

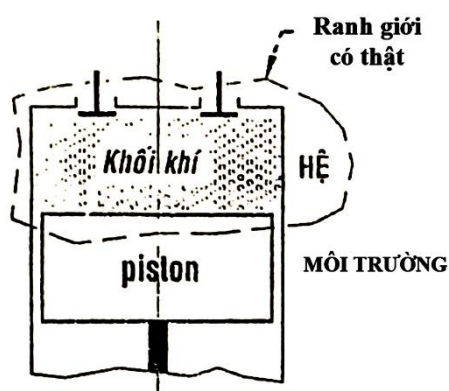
CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1 HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

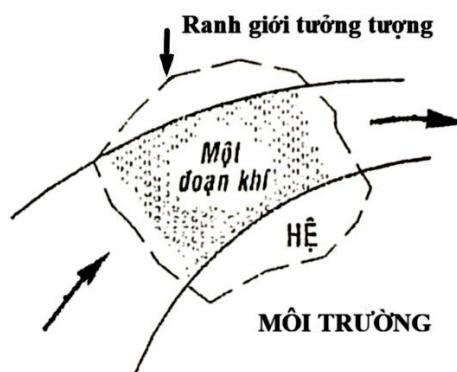
1.1.1. Hệ nhiệt động và môi trường ngoài

Để việc nghiên cứu thuận tiện, thường phải tách đối tượng nghiên cứu ra khỏi các vật khác. Phần đối tượng được cô lập để xem xét, nghiên cứu về mặt nhiệt động, gọi là hệ nhiệt động (Hệ). Phần còn lại gọi là môi trường ngoài.

Hệ và môi trường ngăn cách bằng một mặt kín, gọi là ranh giới hay biên giới. Ranh giới có thể có thực như khi xét riêng quá trình biến đổi năng lượng của khối khí chứa trong buồng đốt động cơ đốt trong (hình 1.1), khối khí xem xét là hệ nhiệt động, phần còn lại là môi trường. Ranh giới cũng có thể là tưởng tượng hay di động như trường hợp xét một đoạn không khí nào đó di chuyển trong đường ống (hình 1.2).



Hình 1.1 Ranh giới có thật



Hình 1.2 Ranh giới tưởng tượng

Giữa hệ và môi trường có thể xảy ra tương tác lẫn nhau thông qua trao đổi năng lượng hay vật chất. Tùy nội dung tương tác, có thể phân loại hệ như sau:

Hệ kín và hệ hở

Gọi là hệ kín khi hệ chỉ trao đổi về mặt năng lượng (nhiệt và công) với môi trường. Khi hoạt động, khối lượng môi chất trong hệ kín không đổi và môi chất không vượt qua mặt ranh giới giữa hệ và môi trường. Các loại máy làm lạnh, bơm nhiệt là những ví dụ điển hình của hệ kín vì mọi chất công tác không vào, hoặc ra khỏi hệ thống.

Nếu hệ trao đổi với môi trường cả năng lượng lẫn khối lượng, và có hệ hở. Ở hệ này môi chất có thể xuyên qua một ranh giới để vào hoặc ra khỏi hệ thống và khối lượng môi chất có thể thay đổi. Turbin hơi hoặc khí, động cơ đốt trong, máy nén khí ..., là những ví dụ về hệ nhiệt động hở.

Hệ cô lập và hệ đoạn nhiệt

Điểm chung của hai hệ này là khối lượng môi chất trong hệ không đổi nhưng ở hệ cô lập không có bất kỳ sự trao đổi năng lượng nào với môi trường, còn ở hệ đoạn nhiệt có thể có sự trao đổi công nhưng không có bất kỳ sự trao đổi nhiệt nào với môi trường.

Tuy nhiên, với cùng đối tượng, tùy cách chọn một ranh giới hay tùy quan điểm khảo sát mà cùng một hệ có thể thuộc loại này hay loại kia. Ta xét hệ thống nhiệt động hờ trên hình 1.1 (Động cơ đốt trong) nếu xét bề mặt ranh giới là tường tượng và nó cùng chuyển động với môi chất công tác, phần xem xét nói trên có thể được xem là hệ kín hoặc khi cần xét sự tương tác giữa một số vật thể nào đó, ta gộp chúng lại thành một hệ, các vật khác trở thành môi trường của hệ.

