v-3) vào (v-1) ta có

$$\dot{Q}_1 = \frac{A(T_h - T_c)}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}} \quad (v-4)$$



**ĐỌC
THÊM**

5

CƠ CHẾ TRUYỀN NĂNG LƯỢNG

NHÀ CÁCH NHIỆT

Trong thực tế số hạng L/k cho một vật liệu cụ thể được xem như là giá trị R của vật liệu. Khi đó phương trình tốc độ truyền năng lượng (74) được viết thành

$$\dot{Q} = A \left(\frac{T_h - T_c}{\sum_i R_i} \right) \quad (75)$$

Với $R_i = L_i/k_i$, giá trị R của một số vật liệu được cho trong bảng. Ở Mỹ tính chất cách nhiệt của vật liệu được xác định theo đơn vị của Mỹ không phải theo đơn vị SI. Do đó các giá trị trong bảng được cho theo đơn vị của Anh (British). Đối với mặt thoáng theo hướng thẳng đứng được mở ra để lấy không khí có một lớp đọng nước rất mỏng của không khí tồn tại ở đây. Nên khí xây tường và muốn xác định hệ số R của tường thì cần phải xem xét đến lớp không khí đọng nước ở bề mặt này. Bề dày của lớp đọng nước bên vách ngoài của bức tường phụ thuộc vào tốc độ của gió. Nên sự thất thoát của năng lượng trong nhà ra ngoài trong những ngày gió thì lớn trong những ngày không có gió. Giá trị R cho những lớp đọng nước này được cho trong bảng.



**ĐỌC
THÊM**

**CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG**

NHÀ CÁCH NHIỆT

R Values for Some Common Building Materials

Material	R value (ft² · °F · h/Btu)
Hardwood siding (1 in. thick)	0.91
Wood shingles (lapped)	0.87
Brick (4 in. thick)	4.00
Concrete block (filled cores)	1.93
Fiberglass insulation (3.5 in. thick)	10.90
Fiberglass insulation (6 in. thick)	18.80
Fiberglass board (1 in. thick)	4.35
Cellulose fiber (1 in. thick)	3.70
Flat glass (0.125 in. thick)	0.89
Insulating glass (0.25-in. space)	1.54
Air space (3.5 in. thick)	1.01
Stagnant air layer	0.17
Drywall (0.5 in. thick)	0.45
Sheathing (0.5 in. thick)	1.32



ĐỌC
THÊM

5

CƠ CHẾ TRUYỀN
NĂNG LƯỢNG

NHÀ CÁCH NHIỆT

Example 20.10 The R Value of a Typical Wall

Interactive

Calculate the total R value for a wall constructed as shown in Figure 20.14a. Starting outside the house (toward the front in the figure) and moving inward, the wall consists of 4 in. of brick, 0.5 in. of sheathing, an air space 3.5 in. thick, and 0.5 in. of drywall. Do not forget the stagnant air layers inside and outside the house.

Solution Referring to Table 20.4, we find that

R_1 (outside stagnant air layer)	$= 0.17 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_2 (brick)	$= 4.00 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_3 (sheathing)	$= 1.32 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_4 (air space)	$= 1.01 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_5 (drywall)	$= 0.45 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_6 (inside stagnant air layer)	$= 0.17 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_{total}	$= 7.12 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$

What If? You are not happy with this total R value for the wall. You cannot change the overall structure, but you can fill the air space as in Figure 20.14b. What material should you

choose to fill the air space in order to *maximize* the total R value?

Answer Looking at Table 20.4, we see that 3.5 in. of fiberglass insulation is over ten times as effective at insulating the wall as 3.5 in. of air. Thus, we could fill the air space with fiberglass insulation. The result is that we add $10.90 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$ of R value and we lose $1.01 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$ due to the air space we have replaced, for a total change of $10.90 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu} - 1.01 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu} = 9.89 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$. The new total R value is $7.12 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu} + 9.89 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu} = 17.01 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h/Btu}$.

