

PHẦN 2. NHIỆT HỌC

Trong phần cơ học ta đã nghiên cứu dạng chuyển động cơ. Khi nghiên cứu chuyển động đó ta chưa chú ý đến những quá trình xảy ra bên trong vật, chưa xét đến những quá trình liên quan đến cấu tạo của vật.

Ta cũng đã biết một vật được cấu tạo bởi vô số các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng. Những hiện tượng ‘nhiệt’ là những hiện tượng có liên quan chặt chẽ đến chuyển động hỗn loạn của các phân tử. Vì vậy chuyển động hỗn loạn của các phân tử còn gọi là chuyển động nhiệt.

Nhiệt học là bộ môn nghiên cứu những hiện tượng dựa trên cơ sở là sự hiểu biết về cấu tạo của vật chất. Đối tượng nghiên cứu là một hệ gồm một số rất lớn các phân tử chuyển động. Nhiệm vụ của nó là nghiên cứu mối liên hệ giữa những tính chất vĩ mô của một hệ vật chất (VD: $T, p, \dots$) với những tính chất và định luật chuyển động của các phân tử cấu tạo nên hệ đó.

Để nghiên cứu chuyển động nhiệt người ta dùng các phương pháp thống kê và phương pháp nhiệt động.

Phương pháp thống kê: Phương pháp này phân tích quá trình xảy ra đối với từng phân tử, nguyên tử riêng biệt cấu tạo nên vật, rồi dựa vào các quy luật thống kê để tìm quy luật chung cho cả tập hợp phân tử và các tính chất của vật.

Phương pháp nhiệt động: Là phương pháp dựa trên cơ sở là những nguyên lý cơ bản rút ra từ thực tiễn để giải thích các hiện tượng nhiệt mà không chú ý đến cấu tạo phân tử của vật. Phương pháp này nghiên cứu các hiện tượng trên quan điểm về sự biến đổi năng lượng trong các hiện tượng đó.

Chương 1. MỞ ĐẦU

1.1. THÔNG SỐ TRẠNG THÁI VÀ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI. ÁP SUẤT VÀ NHIỆT ĐỘ

1.1.1. Thông số trạng thái và phương trình trạng thái

Khi ta nghiên cứu một vật và thấy tính chất của vật thay đổi ta nói trạng thái của vật đã thay đổi. Trạng thái của vật được xác định bởi một tập hợp các tính chất, mỗi tính chất lại được đặc trưng bởi một đại lượng vật lý. Như vậy trạng thái của một vật được xác định bởi một tập hợp xác định các đại lượng Vật lý. Các đại lượng này gọi là các thông số trạng thái của hệ.

Hệ thức giữa các thông số trạng thái của một vật gọi là phương trình trạng thái của vật đó.

Ví dụ.

Để xác định trạng thái của một khối khí ta có ba thông số trạng thái đó là: áp suất p , thể tích V , nhiệt độ tuyệt đối T . Ba thông số trên gọi là các thông số nhiệt.

Thực nghiệm chứng tỏ rằng trong ba thông số đó chỉ có hai thông số độc lập, nghĩa là tìm được phương trình trạng thái dạng tổng quát của một khối khí:

$$f(p, V, T) = 0 \quad (1.1)$$

1.1.2. Khái niệm áp suất và nhiệt độ.

a, Áp suất

Áp suất là đại lượng vật lý có giá trị bằng lực nén vuông góc lên một đơn vị diện tích.

$$p = \frac{F}{\Delta S} \quad (1.2)$$

Còn đối với chất khí, áp suất chất khí là lực mà các phân tử khí tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích thành bình.

Đơn vị của áp suất:

- Trong hệ SI là N/m^2 hay Paxcan (Pa).
- Ngoài ra còn có các đơn vị khác: at, atm, mmHg, tor, bar.
 - Atmôtphe vật lý (at): $1at = 9,81 \cdot 10^4 N/m^2 = 736mmHg$,
 - Atmôtphe kĩ thuật (atm): $1atm = 1,033at = 1,013 \cdot 10^5 N/m^2$.

b, Nhiệt độ

Nhiệt độ là một trong những khái niệm cơ bản của Vật lý phân tử và nhiệt học. *Nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho tính chất vĩ mô của vật, thể hiện mức độ nhanh chậm của chuyển động hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật.*

Để có thể định nghĩa nhiệt độ một cách định lượng, chúng ta cần có một thang đo và gán cho thang đó các con số khác nhau ứng với mức độ nóng lạnh khác nhau. Dụng cụ để đo nhiệt độ gọi là nhiệt kế.

