

GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1. Mục đích môn học:

- Trang bị kiến thức về các vấn đề biến đổi năng lượng của vật chất có liên quan đến năng lượng nhiệt.
- Ứng dụng có hiệu quả các quy luật biến đổi nhiệt năng vào trong kỹ thuật nhằm nâng cao hiệu suất làm việc của các thiết bị nhiệt.

2. Nội dung môn học: gồm 3 phần

- Sự thay đổi các đặc tính cơ bản của vật chất dưới tác dụng của nhiệt năng
- Quy luật biến đổi giữa nhiệt năng và cơ năng.
- Các quá trình nhiệt động xảy ra trong các thiết bị nhiệt.

3. Vị trí môn học:

- Là môn học cơ sở quan trọng để nghiên cứu các quá trình và thiết bị có liên quan đến năng lượng nhiệt như động cơ nhiệt, máy lạnh, máy sấy, máy điều hoà không khí, máy chế biến thực phẩm, ...
- Phục vụ rộng rãi cho nhiều ngành kỹ thuật như cơ khí, luyện kim, hoá chất, giao thông vận tải, công nghệ chế biến lương thực, thực phẩm, kỹ thuật lạnh và điều hoà không khí.
- Là một trong những môn học kỹ thuật cơ sở có phạm vi ứng dụng rộng rãi trong quá trình phát triển kinh tế, kỹ thuật và nâng cao đời sống nhân dân.

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐỊNH LUẬT NHIỆT ĐỘNG THỨ NHẤT

1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

1.1.1. Thiết bị nhiệt

Thiết bị nhiệt là những thiết bị dùng để thực hiện quá trình chuyển hóa giữa nhiệt năng và cơ năng ở 2 nguồn nhiệt : nguồn nóng có nhiệt độ T_1 và nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 .

Thiết bị nhiệt được chia thành 2 nhóm : động cơ nhiệt, máy lạnh và bơm nhiệt.

Động cơ nhiệt là những thiết bị dùng để biến nhiệt năng của nhiên liệu bị đốt cháy thành cơ năng (động cơ đốt trong, động cơ phản lực, tuốc bin ...).

Máy lạnh là những thiết bị tiêu hao công để truyền nhiệt năng từ nơi có nhiệt độ thấp (buồng lạnh) tới nơi có nhiệt độ cao hơn (môi trường ngoài). Bơm nhiệt là những thiết bị sử dụng nhiệt để sưởi ấm, sấy vật ướt.

1.1.2. Hệ thống nhiệt động

Hệ nhiệt động là một hoặc nhiều vật thể được tách riêng ra để nghiên cứu các tính chất nhiệt động của chúng. Tất cả những vật ngoài hệ được gọi là môi trường.

Bề mặt ranh giới giữa hệ với môi trường có thể là bề mặt thật như vách xilanh hoặc pittông, cũng có thể là bề mặt tưởng tượng, bề mặt ranh giới có thể cố định hoặc di động.

Tùy theo điều kiện tách hệ thống ta có thể chia hệ nhiệt động thành nhiều loại:

Hệ thống nhiệt động kín là hệ trong đó trọng tâm của hệ không chuyển động hoặc có chuyển động nhưng với vận tốc rất nhỏ mà ta hoàn toàn có thể bỏ qua động năng của nó. Khối lượng của hệ không đổi và môi chất trong hệ không đi qua bề mặt ranh giới giữa hệ và môi trường. Ví dụ: chất khí chứa trong bình kín, hơi nước trong chu trình động lực hơi nước của nhà máy nhiệt điện là những hệ thống nhiệt động kín.

Hệ thống nhiệt động hở là hệ trong đó trọng tâm của hệ chuyển động, khối lượng của hệ thay đổi và môi chất đi qua bề mặt ranh giới giữa hệ và môi trường. Ví dụ động cơ đốt trong kiểu pittông, tuốc bin, máy nén khí là những hệ thống nhiệt động hở.