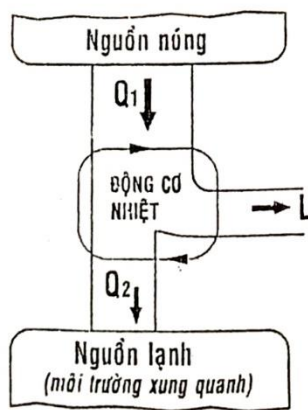
1.1.2. Môi chất công tác

Trong hệ nhiệt động, năng lượng không thể biến đổi từ dạng này sang dạng khác một cách trực tiếp mà phải sử dụng các chất trung gian gọi là môi chất công tác hay môi chất. Vậy môi chất là những chất mà hệ dùng để truyền tải và chuyển hóa năng lượng (chủ yếu là nhiệt năng với các dạng năng lượng khác). Hoặc có thể hiểu: *Môi chất là chất trong đó ta có thể tích trữ năng lượng, từ đó ta có thể lấy năng lượng.* Ví dụ: sản phẩm cháy của nhiên liệu là môi chất công tác trong động cơ đốt trong hay turbin khí; hơi nước là môi chất công tác trong động cơ hơi nước; chất làm lạnh (fréon hay NH₃...) là môi chất công tác trong máy lạnh...

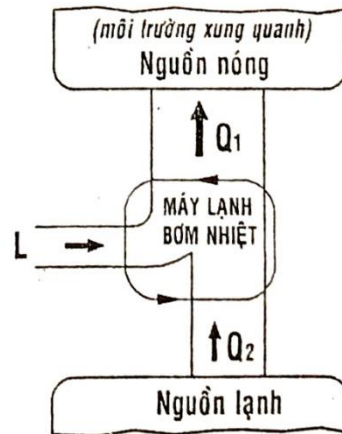
Về nguyên tắc, môi chất có thể sử dụng các chất rắn, lỏng và khí. Tuy nhiên, phần lớn môi chất thường gặp ở thể khí hay các chất lỏng dễ hóa hơi. Thông dụng nhất là các môi chất ở thể khí vì dễ nén và giãn nở (thay đổi thể tích lớn) nên có khả năng trao đổi công lớn. Trong đó không khí và hơi nước là phổ biến vì có sẵn ở khắp nơi, giá thành rẻ và không độc.

1.1.3 Nguồn nhiệt

Khi hệ nhiệt động làm việc, trạng thái môi chất sẽ biến đổi để chuyển tải nhiệt lượng từ nguồn nhiệt này đến nguồn nhiệt khác, gọi là nguồn nóng và nguồn lạnh. Khái niệm nóng và lạnh của nguồn nhiệt chỉ có tính qui ước:



Hình 1.3: Sơ đồ nguyên lý động cơ nhiệt



Hình 1.4: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh

- Trong cùng một hệ, nguồn nào nhiệt độ cao hơn gọi là nguồn nóng, thấp hơn là nguồn lạnh. Ví dụ ở động cơ nhiệt (hình 1.3), sản phẩm cháy của nhiên liệu là nguồn nóng còn môi trường không khí xung quanh là nguồn lạnh.

- Trong cùng một nguồn, đối với hệ này nó là nguồn nóng nhưng đối với hệ khác nó lại là nguồn lạnh. Ví dụ, đối với động cơ nhiệt, môi trường không khí xung quanh là nguồn lạnh nhưng đối với các loại máy lạnh thì nó lại là nguồn nóng (hình 1.4).

1.1.4 Trạng thái - trạng thái cân bằng

Trạng thái của hệ là sự tồn tại của hệ ở mỗi thời điểm xác định. Ở mỗi trạng thái, hệ được xác định thông qua các đại lượng vật lý của môi chất, gọi là thông số trạng thái. Khi hoạt động, các thông số trạng thái của hệ thay đổi và không hoàn toàn giống nhau tại mọi điểm trong hệ, việc nghiên cứu hệ qua nhiều trạng thái khác nhau khá phức tạp.