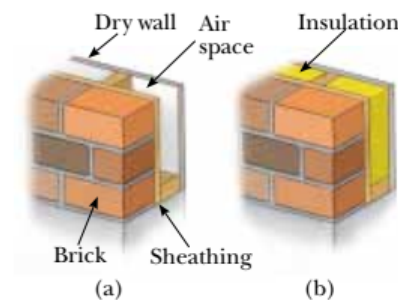
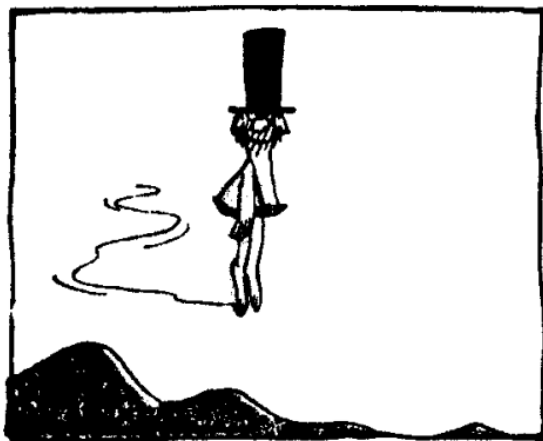


Figure 20.14 (Example 20.10) An exterior house wall containing (a) an air space and (b) insulation.

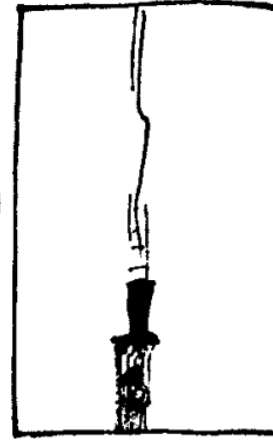
B.C.



79



By John Hart



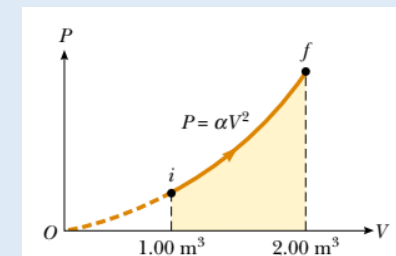
By permission of John Hart and Field Enterprises, Inc.

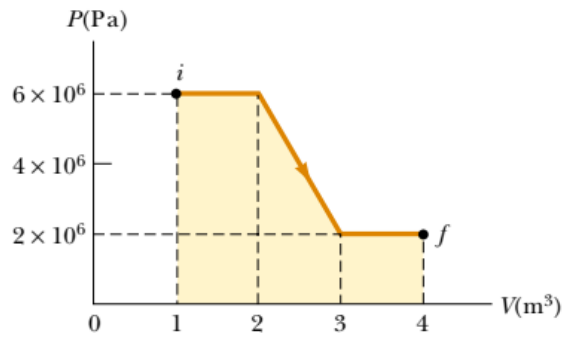
BÀI TẬP CUỐI BÀI

Bài 1: Một chất khí được chứa trong bình ở áp suất 1,50 atm có thể tích 4,00 m³. Tính công thực hiện bởi chất khí nếu

- a) Nếu chất khí giãn nở đẳng áp đến thể tích gấp đôi ban đầu?
- b) Nếu chất khí được nén đẳng áp đến thể tích bằng 1/4 thể tích ban đầu?

Bài 2: Một chất khí lý tưởng ban đầu có thể tích 1,00m³ được cho giãn nở gấp đôi thể tích ban đầu trong quá trình giả tĩnh với áp suất được tính theo $P = \alpha V^2$, với $\alpha = 5,00 \text{ atm/m}^6$ như biểu diễn trong hình. Tính công giãn nở của chất khí?