Hệ thống nhiệt động đoạn nhiệt là hệ không trao đổi nhiệt với môi trường.

Hệ thống nhiệt động cô lập là hệ không có bất kỳ sự trao đổi năng lượng nào với môi trường xung quanh.

Trong thực tế không tồn tại các hệ nhiệt động hoàn toàn cô lập hoặc hoàn toàn đoạn nhiệt mà chỉ có những trường hợp gần đúng.

1.1.3. Trạng thái nhiệt động

Trạng thái của hệ thống nhiệt động là sự tồn tại của hệ ở một thời điểm nhất định. Ở mỗi trạng thái hệ được xác định bằng những đại lượng vật lý nhất định gọi là thông số trạng thái. Thông số trạng thái là hàm chỉ phụ thuộc vào trạng thái mà không phụ thuộc vào quá trình.

Trạng thái cân bằng của hệ là trạng thái không có sự tương tác giữa các vật trong hệ và giữa hệ với môi trường. Chỉ có ở trạng thái cân bằng, các thông số trạng thái của hệ mới có giá trị đồng đều tại mọi điểm trong hệ và do đó mới có thể được biểu thị bằng cùng một giá trị.

Trong thực tế không tồn tại trạng thái cân bằng tuyệt đối. Tuy nhiên, việc nghiên cứu những trạng thái cân bằng sẽ làm cơ sở cho việc nghiên cứu các trạng thái thực tế của hệ thống nhiệt động.

1.1.4. Quá trình nhiệt động

Quá trình nhiệt động là quá trình biến đổi trạng thái của hệ một cách liên tục.

Quá trình nhiệt động được sinh ra là do có sự trao đổi năng lượng giữa các phần tử thuộc hệ hoặc giữa hệ với môi trường làm cho ít nhất một thông số trạng thái của hệ thay đổi.

Quá trình nhiệt động được phân thành: quá trình cân bằng và không cân bằng, quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch

Quá trình cân bằng là quá trình được tạo bởi các trạng thái cân bằng. Nói cách khác, quá trình cân bằng là quá trình được tiến hành từ trạng thái đầu đến trạng thái cuối qua các trạng thái trung gian đều là những trạng thái cân bằng.

Quá trình không cân bằng là quá trình được tạo thành bởi các trạng thái mà trong đó ít nhất có một trạng thái không cân bằng.

Thực tế không tồn tại các quá trình cân bằng vì khi chuyển từ trạng thái cân bằng trước sang trạng thái cân bằng tiếp theo thì trạng thái cân bằng trước bị phá vỡ, không còn cân bằng. Tuy vậy, nếu quá trình xảy ra một cách vô cùng chậm, có thể coi thông số trạng thái của các điểm thuộc hệ ở cùng một thời điểm là như nhau và à quá trình đó được coi là quá trình cân bằng. Quá trình cân bằng được biểu diễn bằng một đường trên đồ thị.

Quá trình thuận nghịch là quá trình cân bằng mà khi thực hiện theo chiều ngược lại từ trạng thái cuối đến trạng thái đầu, hệ sẽ lần lượt đi qua tất cả các trạng thái trung gian mà quá trình thuận đã đi qua (từ trạng thái đầu đến trạng thái cuối) mà không làm thay đổi trạng thái của hệ và điều kiện môi trường.

Quá trình không thuận nghịch là quá trình không thoả mãn với điều kiện của quá trình thuận nghịch.

Trong thực tế không tồn tại các quá trình thuận nghịch. Tuy nhiên, trong phạm vi môn học này chỉ nghiên cứu các quá trình thuận nghịch. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở cho việc khảo sát các quá trình thực.

1.1.5. Môi chất và các thông số trạng thái

Môi chất là chất trung gian để thực hiện quá trình chuyển hóa giữa nhiệt và công trong các thiết bị nhiệt.