Để giảm khó khăn, nhiệt động học đã đặt nền tảng dựa vào trạng thái cân bằng và chỉ khảo sát sự biến đổi trạng thái của chất môi giới từ trạng thái cân bằng này đến trạng thái cân bằng khác.

Trong cơ học, khái niệm cân bằng của một vật được hiểu là tình trạng tồn tại của vật đó dưới tác động của các lực đối nghịch bằng nhau. Trong nhiệt động học, ngoài yêu cầu về cân bằng lực tác động, một hệ được xem là ở trạng thái cân bằng khi:

- Giá trị của các thông số trạng thái là như nhau trong toàn bộ hệ
- Các giá trị này không đổi hoặc thay đổi vô cùng chậm theo thời gian.

Trạng thái cân bằng của hệ sẽ mất đi khi xảy ra sự tương tác giữa hệ và môi trường, tức có sự trao đổi về mặt năng lượng nào đó giữa hệ và môi trường.

1.2. THÔNG SỐ TRẠNG THÁI

Trong nhiệt động học, môi chất có khá nhiều thông số trạng thái, trong đó các thông số nhiệt độ, áp suất, thể tích riêng gọi là các **thông số trạng thái cơ bản** vì chúng có thể xác định trực tiếp qua đo đạc. Các thông số khác như nội năng u , entropy s , entanpy I ... không đo trực tiếp mà phải xác định thông qua các thông số trạng thái cơ bản, còn gọi là **hàm trạng thái**.

Một số thông số trạng thái cơ bản được định nghĩa như sau:

1.2.1 Thể tích riêng

Là thể tích của một đơn vị khối lượng vật chất, ký hiệu v , xác định bằng biểu thức:

$$v = \frac{V}{G}, \quad \text{m}^3/\text{kg} \quad (1.1)$$

Trong đó: V - Thể tích của hệ hay môi chất, m^3

G - Khối lượng của môi chất, kg

Đại lượng nghịch đảo của v gọi là khối lượng riêng (hay mật độ), là khối lượng của một đơn vị thể tích, ký hiệu ρ

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{1}{v}, \quad \text{kg}/\text{m}^3 \quad (1.2)$$

1.2.2. Nhiệt độ

Nhiệt độ là đại lượng biểu thị mức độ nóng lạnh của của một vật. Theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ biểu thị giá trị động năng trung bình của các phân tử chuyển động tịnh tiến, thể hiện qua biểu thức:

$$\frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} M\omega^2 \quad (1.3)$$

Trong đó: T - nhiệt độ tuyệt đối của khối chất khí đang khảo sát, K

k - hằng số Boltzmann, J/độ; ($k = 1,3805 \cdot 10^{-23}$ J/độ)

M - khối lượng của 1 phân tử chất khí, kg/kmol

ω = căn bậc hai của trung bình bình phương tốc độ các phân tử, m/s

Nhiệt độ có thể đo trực tiếp dựa vào cơ sở của định luật nhiệt động thứ không: “Nếu 2 vật (hệ) có nhiệt độ t_1 và t_2 cùng bằng nhiệt độ t_3 của vật (hệ) thứ 3, thì ta có $t_1 = t_2$ ”

Như vậy, nếu chọn một vật có những tính chất thay đổi theo nhiệt độ làm chuẩn so sánh gọi là *nhiệt biểu* và cho nhiệt biểu này tiếp xúc và cân bằng nhiệt với các vật khác nhau, ta có thể so sánh được nhiệt độ của các vật đó.

Nếu qui ước lấy một đại lượng đặc trưng nào đó của vật làm nhiệt biểu (ví dụ độ dài, thể tích, áp suất...) và ứng với mỗi giá trị của đại lượng đó ta gán cho một giá trị của nhiệt độ, thì ta có được một *thang nhiệt độ* còn gọi là *nhiệt giai*. Ví dụ: nhiệt giai của nhiệt biểu thủy ngân, nhiệt giai của nhiệt biểu khí ...

Hiện tại, thường dùng phổ biến hai loại thang đo nhiệt độ sau:

Nhiệt độ bách phân, còn gọi nhiệt độ Celcius, ký hiệu t , đơn vị $^{\circ}\text{C}$.