BÀI TẬP CUỐI BÀI

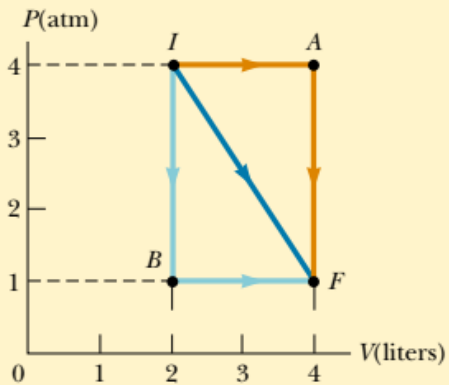
Bài 3: a) Hãy xác định công thực hiện bởi chất lỏng mà giãn nở từ quá trình i đến f như trong hình. b) Cần bao nhiêu công để nén chất lỏng từ f đến i theo cùng đường quá trình?

Bài 4: Một mol khí lý tưởng được đun nóng chậm sao cho nó đi từ trạng thái (P_i, V_i) đến $(3P_i, 3V_i)$ theo cách mà áp suất tỷ lệ trực tiếp với thể tích.

- Có bao nhiêu công được thực hiện trong quá trình?
- Nhiệt độ liên hệ với thể tích trong quá trình như thế nào?

Bài 5: Cho mẫu khí heli được xem như khí lý tưởng khi nó được thêm năng lượng bằng cách đun nóng ở áp suất không đổi từ 273K đến 373K. Nếu chất khí thực hiện một công 20,0J, hãy xác định khối lượng của khí heli?

Bài 6: Một chất khí lý tưởng được chứa trong một xilanh hình trụ bịt kín một đầu, còn một đầu còn lại có pít tông có thể di chuyển lên xuống. Pít tông có khối lượng 8000g và diện tích 5,00cm², và nó tự do di chuyển lên xuống để giữ áp suất khí không đổi. Hãy xác định công thực hiện của 0,2 mol khí khi nhiệt độ khí tăng từ 20°C đến 300°C?



BÀI TẬP CUỐI BÀI

Bài 7: Một chất khí được giãn nở từ I đến F theo ba đường như trong hình. Hãy tính công của chất khí được thực hiện theo đường IAF, IF, và IBF?

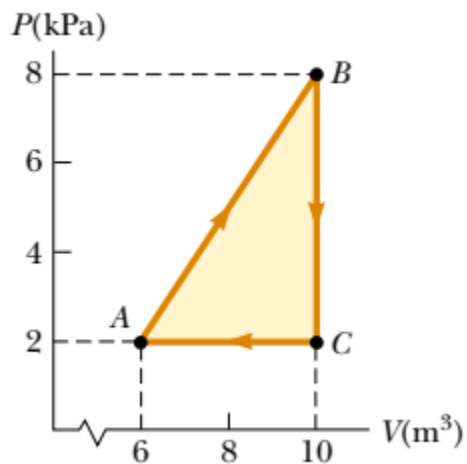
Bài 8: Một chất khí được nén từ thể tích 9,0 lít về thể tích 2,0 lít ở áp suất không đổi là 0,800 atm. Trong quá trình nén này chất khí thải ra ngoài một nhiệt lượng 400J.

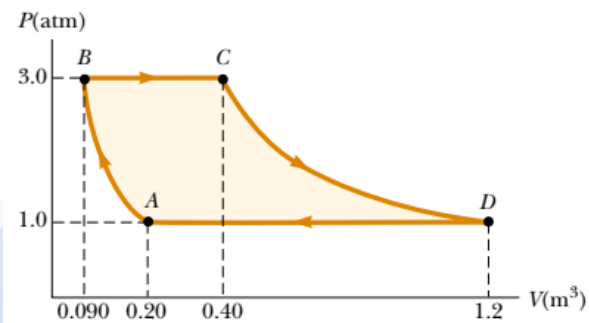
- Tính công thực hiện của chất khí?
- Tính độ biến thiên nội năng của chất khí?