Hai thang nhiệt độ được sử dụng phổ biến trong Vật lý là:

- **Thang nhiệt độ Celcius (thang nhiệt độ bách phân)**

Trong thang nhiệt độ này, nhiệt độ bắt đầu sự đóng băng của của nước tinh khiết được quy ước là $0^{\circ}C$ còn nhiệt độ sôi của nước ở $760mmHg$ được gán cho giá trị $100^{\circ}C$.

Sử dụng nhiệt kế thủy ngân, thì độ chênh lệch độ cao cột thủy ngân được chia làm 100 vạch (nên có tên gọi là thang nhiệt bách phân 100 phần), mỗi vạch ứng với $1^{\circ}C$ trong thang nhiệt độ Celcius.

Trong thang nhiệt độ Celcius nhiệt độ có thể âm, bằng không, dương.

Nhiệt độ thấp nhất trong thang Celcius bằng $-273,16^{\circ}C$.

Kí hiệu nhiệt độ trong thang Celcius là $t^{\circ}C$

- **Thang nhiệt độ Kelvin (thang nhiệt độ tuyệt đối).**

Trong thang nhiệt độ này, nhiệt độ của vật được kí hiệu là: $T K$.

Một độ chia trong thang Kelvin cũng bằng một độ chia trong thang Celcius, nhưng không độ tuyệt đối $0K$ trong thang Kelvin thì tương ứng với $-273,16^{\circ}C$ trong thang nhiệt Celcius. Khi $T = 0K$ các phân tử ngừng chuyển động nhiệt hỗn loạn. Vậy trong thang độ Kelvin không có nhiệt độ âm. Do đó thang nhiệt độ này còn được gọi là thang nhiệt độ tuyệt đối.

Mối liên hệ giữa thang nhiệt độ Kelvin và thang nhiệt độ Celcius:

$$TK = 273,16 + t^{\circ}C. \quad (1.3)$$

Trong tính toán đơn giản ta thường lấy:

$$TK = 273 + t^{\circ}C.$$

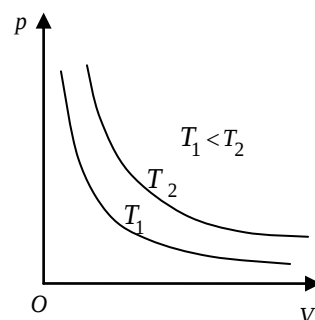
1.2. CÁC ĐỊNH LUẬT THỰC NGHIỆM VỀ CHẤT KHÍ

Các định luật thực nghiệm ta tìm hiểu trong bài này là định luật Boiler–Mariot, định luật Gay – Lussac. Đây là các định luật được tìm ra nhờ con đường thực nghiệm. Cụ thể người ta xét quá trình biến đổi trạng thái của một khối khí nhất định trong đó một thông số có giá trị được giữ không đổi. Quá trình đó gọi là đẳng quá trình. Chúng ta có ba đẳng quá trình đó là đẳng nhiệt, đẳng tích và đẳng áp được nghiên cứu bởi Boiler – Mariot và Gay – Lussac.

1.2.1. Định luật Boiler – Mariot

Boiler (1669), Mariot (1676) cùng nghiên cứu quá trình đẳng nhiệt của các chất khí. Hai ông giữ nhiệt độ của một khối khí nhất định không đổi ($T = \text{const}$) và đã tìm ra hệ thức liên hệ giữa áp suất p và thể tích V :

$$pV = \text{const}. \quad (1.4)$$



Hình 1-1

Như vậy: Trong quá trình đẳng nhiệt của một khối khí, thể tích tỷ lệ nghịch với áp suất, hay nói cách khác tích số của thể tích và áp suất một khối khí là một hằng số.

Đường biểu diễn sự biến thiên áp suất theo thể tích khi T không đổi gọi là đường đẳng nhiệt.

Trong hệ trục OpV đường đẳng nhiệt là đường Hypebol. Ứng với các nhiệt độ khác nhau ta có các đường đẳng nhiệt khác nhau. Đường nằm trên ứng với nhiệt độ cao hơn.