Được xác định dựa trên 2 điểm chuẩn: nhiệt độ nước đá đang tan ứng với 0°C và nhiệt độ nước đang sôi ứng với 100°C , tất cả xảy ra ở áp suất tiêu chuẩn 1 atm. Trong thang nhiệt độ này nhiệt độ có thể âm, bằng 0 hoặc dương, nhiệt độ thấp nhất là -273°C

Nhiệt độ xác định theo nhiệt giai này được dùng phổ biến trong đời sống và trong kỹ thuật.

Nhiệt độ tuyệt đối hay nhiệt độ Kelvin, ký hiệu T , đơn vị K .

Được xây dựng trên cơ sở định luật nhiệt động hai, thường được dùng trong khoa học, do sự đơn giản của các công thức. Giữa $T(\text{K})$ và $t(^{\circ}\text{C})$ có mối quan hệ qua biểu thức:

$$T(\text{K}) = 273,15 + t(^{\circ}\text{C}) \approx 273 + t(^{\circ}\text{C}) \quad (1.4)$$

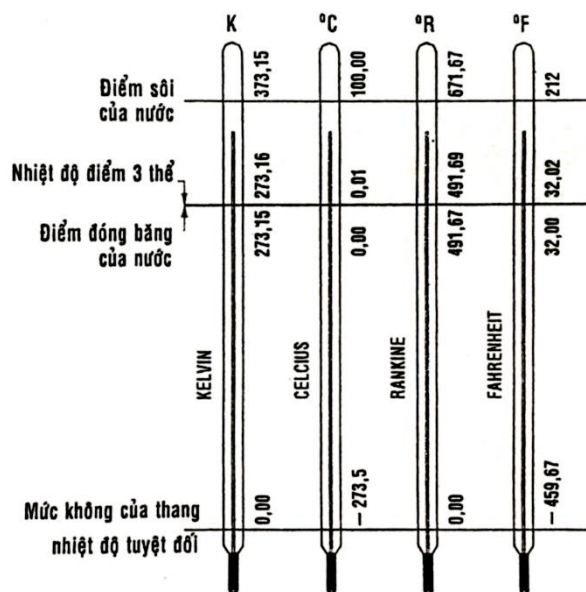
Cũng theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ tuyệt đối tỷ lệ thuận với động năng của các phân tử. Vậy nhiệt độ thấp nhất của vật chất là nhiệt độ ứng với trạng thái vật chất mà ở đó các phân tử ngừng chuyển động. Nhiệt độ thấp nhất này gọi là không độ tuyệt đối 0 K.

Từ quan hệ (1.4), ta có: $0 \text{ K} \approx -273^{\circ}\text{C}$

Rõ ràng, nhiệt độ tuyệt đối Kelvin không giá trị âm (lý do gọi là nhiệt độ tuyệt đối)

Ngoài ra, nhiều nước như Anh, Mỹ, Úc ... còn sử dụng thang nhiệt độ tuyệt đối Rankine, ký hiệu $^{\circ}\text{R}$ và thang nhiệt độ Fahrenheit, ký hiệu $^{\circ}\text{F}$.

Quan hệ giữa các nhiệt độ K , $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{R}$ và $^{\circ}\text{F}$ theo minh họa như hình (1.5), cho thấy:



Hình 1.5 Quan hệ giữa các thang đo nhiệt độ

- Điểm không của nhiệt độ Rankine trùng với điểm không của nhiệt độ Kelvin.
- Về giá trị, chênh lệch nhiệt độ giữa điểm nước sôi và nước đá đang tan của 2 nhiệt độ K và °C là 100 đơn vị, còn của 2 nhiệt độ °R và °F là 180 đơn vị.

Chuyển đổi giữa các nhiệt độ trên, có thể sử dụng các công thức sau:

$$t (^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15 \quad (1.5)$$

$$t (^{\circ}\text{R}) = 1,8 \times T(\text{K}) \quad (1.6)$$

$$t (^{\circ}\text{F}) = t(^{\circ}\text{R}) - 459,67 \quad (1.7)$$

$$t (^{\circ}\text{C}) = 5/9 (t(^{\circ}\text{F}) - 32) \quad (1.8)$$

1.2.3 Áp suất

Trong nhiệt động kỹ thuật, chủ yếu nghiên cứu áp suất của chất khí và chất lỏng, nên áp suất được hiểu là *lực tác dụng của các phân tử lên một đơn vị diện tích* của bề mặt ranh giới theo phương pháp tuyến với bề mặt đó.