Bài 9: Một quá trình nhiệt động học làm cho hệ có nội năng giảm một lượng 500J. Nếu cùng lúc đó thực hiện một công 220J lên hệ. Hãy tính nhiệt lượng của hệ? cho biết nhiệt lượng truyền vào hệ hay truyền ra khỏi hệ?

Bài 10: Một chất khí thực hiện một chu trình kín như mô tả trong hình

- Tính nhiệt lượng hệ nhận được trong một chu trình?
- Nếu chu trình là thuận nghịch có nghĩa là hệ có thể đi ngược lại theo chiều ACBA, hãy tính nhiệt lượng cung cấp cho hệ theo chu trình này?





BÀI TẬP CUỐI BÀI

Bài 11: Cho khí lý tưởng thực hiện chu trình như trong hình. Quá trình $A \rightarrow B$ là quá trình đoạn nhiệt, $B \rightarrow C$ là quá trình đẳng áp và trong quá trình này hệ nhận 100kJ nhiệt lượng, $C \rightarrow D$ là quá trình đẳng nhiệt; $D \rightarrow A$ là quá trình đẳng áp, trong quá trình này hệ thải ra ngoài một lượng nhiệt lượng là 150kJ. Hãy xác định độ khác biệt nội năng $U_B - U_A$?

Bài 12: Một khí lý tưởng ban đầu có nhiệt độ 300K thực hiện giãn nở đẳng áp ở áp suất 2,5 kPa. Nếu thể tích tăng từ 1,0 m³ đến 3,0 m³ và nếu truyền cho hệ một nhiệt lượng 12,5 kJ.

- Tìm độ biến thiên nội năng của hệ?
- Tìm nhiệt độ cuối của hệ?

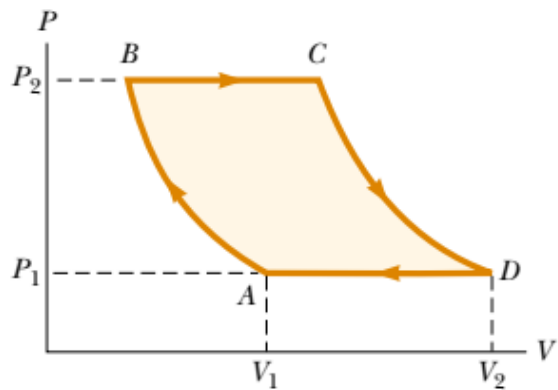
Bài 13: Một mol khí lý tưởng thực hiện một công 3000 J lên môi trường xung quanh khi nó giãn nở đẳng nhiệt đến áp suất cuối là 1,0 atm và thể tích 25,0 lít. Xác định thể tích ban đầu và nhiệt độ của chất khí?

Bài 14: Hãy xác định công thực hiện của hơi nước khi 1,00 mol nước ở 100°C sôi và trở thành 1,00 mol hơi nước ở 100°C và áp suất 1,0 atm? Giả sử hơi nước được xem như là khí lý tưởng, hãy xác định độ biến thiên nội năng của hơi nước khi nước bay hơi?

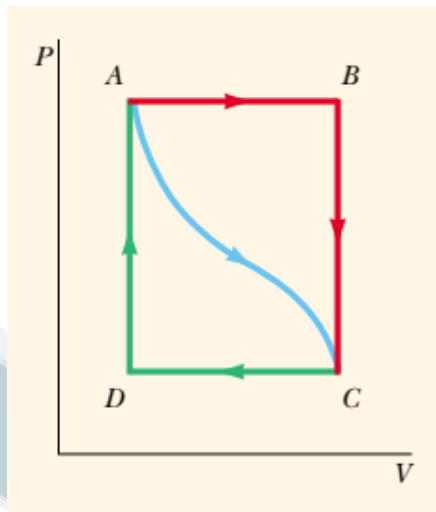
Bài 15: Cho 2,0 mol khí heli ban đầu ở 300K và áp suất 0,4 atm được nén đẳng nhiệt đến áp suất 1,2 atm. Giả sử heli được xem như là khí lý tưởng. Hãy tính

- Thể tích của chất khí?
- Công thực hiện bởi chất khí?
- Nhiệt lượng của chất khí?