1.2.2. Định luật Gay – Lussac

a, Quá trình đẳng tích

Trên thực tế định luật về quá trình đẳng tích đã được tìm ra bởi Sáclo nhưng ông không công bố nên định luật về quá trình đẳng tích được gọi là định luật Gay – Lussac và nhiều sách còn gọi là định luật Sáclo thứ hai:

Trong quá trình đẳng tích của một khối khí nhất định, áp suất tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối.

$$\frac{p}{T} = \text{const.} \quad (1.5)$$

Đường biểu diễn sự biến thiên của áp suất theo nhiệt độ tuyệt đối khi thể tích được giữ không đổi là đường đẳng tích.

Trong hệ trục OpT đường đẳng tích là đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc O.

b, Quá trình đẳng áp

Định luật về quá trình đẳng áp là định luật Gay – Lussac còn gọi là định luật Sáclo thứ nhất:

Trong quá trình đẳng áp của một khối khí nhất định thể tích tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối.

$$\frac{V}{T} = \text{const.} \quad (1.6)$$

Đường biểu diễn sự phụ thuộc của thể tích vào nhiệt độ tuyệt đối khi áp suất không đổi là đường đẳng áp.

Trong hệ trục OVT đường đẳng áp là đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc tọa độ O.

1.2.3. Giới hạn ứng dụng của các định luật Boiler – Mariot và Gay – Lussac

Các định luật trên đều được rút ra từ thực nghiệm. Trong quá trình nghiên cứu các nhà bác học đã sử dụng chất khí ở nhiệt độ và áp suất thông thường.

Vì vậy các định luật trên chỉ áp dụng cho các khối khí ở nhiệt độ và áp suất thông thường của phòng thí nghiệm. Nếu áp suất khí quá cao hoặc nhiệt độ khí quá thấp, thì chất khí không còn tuân theo các định luật đó nữa.

1.3. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG

1.3.1. Khí lý tưởng

Mẫu khí lý tưởng là mẫu khí được xây dựng để đảm bảo cho các định luật Boyle – Mariott, Gay – Lussac được nghiệm đúng. Đó là mẫu khí trong đó:

- Các phân tử khí lý tưởng được coi là các chất điểm chuyển động hỗn loạn và không tương tác với nhau bằng các lực hút phân tử trừ khi chúng va chạm với nhau hoặc va chạm với thành bình.
- Va chạm giữa các phân tử và va chạm với thành bình được xem là va chạm hoàn toàn đàn hồi.
- Kích thước riêng của các phân tử không đáng kể so với khoảng cách giữa chúng.

Nhiều chất khí ở áp suất và nhiệt độ phòng có thể coi là khí lý tưởng.

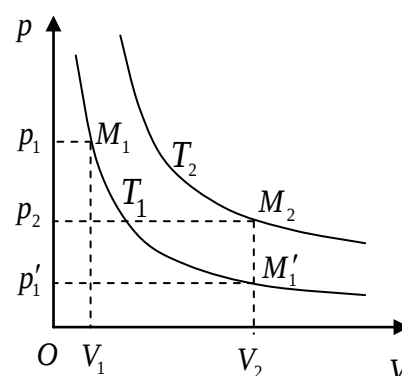
1.3.2. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

a, Thiết lập

Xét một kmol khí lý tưởng có khối lượng μ .

Lúc đầu, khối khí ở trạng thái: $M_1(p_1, V_1, T_1)$.

Sau đó, khối khí biến đổi sang trạng thái: $M_2(p_2, V_2, T_2)$.



Hình 1-2

Giả sử khí biến đổi từ trạng thái đầu sang trạng thái cuối theo hai giai đoạn:

- **Giai đoạn 1:**

Quá trình đẳng nhiệt (nhiệt độ T_1 không đổi). Khí biến đổi từ $M_1 \rightarrow M_1'(p_1'V_2, T_1)$. Theo định luật Boiler – Mariot:

$$p_1 \cdot V_1 = p_1' \cdot V_2. \quad (1.7)$$

- **Giai đoạn 2:**

Quá trình đẳng tích (thể tích V_2 không đổi). Khí biến đổi từ $M_1' \rightarrow M_2'(p_2V_2, T_2)$. Theo định luật Gay – Lussac:

$$\frac{p_1'}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_1' = \frac{T_1 \cdot p_2}{T_2}. \quad (1.8)$$

Thay (1.8) vào (1.7) ta có:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \frac{T_1}{T_2}, \quad (1.9)$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}. \quad (1.10)$$

Vậy đối với 1 kmol khí đã cho ta có hệ thức:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const}. \quad (1.11)$$

Xét 1 kmol khí ở điều kiện tiêu chuẩn ta có:

$$\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{kmol} \cdot K}. \quad (1.12)$$

Đặt:

$$R = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{kmol} \cdot K}, \quad (1.13)$$

R gọi là hằng số khí.