Môi chất có thể tồn tại ở một trong 3 thể cơ bản: thể rắn, thể lỏng và thể khí. Trong các thiết bị nhiệt thường thấy môi chất tồn tại ở thể khí vì chất khí có khả năng thay đổi thể tích rất lớn nên có khả năng trao đổi công lớn.

Mỗi môi chất đều có những thông số trạng thái sau đây :

1.1.5.1. Thể tích riêng

Thể tích riêng là thể tích của một đơn vị khối lượng môi chất, ký hiệu v , đơn vị m^3/kg và được xác định theo công thức :

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

Với : $V(m^3)$ - thể tích của vật; $G(kg)$ - khối lượng của vật.

Đại lượng nghịch đảo của thể tích riêng gọi là khối lượng riêng ρ :

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

1.1.5.2. Áp suất

Áp suất tuyệt đối của một chất khí (hoặc chất lỏng) là lực tác dụng của các phân tử theo phương pháp tuyến lên một đơn vị diện tích bình chứa.

Đơn vị đo áp suất là N/m^2 hay còn gọi là Pascal (Pa), bội số của nó là kilopascal ($1 kPa = 10^3 Pa$), bar ($1 bar = 10^5 Pa$) và megapascal ($1 MPa = 10^6 Pa$). Ngoài ra trong kỹ thuật còn dùng các đơn vị đo áp suất khác như atmốtpe (at) và chiều cao các cột chất lỏng: mmHg (còn gọi là Torricelli - Tor) và mH_2O .

Quan hệ giữa các đơn vị như sau :

$$1 at = 0,98 bar = 735,6 mmHg = 10 mH_2O$$

$$1 bar = 750 mmHg$$

$$1 Tor = 133,32 Pa.$$

$$1 Pa = 10^{-5} bar = \frac{1}{9,81} mmH_2O = \frac{1}{133,32} mmHg = \frac{1}{0,981} \times 10^{-5} at$$

Các qui đổi trên đúng cho trường hợp khi chiều cao cột chất lỏng được đo ở $0^\circ C$. Nếu chiều cao cột chất lỏng đo ở nhiệt độ $t \neq 0^\circ C$ cần phải hiệu chỉnh chiều cao cột chất lỏng về $0^\circ C$. Đối với thủy ngân hiệu chỉnh theo công thức :

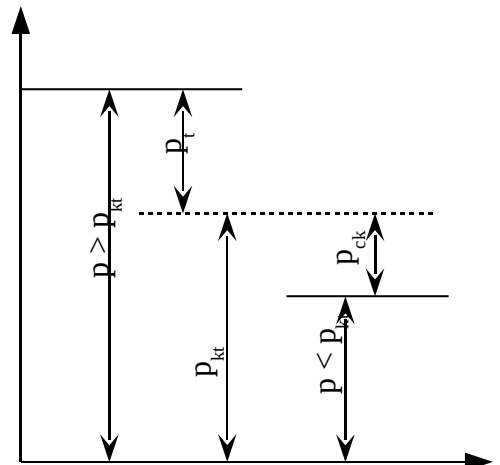
$$h_o = h_t(1 - 0,000172t) \quad (1.3)$$

với: h_t - chiều cao cột thủy ngân đo được ở nhiệt độ $t^\circ C$;

h_o - chiều cao cột thủy ngân quy về $0^\circ C$.

Thông thường ở nhiệt độ không lớn ta có thể bỏ qua sự hiệu chỉnh này.

Áp suất tuyệt đối được ký hiệu là p , đây là thông số trạng thái và có thể đo trực tiếp được nhưng người ta thường đo gián tiếp thông qua áp suất khí trời (ký hiệu là p_{kt}) và phần chênh lệch của áp suất tuyệt đối so với áp suất khí trời. Phần áp suất của môi chất lớn hơn áp suất khí trời gọi là áp suất



Hình 1.1. Biểu thị các loại áp suất

thừa, ký hiệu p_t . Phần áp suất của môi chất nhỏ hơn áp suất khí trời gọi là áp suất chân không, ký hiệu p_{ck} .