Việc xác định chính xác giá trị áp suất khá phức tạp, thường được xem xét kỹ trong phạm vi môn học Cơ lưu chất. Với sai số cho phép, có thể xem khối khí đang khảo sát không chuyển động, giá trị áp suất xác định theo công thức:

$$P = \frac{F}{S}, \quad \text{N/m}^2 \quad (1.9)$$

Trong đó: F - lực tác dụng phân tử khí hoặc chất lỏng, N.

S - diện tích bề, m².

Trong hệ SI (System International), đơn vị của áp suất là N/m² hay Pascal (Pa). Ngoài ra có rất nhiều đơn vị đo áp suất khác, với các quan hệ chuyển đổi tham khảo Phụ lục 1.

Cần lưu ý khi sử dụng các đơn vị đo áp suất tuyệt đối không được viết kg/cm², lb/in² mà phải viết kgf/cm², lbf/in² vì giữa chúng có sự khác biệt rất lớn.

Trong thực tế, áp suất thường được thể hiện theo nhiều cách khác nhau:

- *Áp suất khí quyển*, ký hiệu p_{kq}, là áp suất của cột không khí đè trên mặt đất, được đo bằng Barometre, còn gọi là phong vũ biểu (hình 1.6a). Để thuận tiện, với độ chính xác vừa phải, có thể lấy p_{kq} = 10⁵ N/m².

- *Áp suất dư*, ký hiệu p_d, là sai biệt lớn hơn giữa áp suất đo được so với áp suất khí quyển, được đo bằng Manometre (hình 1.6b).

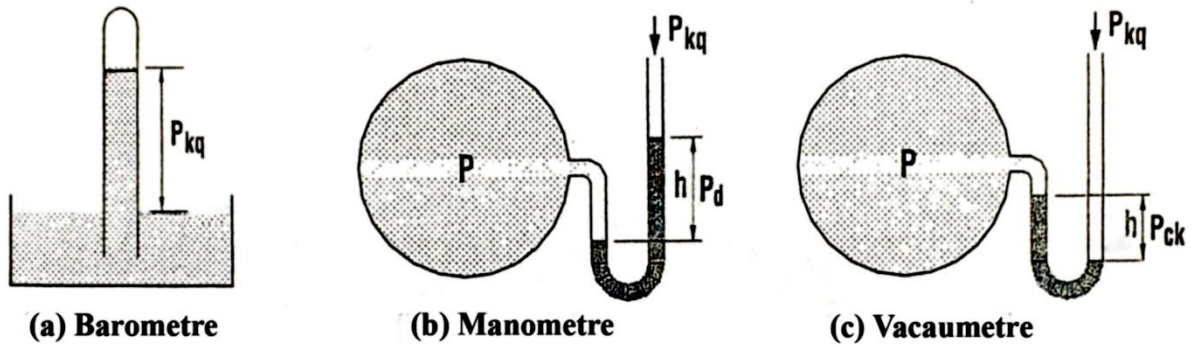
- *Độ chân không*, ký hiệu P_{ck}, là sai biệt nhỏ hơn giữa áp suất đo được so với áp suất khí quyển, được đo bằng Vacaumetre (hình 1.6c)

- *Áp suất tuyệt đối*, ký hiệu p, bằng áp suất khí quyển ± áp suất đo được (dấu - cho trường hợp áp suất đo được nhỏ hơn áp suất khí quyển).

$$p = p_{kq} + p_d, \quad \text{N/m}^2 \quad (1.10)$$

$$p = p_{kq} - p_{ck}, \quad \text{N/m}^2 \quad (1.11)$$

Hình 1.6b và 1.6c thể hiện sơ đồ nguyên lý một trong những loại Manometre và Vacaumetre, chất lỏng sử dụng có thể là nước, thủy ngân hay dầu hỏa.