Xét với n kmol khí, $n = \frac{m}{\mu}$ ta có:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{m}{\mu} R. \quad (1.14)$$

b, Phương trình

Chất khí (gần với khí lý tưởng) tuân theo phương trình trạng thái:

$$p.V = \frac{m}{\mu} RT, \quad (1.15)$$

trong đó:

- p là áp suất của khối khí (N/m^2),
- V là thể tích của khối khí (m^3),
- T là nhiệt độ tuyệt đối của khối khí (K),
- m là khối lượng khối khí ta đang xét (kg),
- μ là khối lượng một kmol khí ($kg/kmol$),
- R là hằng số khí lý tưởng: $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{kmol.K}$.

Chú ý:

Có thể sử dụng đơn vị của m là g , μ là g/mol , khi đó $R = 8,31 J/mol.K$.

TỔNG KẾT CHƯƠNG I

1. Áp suất

Áp suất là đại lượng vật lý có giá trị bằng lực nén vuông góc lên một đơn vị diện tích.

$$p = \frac{F}{\Delta S}.$$

Đơn vị của áp suất:

- Trong hệ SI là N/m^2 hay Paxcan (Pa).
- Ngoài ra còn có các đơn vị khác: at, atm, mmHg, tor, bar:
 - Atmôtphe vật lý (at): $1at = 9,81 \cdot 10^4 N/m^2 = 736mmHg$,
 - Atmôtphe kỹ thuật (atm): $1atm = 1,033at = 1,013 \cdot 10^5 N/m^2$.

2. Nhiệt độ

Nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho tính chất vĩ mô của vật, thể hiện mức độ nhanh chậm của chuyển động hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật.

Mối liên hệ giữa thang nhiệt độ Kelvin và thang nhiệt độ Celcius:

$$TK = 273 + t^{\circ}C.$$

3. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} RT = nRT,$$

$$\Rightarrow \frac{p \cdot V}{T} = \text{const}.$$

trong đó:

- p là áp suất của khối khí (N/m^2),
- V là thể tích của khối khí (m^3),
- T là nhiệt độ tuyệt đối của khối khí (K),

- m là khối lượng khối khí ta đang xét (kg),
- μ là khối lượng một kmol khí (kg / kmol),
- R là hằng số khí lý tưởng: $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{kmol.K}}$.

Có thể sử dụng đơn vị của m là g, μ là g/mol, khi đó $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$.

4. Các định luật thực nghiệm của chất khí

- Định luật Boiler – Mariot (Quá trình đẳng nhiệt):

$$\begin{cases} m = \text{const} \\ T = \text{const} \\ pV = \text{const} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m = \text{const} \\ T = \text{const} \\ p_1 V_1 = p_2 V_2 \end{cases}$$

- Định luật Gay – Lussac (Quá trình đẳng tích):

$$\begin{cases} m = \text{const} \\ V = \text{const} \\ \frac{p}{T} = \text{const} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m = \text{const} \\ V = \text{const} \\ \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \end{cases}$$

- Định luật Gay – Lussac (Quá trình đẳng áp):

$$\begin{cases} m = \text{const} \\ p = \text{const} \\ \frac{V}{T} = \text{const} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m = \text{const} \\ p = \text{const} \\ \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \end{cases}$$

CÂU HỎI LÝ THUYẾT

- 1.1. Nêu khái niệm áp suất, đơn vị của áp suất.
- 1.2. Nêu khái niệm nhiệt độ. Trình bày hiểu biết về nhiệt giai Celcius, Kelvin. Nêu mối liên hệ giữa thang nhiệt độ Kelvin và thang nhiệt độ Celcius.
- 1.3. Phát biểu định luật Boiler – Mariot. Viết biểu thức.
- 1.4. Phát biểu định luật Gay – Lussac. Viết biểu thức.
- 1.5. Viết phương trình trạng thái của khí lý tưởng. Nêu tên và đơn vị của từng đại lượng trong biểu thức.
- 1.6. Từ các định luật thực nghiệm thiết lập phương trình trạng thái của khí lý tưởng.
- 1.7. Từ phương trình trạng thái của khí lý tưởng viết biểu thức của các quá trình đẳng nhiệt, đẳng tích, đẳng áp.
- 1.8. Vẽ đường đẳng nhiệt trong các hệ trục tọa độ: OpV , OpT , OVT .
- 1.9. Vẽ đường đẳng tích trong các hệ trục tọa độ: OpT , Opt , OpV , OpV .
- 1.10. Vẽ đường đẳng áp trong các hệ trục tọa độ: OVT , OVt , OpV , OpT .