Bài 16: Một mol nước bay hơi ở nhiệt độ 373K được làm lạnh xuống 283K. Nhiệt lượng được giải phóng từ quá trình làm lạnh được hấp thụ bởi 10,0 mol chất khí lý tưởng gây ra sự giãn nở đẳng nhiệt của chất khí ở nhiệt độ 273K. Nếu thể tích cuối của khí lý tưởng là 20,0 lít, hãy xác định thể tích ban đầu của chất khí lý tưởng?



BÀI TẬP CUỐI BÀI



Bài 17: Một chất khí lý tưởng thực hiện chu trình nhiệt động học gồm hai quá trình đẳng áp và hai quá trình đẳng nhiệt như cho trong hình. Chứng minh rằng công thực hiện trên một chu trình được cho bởi:

$$W = P_1(V_2 - V_1) \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Bài 18: Như cho trong hình, độ biến thiên nội năng của chất khí khi đi từ A \rightarrow C là $\Delta U_{AC} = + 800\text{J}$. Công thực hiện dọc theo đường ABC là $+ 500\text{J}$.

- Xác định nhiệt lượng chất khí nhận khí hệ đi từ A qua B đến C?
- Nếu áp suất tại điểm A gấp 5 lần áp suất tại C, tính công của hệ thực hiện khi đi từ C \rightarrow D?
- Hãy tính nhiệt lượng hệ trao đổi với môi trường xung quanh khi hệ đi từ C \rightarrow A theo đường màu xanh lá?
- Nếu độ biến thiên nội năng của hệ đi từ D \rightarrow A là $+ 500\text{J}$, hãy tính nhiệt lượng hệ nhận được khi đi từ C \rightarrow D?

BÀI TẬP CUỐI BÀI

Bài 19: Một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử ban đầu có nhiệt độ 300K. Thực hiện quá trình đẳng tích chất khí cần một lượng nhiệt lượng 500J. Sau đó chất khí thực hiện quá trình đẳng áp và mất đi một lượng nhiệt lượng bằng nhiệt lượng cần ở trên.

- a) Xác định nhiệt độ cuối của chất khí?
- b) Xác định công thực hiện của chất khí?

Bài 20: Một mol khí lý tưởng ($\gamma = 1,4$) giãn nở chậm và đoạn nhiệt từ áp suất 5,00 atm và thể tích 12 lít đến thể tích cuối là 30 lít.

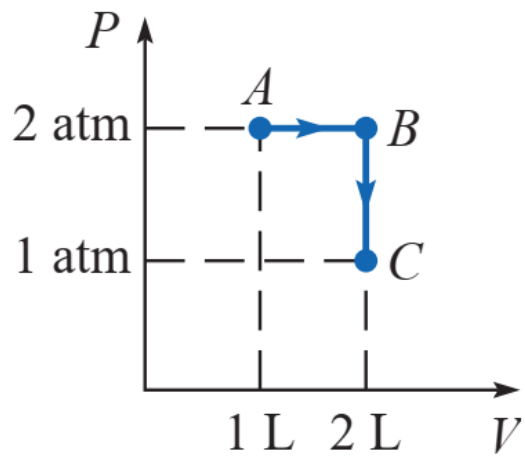
- a) Tính áp suất cuối của chất khí?
- b) Tính nhiệt độ đầu và nhiệt độ cuối của chất khí?
- c) Tìm nhiệt lượng, công thực hiện và độ biến thiên nội năng của chất khí?