Hình 1.6: Sơ đồ nguyên lý dụng cụ đo áp suất

Ghi chú:

- Chỉ có áp suất tuyệt đối p mới được xem là thông số trạng thái .
- Từ biểu thức (1.10) và từ cơ sở vật lý, ta có:

$$p_d = p - p_{kq} = \rho gh, \text{ N/m}^2 \quad (1.12)$$

Trong đó: ρ - khối lượng riêng chất lỏng sử dụng trong Manometre, kg/m^3

g - gia tốc trọng trường, m/s^2

h - chênh lệch chiều cao của cột chất lỏng, m

Nếu chất lỏng sử dụng trong áp kế là thủy ngân, khi cần độ chính xác cao, thường qui đổi chiều cao h về 0°C , theo công thức sau:

$$h_0 = h (1 - 0,000172 t) \quad (1.13)$$

Trong đó: h_0 - chiều cao cột thủy ngân ở 0°C , m

h - chiều cao cột thủy ngân ở $t^\circ\text{C}$, m

t - nhiệt độ cột thủy ngân, $^\circ\text{C}$

1.3 ĐỒ THỊ TRẠNG THÁI

1.3.1. Đồ thị trạng thái - Phương trình trạng thái

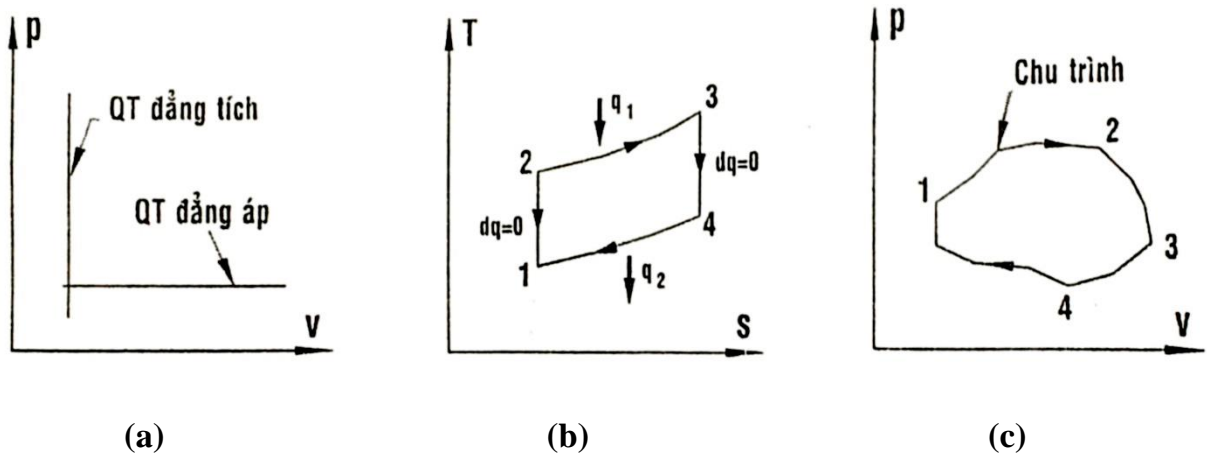
Từ lý luận và thực tiễn đã chứng minh được, để xác định một trạng thái của hệ, chỉ cần biết 2 thông số trạng thái độc lập nào đó của chất môi giới. Nhiệt động học chủ yếu khảo sát hệ ở các trạng thái cân bằng, tức các thông số trạng thái của chất môi giới hoàn toàn được xác định.

Như vậy, bất kỳ một trạng thái cân bằng nào của hệ đều có thể biểu diễn bằng 1 điểm trên đồ thị mà 2 trục của đồ thị sẽ tương ứng với 2 thông số trạng thái độc lập bất kỳ nào đó của chất môi giới.

Trong nhiệt động kỹ thuật thường dùng các hệ trục p - v , T - s , i - s ... gọi là các đồ thị trạng thái của hệ (hình 1.7a, 1.7b và 1.7c).

Biểu thức biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số trạng thái của chất môi giới gọi là **phương trình trạng thái** của hệ. Đối với chất khí, phương trình trạng thái thường thể hiện mối quan hệ giữa các thông số cơ bản:

$$f(p, v, T) = 0 \quad (1.14)$$



Hình 1.7: Đồ thị trạng thái của hệ

Phương trình này biểu diễn một mặt không gian trên hệ trục (p-v-T), gọi là mặt nhiệt động. Trong nhiệt động học ta thường gặp phương trình trạng thái của khí lý tưởng, phương trình trạng thái của khí thực... thể hiện mối quan hệ giữa 3 thông số p, v và T, dưới nhiều dạng khác nhau.