BÀI TẬP CHƯƠNG I

Bài 1.1.

Trong một bình dung tích $5l$ chứa $2g$ khí Hyđrô ở nhiệt độ $27^{\circ}C$.

- a. Tính áp suất của khối khí trong bình.
- b. Nén đẳng nhiệt để thể tích của khối khí còn lại $2l$. Tính áp suất của khối khí sau khi nén.
- c. Nén đẳng nhiệt để áp suất của khối khí gấp ba lần áp suất ban đầu. Xác định thể tích của khối khí sau khi nén.

Bài 1.2.

Một bình chứa $10g$ khí Oxy ở nhiệt độ $27^{\circ}C$ có áp suất $3at$.

- Xác định dung tích của bình.
- Hơ nóng đẳng tích khối khí đến nhiệt độ 54°C . Tính áp suất của khối khí sau khi hơ nóng.
- Làm lạnh đẳng tích để áp suất của khối khí giảm đi 1at . Xác định nhiệt độ của khối khí sau khi làm lạnh.

Bài 1.3.

Một khối khí Nitơ ở nhiệt độ 37°C có áp suất 3at chiếm thể tích 2l .

- Xác định khối lượng của khối khí.
- Hơ nóng đẳng áp khối khí để thể tích của khối khí là 3 lít . Xác định nhiệt độ của khối khí sau khi hơ nóng.
- Làm lạnh đẳng áp để nhiệt độ của khối khí giảm đi một nửa. Xác định thể tích của khối khí sau khi làm lạnh.

Bài 1.4.

Một bình chứa một khối khí ở nhiệt độ 27°C và dưới áp suất 40at . Áp suất sẽ là bao nhiêu nếu một nửa khối khí đã thoát ra khỏi bình và nhiệt độ giảm xuống tới 12°C .

Bài 1.5.

Một khí cầu có thể tích 300m^3 . Người ta bơm vào khí cầu khí Hydrô ở nhiệt độ 20°C dưới áp suất 750 mmHg . Hỏi bao lâu thì bơm xong nếu từ bình Hydrô mỗi giây có $2,5\text{ gam}$ khí Hydrô vào khí cầu.

Bài 1.6.

Một cái bơm mỗi lần bơm được 4 lít không khí ở áp suất 1 at và nhiệt độ 17°C vào một cái bình có thể tích $1,5\text{ m}^3$. Biết rằng không khí trong bình nóng lên tới 45°C và có áp suất 2 at . Hỏi phải bơm bao nhiêu lần?

Bài 1.7.

Khí được nén đẳng nhiệt từ thể tích 6 lít đến thể tích 4 lít . Áp suất khí do đó tăng thêm $0,75\text{ at}$. Hỏi áp suất ban đầu của khí là bao nhiêu?

Bài 1.8.

Hai bình A và B đựng cùng một chất khí được nối với nhau bằng một ống nằm ngang trong đó có một giọt thủy ngân. Trong một bình khí ở nhiệt độ 0°C và trong bình kia khí ở nhiệt độ 20°C . Hỏi giọt thủy ngân trong ống có dịch chỗ không và dịch về phía nào khi tăng nhiệt độ của khí ở cả hai bình lên:

- Gấp hai lần so với nhiệt độ tuyệt đối ban đầu
- Tăng thêm 10°C .

Bài 1.9.

Có 10 gam khí Ôxy ở áp suất 3 at và nhiệt độ 10°C . Sau khi nung nóng đẳng áp nó chiếm thể tích 10 lít. Tính:

- Thể tích trước khi nung nóng.
- Nhiệt độ sau khi nung nóng.
- Khối lượng riêng của khí trước và sau khi nung nóng.

Bài 1.10.

Một áp kế thông với một bình chứa khí ở nhiệt độ 18°C . Áp kế chỉ 84 at. Nếu ta làm giảm nhiệt độ của khí xuống đến -23°C thì áp kế chỉ áp suất là bao nhiêu? Coi như dung tích của bình không thay đổi theo nhiệt độ.