Bài 21: Không khí ($\gamma = 1,4$) ở nhiệt độ 27°C và áp suất khí quyển được hút vào bơm xe đạp có dạng hình trụ có đường kính trong 2,50 cm và có độ dài 50,0 cm. Quá trình ép xuống của bơm được xem như quá trình nén đoạn nhiệt đến áp suất 800kPa trước khi khí được bơm vào bánh xe.

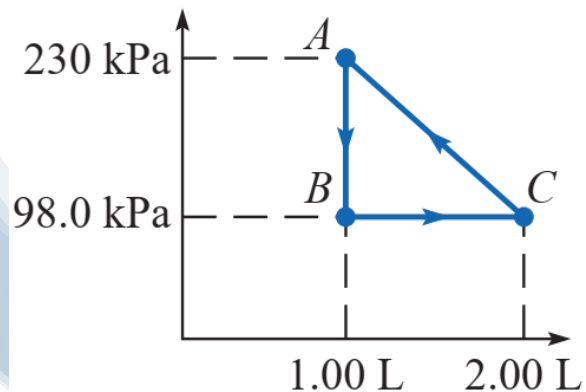
- a) Xác định thể tích của khí nén trước khi bơm vào bánh xe?
- b) Xác định nhiệt độ của khí nén?
- c) Thành ống bơm được làm bằng vật liệu thép có bề dày 2,0mm, giả sử 4,0 cm chiều dài bơm đạt trạng thái cân bằng nhiệt với không khí. Xác định độ tăng nhiệt độ của thành ống bơm?

Bài 22: Xác định công cần để nén 5,00 mol không khí ở 20°C và áp suất 1,0 atm đến thể tích bằng 1/10 thể tích ban đầu cho các quá trình:

- a) Đẳng nhiệt?
- b) Đoạn nhiệt?
- c) Tính áp suất cuối cho mỗi quá trình trên?

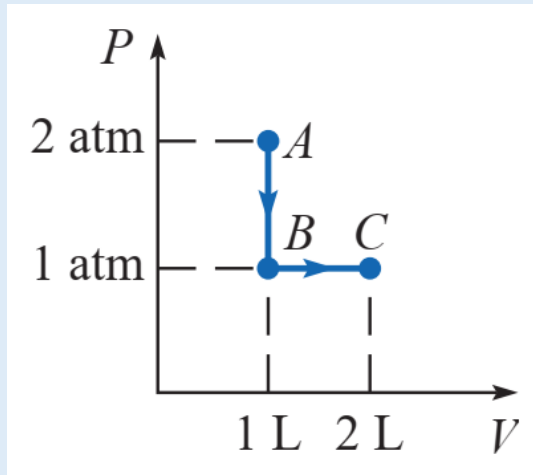


BÀI TẬP CUỐI BÀI



Bài 23: Một chất khí lý tưởng đơn nguyên tử ở nhiệt độ 27°C thực hiện quá trình đẳng áp $A \rightarrow B$ và quá trình đẳng tích từ $B \rightarrow C$. Xác định tổng công thực hiện của hai quá trình này?

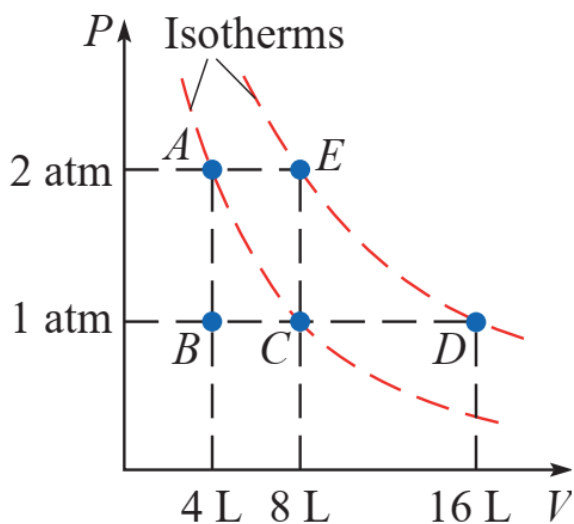
Bài 24: Một chất khí lý tưởng đơn nguyên tử ở nhiệt độ 27°C thực hiện quá trình đẳng tích $A \rightarrow B$ và quá trình đẳng áp từ $B \rightarrow C$. Xác định tổng công thực hiện của hai quá trình này?