1.3.2 Quá trình - chu trình

Khi có sự trao đổi năng lượng giữa hệ và môi trường, sẽ có một hay nhiều thông số trạng thái của hệ thay đổi, trạng thái cân bằng hiện tại bị phá hủy, hệ chuyển sang trạng thái cân bằng mới, ta nói hệ đã trải qua một quá trình nhiệt động gọi tắt là quá trình.

Thứ tự liên tiếp các trạng thái mà hệ đi qua trong quá trình nhiệt động gọi là đường cong quá trình. Ví dụ: quá trình đẳng áp, quá trình đẳng tích... (hình 1.7)

Khi một hệ trải qua nhiều quá trình rồi lại trở về trạng thái "đầu", ta nói hệ thống đã trải qua một quá trình kín hay một chu trình. Trên đồ thị, chu trình thể hiện bằng một đường cong kín (hình 1.7b và 1.7c).

BÀI TẬP

1.1 Ống hút của bơm nước có độ chân không là 5 m H₂O. Biết áp suất khí trời nơi đặt bơm là 765 mmHg. Hỏi áp suất tuyệt đối của ống hút.

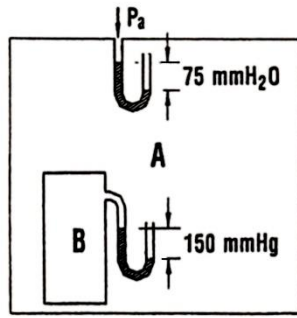
1.2 Xác định áp suất tuyệt đối của khí trong bình chứa có nhiệt độ 170°C, nếu Manometre chỉ 500 mmHg, áp suất khí trời đo bằng Barometre chỉ 760 mmHg ở nhiệt độ 30°C trong 2 trường hợp:

- Xem chiều cao của cột thủy ngân trong áp kế không đổi theo nhiệt độ.
- Xem chiều cao cột thủy ngân h phụ thuộc vào nhiệt độ theo quan hệ:

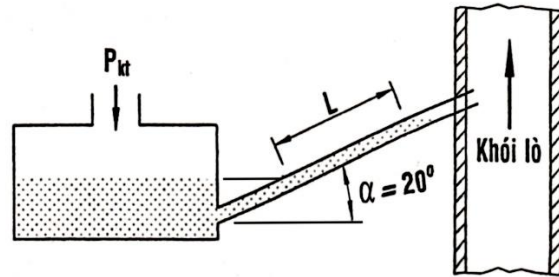
$$h_0 = h (1 - 0,000172t). \text{ Ở đây } h_0 \text{ là chiều cao cột thủy ngân ở } 0^\circ\text{C}.$$

1.3 Một bình B có gắn Vacuometre thủy ngân được đặt trong phòng A có gắn Manometre H₂O, và có các trị số đọc được như hình (a)

Hãy xác định áp suất tuyệt đối của khí trong bình B, nếu biết áp suất khí trời Pa được đo bằng Barometre đã qui về 0°C là 755 mmHg.



(a)



(b)

1.4 Trên đường khói ra của lò hơi có đặt quạt hút như hình (b). Để đo áp suất của khói người ta dùng áp kế nghiêng 20° , chất lỏng sử dụng có khối lượng riêng $0,8 \text{ kg/lít}$. Chiều dài cột chất lỏng trong áp kế chỉ $L = 200 \text{ mm}$. Biết áp suất khí trời ở 0°C là 750 mmHg . Xác định áp suất tuyệt đối của khói.

1.5 Một bình kín hình trụ, phần trên chứa không khí có chiều cao là 1 m , áp suất bằng áp suất khí quyển $= 1 \text{ bar}$. Phần dưới là nước có chiều cao $2,24 \text{ m}$. Cho nước chảy ra từ lỗ nhỏ dưới đáy bình, hỏi chiều cao cột nước sẽ là bao nhiêu khi nước không thể chảy ra khỏi đáy bình nữa. Giả thiết nhiệt độ không khí giữ nguyên không đổi.