Chương 2. NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

2.1. NỘI NĂNG CỦA HỆ NHIỆT ĐỘNG. CÔNG VÀ NHIỆT

2.1.1. Hệ nhiệt động

Tập hợp các vật được xác định hoàn toàn bởi một số các thông số vĩ mô, độc lập với nhau được gọi là hệ vĩ mô hay hệ nhiệt động.

Tất cả các vật còn lại, ngoài hệ gọi là ngoại vật đối với hệ hay môi trường xung quanh của hệ.

Hệ không cô lập là hệ có tương tác với môi trường môi trường ngoài.

Nếu hệ và môi trường ngoài không trao đổi nhiệt thì hệ là cô lập về phương diện nhiệt.

Nếu hệ và môi trường trao đổi nhiệt nhưng không sinh công do sự nén hay giãn nở thì hệ là cô lập về phương diện cơ học.

Hệ gọi là cô lập nếu nó hoàn toàn không tương tác và trao đổi năng lượng với môi trường bên ngoài.

2.1.2. Nội năng

Chúng ta đã biết vật chất luôn luôn vận động và năng lượng của hệ là một đại lượng xác định mức độ vận động của vật chất. Năng lượng là một hàm của trạng thái.

Năng lượng của một hệ gồm động năng ứng với chuyển động có hướng của cả hệ, thế năng của hệ trong trường lực và nội năng của hệ là phần năng lượng ứng với vận động bên trong của hệ:

$$W = W_{\vec{v}} + W_t + U, \quad (2.1)$$

trong đó U là nội năng của hệ.

Nội năng của hệ gồm:

- Động năng chuyển động hỗn loạn của các phân tử.
- Thế năng gây bởi lực tương tác phân tử.
- Động năng, thế năng của các nguyên tử trong phân.

- Năng lượng các vỏ điện tử của các nguyên tử và ion, năng lượng hạt nhân.

Như vậy nội năng của khí là một hàm của thể tích V và nhiệt độ tuyệt đối T :

$$U = f(V, T). \quad (2.2)$$

Đối với khí lí tưởng (bỏ qua kích thước và tương tác giữa các phân tử) nội năng là tổng động năng chuyển động nhiệt của các phân tử cấu tạo nên hệ. Nội năng của khí lí tưởng là hàm của nhiệt độ tuyệt đối:

$$U = f(T). \quad (2.3)$$

Trong nhiệt động lực học, ta giả thiết rằng chuyển động có hướng của hệ không đáng kể và hệ không đặt trong trường lực nào, do đó năng lượng của hệ đúng bằng nội năng của hệ.

Nội năng của hệ là một hàm của trạng thái giống như năng lượng.

Ở mỗi trạng thái hệ có một năng lượng (nội năng) xác định. Khi trạng thái của hệ thay đổi thì năng lượng của hệ có thể thay đổi và thực nghiệm xác nhận rằng độ biến thiên năng lượng của hệ trong một quá trình biến đổi chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối mà không phụ thuộc vào quá trình biến đổi. Như vậy năng lượng chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ. Do đó năng lượng là hàm trạng thái.

Giống như thế năng, gốc để tính nội năng là tùy ý. Thông thường người ta giả thiết rằng nội năng của hệ bằng không ở nhiệt độ không tuyệt đối.

2.1.3. Công và nhiệt

Ta đã biết năng lượng có thể truyền từ vật này sang vật khác. Có hai cách truyền năng lượng chính là truyền nhiệt và thực hiện công. Công và nhiệt đều là hàm của quá trình.

a, Công

Thực hiện công là hình thức truyền năng lượng giữa những vật vĩ mô tương tác với nhau và bao giờ cũng gắn liền với sự dịch chuyển định hướng của vật vĩ mô (các vật có kích thước lớn hơn kích thước phân tử rất nhiều).

Như vậy, *công là dạng truyền năng lượng làm tăng mức độ chuyển động có trật tự của một vật.*

Ví dụ.

Khi khí giãn nở trong xilanh đẩy pittông đi lên. Như vậy năng lượng của khí truyền cho pit tông dưới dạng công. Công mà khí thực hiện khi thể tích khí biến đổi từ $V_1 \rightarrow V_2$ là:

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p.dV. \quad (2.4)$$

b, Nhiệt (nhiệt lượng)

Truyền nhiệt là hình thức truyền năng lượng xảy ra trực tiếp giữa những phân tử hay nguyên tử chuyển động hỗn loạn cấu tạo nên các vật đang tương tác. Như vậy, *truyền nhiệt làm thay đổi mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử, và do đó làm thay đổi nội năng của hệ.*

Ví dụ.