Bài 25: Cho một khí lý tưởng đơn nguyên tử thực hiện chu trình trong giản đồ PV như trong hình.

- Nếu cho 0,02 mol khí lý tưởng hãy xác định nhiệt độ và áp suất ở điểm C?
- Xác định độ biến thiên nội năng của chất khí khi đi từ $A \rightarrow B$?
- Xác định công thực hiện của chất khí trên một chu trình?
- Xác định độ biến thiên nội năng của chất khí trong một chu trình?

BÀI TẬP CUỐI BÀI



• **Bài 26:** Cho 1,0 mol khí oxy được đun nóng ở áp suất không đổi 1,00 atm từ nhiệt độ $10,0^{\circ}\text{C}$ đến 25°C .

- Xác định nhiệt lượng hấp thụ bởi chất khí?
- Sử dụng định luật khí lý tưởng xác định sự thay đổi thể tích của quá trình này?
- Tính công thực hiện của chất khí trong suốt quá trình giãn nở này?
- Dùng nguyên lý I tính độ biến thiên nội năng của chất khí trong quá trình này?

• **Bài 27:** Cho khí lý tưởng đơn nguyên tử thay đổi từ trạng thái A đến trạng thái D bởi một trong những quá trình được cho như trong hình trong giản đồ PV.

- Tính tổng công thực hiện của chất khí khi chất khí đi từ A đến B theo đường đẳng tích sau đó đi theo đường BCD?
- Tính tổng độ biến thiên nội năng và nhiệt lượng truyền vào cho chất khí cho quá trình như câu a: ABCD với AB quá trình đẳng tích rồi tiếp đến BCD?
- Tính tổng công, độ biến thiên nội năng và nhiệt lượng của quá trình ACD với A đi qua C theo đường đẳng nhiệt?
- Tính tổng công, độ biến thiên nội năng và nhiệt lượng của quá trình AED với A đi qua C theo đường A qua E đẳng áp rồi từ E đến D đẳng nhiệt ?

BÀI TẬP LÀM THÊM

7.1. 160g khí ôxy được đun nóng từ nhiệt độ 0°C đến 60°C . Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của một khối khí trong hai quá trình:

a) Đẳng tích.

b) Đẳng áp.

7.2. Biết nhiệt dung riêng đẳng tích của một chất khí đa nguyên tử là $c_v = 1400\text{J/kg.K}$. Tìm khối lượng riêng của khí đó ở điều kiện tiêu chuẩn.

7.3. Tìm nhiệt dung riêng đẳng áp của một chất khí, nếu biết khối lượng của một kilomol khí đó là 30kg/kmol và hệ số poisson $\gamma = 1,4$.

7.4. Một bình kín chứa 14g nitơ ở áp suất 1at và nhiệt độ 27°C . Sau khi hơi nóng, nhiệt độ lên đến 1500K. Hỏi:

a) Thể tích của bình.

b) độ tăng nội năng của khí.

7.5. Nén đẳng nhiệt 3 lit không khí ở áp suất 1at. Nhiệt lượng tỏa ra là 676J, tìm thể tích cuối cùng của khối khí.

7.6. Một bình kín có thể tích 2 lít, đựng 12g khí nitơ ở nhiệt độ 10°C . Sau khi hơi nóng, áp suất trong bình lên đến 10^4mmHg . Tìm nhiệt lượng mà khối khí nhận được, biết rằng bình dẫn nở kém.

a) Áp suất và nhiệt độ của khối khí sau mỗi quá trình nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.

b) Công cần thiết để nén khí trong mỗi quá trình trên. Từ đó suy ra nên nén theo cách nào thì lợi hơn.