Cho vật lạnh tiếp xúc với vật nóng, các phân tử chuyển động nhanh của vật nóng va chạm với các phân tử chuyển động chậm hơn của vật lạnh và truyền cho chúng một phần động năng của mình. Do đó nội năng của vật lạnh tăng lên, nội năng của vật nóng giảm đi. Quá trình tăng và giảm này sẽ dừng lại khi nào nhiệt độ của hai vật bằng nhau.

c, Chú ý

Công và nhiệt đều là hai dạng truyền năng lượng nhưng công và nhiệt có sự khác nhau. Công liên quan đến chuyển động có trật tự, còn nhiệt liên quan đến chuyển động hỗn loạn của các phân tử của hệ. Nhưng giữa công và nhiệt có thể chuyển hóa cho nhau (VD cọ sát, đốt nóng...).

Công và nhiệt đều là các đại lượng dùng để đo mức độ trao đổi năng lượng, nhưng chúng *không phải là một dạng năng lượng.*

Công và nhiệt chỉ xuất hiện trong quá trình biến đổi trạng thái của hệ. Ở mỗi trạng thái không có công và nhiệt. Nếu hệ biến đổi từ trạng thái này sang trạng thái khác theo những con đường khác nhau thì công và nhiệt trong

quá trình biến đổi đó sẽ có những giá trị khác nhau. Do đó, *công và nhiệt không phải là những hàm trạng thái mà là những hàm của quá trình.*

2.2. NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC

Trong phần trên ta thấy nhiệt lượng được truyền cho hệ cũng như thực hiện công đối với hệ đều làm thay đổi nội năng của hệ. Vậy mối liên hệ giữa những đại lượng đó như thế nào. Việc nghiên cứu mối liên hệ giữa công, nhiệt lượng, nội năng dẫn ta đến với nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học.

2.2.1. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học

Thực chất nguyên lý thứ nhất là trường hợp riêng của định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng áp dụng cho các quá trình nhiệt động.

Xét hệ biến đổi từ trạng thái (1) sang trạng thái (2): Hệ nhận công A và nhận nhiệt Q .

Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$\Delta W = A + Q . \quad (2.5)$$

Trong nhiệt động học, ta đã giả thiết năng lượng của hệ cũng chính là nội năng của hệ.

$$\Rightarrow \Delta U = A + Q . \quad (2.6)$$

Từ đây ta có thể phát biểu nguyên lý thứ nhất:

Độ biến thiên nội năng của hệ trong quá trình biến đổi có giá trị bằng tổng công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó.

Quy ước dấu:

- $A > 0$: Hệ nhận công.
- $A < 0$: Hệ sinh công.

Khi đó, ta kí hiệu độ lớn công mà hệ sinh ra là $A' = -A > 0$.

- $Q > 0$: Hệ nhận nhiệt.
- $Q < 0$: Hệ tỏa nhiệt.

Khi đó, ta kí hiệu độ lớn nhiệt lượng mà hệ tỏa ra là $Q' = -Q > 0$.

Từ biểu thức (2.6) suy ra:

$$Q = \Delta U - A = \Delta U + A'. \quad (2.7)$$

Ta có cách phát biểu khác của nguyên lý thứ nhất:

Nhiệt hệ thu được trong quá trình biến đổi có giá trị bằng tổng độ biến thiên nội năng của hệ và công mà hệ sinh ra trong quá trình đó.

Khi hệ thực hiện một quá trình biến đổi vô cùng nhỏ, biểu thức của nguyên lý thứ nhất có dạng:

$$dU = \delta A + \delta Q, \quad (2.8)$$

trong đó dU là độ biến thiên nội năng của hệ, $\delta A, \delta Q$ là công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đó (còn gọi là công và nhiệt lượng nguyên tố).

2.2.2. Hệ quả

a, Xét hệ cô lập (hệ không trao đổi công và nhiệt với bên ngoài)

$$\left. \begin{array}{l} A=0 \\ Q=0 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta U = A + Q = 0 \Rightarrow U = \text{const}. \quad (2.9)$$

Vậy: nội năng của một hệ cô lập được bảo toàn.

b, Xét hệ cô lập gồm hai vật chỉ trao đổi nhiệt.

Gọi Q_1, Q_2 là nhiệt lượng hai vật nhận vào:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = -Q_2 = Q_2'$$

Nếu $Q_1 < 0$ thì $Q_2 > 0$. Suy ra nếu vật thứ nhất tỏa nhiệt thì vật thứ hai thu nhiệt và ngược lại.

Vậy: trong một hệ cô lập gồm hai vật chỉ trao đổi nhiệt thì nhiệt lượng mà vật này nhận được bằng nhiệt lượng mà vật kia tỏa ra.

c, Xét hệ làm việc theo một quá trình khép kín (chu trình)

Sau một dãy biến đổi trạng thái hệ trở về trạng thái ban đầu. Mà ta đã

biết nội năng là một hàm của trạng thái. Vậy sau một chu trình $\Delta U = 0$.

Suy ra :

$$A + Q = 0 \Rightarrow \begin{cases} A = -Q = Q' \\ Q = -A = A' \end{cases}$$

Vậy: *hệ làm việc theo một chu trình thì công mà hệ nhận được bằng nhiệt mà hệ truyền đi. Hay nhiệt hệ thu vào bằng công mà hệ sinh ra.*

2.2.3. Ý nghĩa của nguyên lý thứ nhất

Nguyên lý thứ nhất có vai trò quan trọng trong việc nhận thức tự nhiên cũng như trong khoa học kỹ thuật. Từ nội dung của nó ta thấy nguyên lý thứ nhất chính là trường hợp riêng của định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng. Mọi hiện tượng vĩ mô đều tuân theo nguyên lý thứ nhất. Ta cũng thấy rằng không thể có một máy làm việc tuần hoàn sinh công mà lại không nhận thêm năng lượng từ bên ngoài hoặc sinh công nhiều hơn năng lượng truyền cho nó. Những máy này được gọi là động cơ vĩnh cửu loại một.

Như vậy, nguyên lý thứ nhất còn có thể phát biểu: *không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại một.*

2.3. TRẠNG THÁI CÂN BẰNG VÀ QUÁ TRÌNH CÂN BẰNG

2.3.1. Định nghĩa

Trạng thái cân bằng của hệ là trạng thái không biến đổi theo thời gian, các thông số nhiệt động có giá trị xác định.

Ví dụ:

Một vật rắn được nhúng vào một bình nước khá lâu và sau một thời gian đủ dài nhiệt độ của vật không đổi và bằng nhiệt độ của nước bao quanh vật. Như vậy vật rắn ở trạng thái cân bằng.

Nếu chọn hệ trục tọa độ mà mỗi trục biểu diễn một thông số thì mỗi trạng thái cân bằng của hệ biểu diễn bằng một điểm.

Quá trình cân bằng là một quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.

Quá trình cân bằng theo định nghĩa này là một quá trình lý tưởng không có trong thực tế vì trong quá trình biến đổi, hệ chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng tiếp theo thì trạng thái cân bằng trước đó bị phá hủy, nó thay đổi theo thời gian. Tuy nhiên, nếu quá trình được thực hiện vô cùng chậm để có đủ thời gian thiết lập sự cân bằng mới của hệ thì quá trình đó được coi là quá trình cân bằng.

Ví dụ.

Quá trình biến đổi của khí trong xy lanh khi nén khí rất chậm là một quá trình cân bằng.

Quá trình cân bằng được biểu diễn bởi một chuỗi nối tiếp các điểm biểu diễn các trạng thái cân bằng. Do đó quá trình cân bằng được biểu diễn bởi một đường cong liên tục.

Quá trình không cân bằng thì không biểu diễn được bằng đồ thị vì các thông số của hệ ở mỗi trạng thái trung gian không có giá trị xác định. Do đó không thể biểu diễn một trạng thái trung gian bằng một điểm.

2.3.2. Công của áp lực trong quá trình cân bằng

Giả sử khối khí được nén theo một quá trình cân bằng từ thể tích $V_1 \rightarrow V_2$.

Ngoại lực tác dụng lên pittông là F . Khi pittông dịch chuyển đoạn dl thì công mà khối khí nhận được là:

$$\delta A = -Fdl.$$

Dấu (-) vì khối khí nén $dl < 0$ thì nó thực sự nhận công $\delta A > 0$.

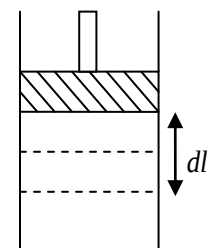
Quá trình là cân bằng:

$$F = p.S,$$

$$\delta A = -pdV.$$

dV độ biến thiên thể tích của khối khí ứng với dịch chuyển dl .

Công mà khối khí nhận được:



Hình 2-1

Khí nén trong
xy lanh chịu nén