Dụng cụ để đo áp suất gọi chung là áp kế. Có nhiều loại áp kế: áp kế chất lỏng, áp kế lò xo ... Áp kế dùng để đo áp suất khí trời gọi là Barômet, áp kế đo áp suất thừa là Manômet, áp kế đo áp suất chân không gọi là chân không kế.

Khi áp suất của môi chất lớn hơn áp suất khí trời nó được tính theo công thức :

$$p = p_{kt} + p_t \quad (1.4)$$

Khi áp suất của môi chất nhỏ hơn áp suất khí trời :

$$p = p_{kt} - p_{ck} \quad (1.5)$$

1.1.5.3. Nhiệt độ

Nhiệt độ là thông số biểu thị cho trạng thái nhiệt (mức độ nóng, lạnh) của vật chất.

Theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ biểu thị cho tốc độ chuyển động của các phân tử và nguyên tử trong nội bộ vật chất.

Dụng cụ đo nhiệt độ được gọi là nhiệt kế. Có nhiều thang đo nhiệt độ khác nhau, trong kỹ thuật thường dùng hai loại thang đo nhiệt độ là nhiệt độ bách phân (còn gọi là nhiệt độ Celcius) và nhiệt độ tuyệt đối (hay nhiệt độ Kelvin).

Nhiệt độ bách phân (còn gọi là nhiệt độ Celcius) ký hiệu là t , đơn vị $^{\circ}\text{C}$. Trong đó 0°C là nhiệt độ của băng đang tan và 100°C là nhiệt độ của nước sôi ở áp suất 760 mmHg. Từ 0°C đến 100°C được chia thành 100 phần bằng nhau, mỗi phần ứng với 1°C .

Thang nhiệt độ tuyệt đối (nhiệt độ Kelvin), ký hiệu T , đơn vị $^{\circ}\text{K}$. Theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ tuyệt đối tỷ lệ thuận với động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của các phân tử :

$$BT = m \frac{\omega^2}{2}$$

Trong đó: m - khối lượng phân tử; ω - tốc độ chuyển động tịnh tiến trung bình của các phân tử; B - hệ số tỷ lệ.

Từ công thức trên ta thấy $T = 0^{\circ}\text{K}$ khi $\omega = 0$, đó là trạng thái lý tưởng của vật không thể có được, vì vậy 0°K gọi là không độ lý tưởng.

Theo thang nhiệt độ tuyệt đối thì nhiệt độ của băng đang tan là $273,15^{\circ}\text{C}$, độ không tuyệt đối sẽ bằng $-273,15^{\circ}\text{C}$. Do đó ta có mối liên hệ giữa 2 thang nhiệt độ :

$$T = t + 273,15 \quad (1.6)$$

Ngoài ra, ở một số nước còn sử dụng thang nhiệt độ Fahrenheit, đơn vị $^{\circ}\text{F}$ và nhiệt độ Rankin ($^{\circ}\text{R}$). Trong đó 0°C tương ứng với 32°F và 462°R , 100°C tương ứng với 212°F . Quan hệ giữa các thang đo nhiệt độ như biểu diễn trên hình 1.2.

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{K}$	$^{\circ}\text{F}$	
100	373	212	nước sôi
0	273	32	đá tan
-273	0	-460	0 tuyệt

Như vậy, độ lớn của 1°C và 1°K bằng nhau và bằng 1% khoảng cách giữa hai điểm mốc, độ lớn của 1°F và 1°R bằng nhau và bằng 1/180 khoảng cách giữa hai điểm mốc, còn độ lớn của 1°C và 1°F khác nhau và được qui đổi như sau :

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{212 - 32}{100} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Vậy: } t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = \frac{5}{9} (t^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t^{\circ}\text{C} + 32$$

Ví dụ: 30°C ứng với $303,15^{\circ}\text{K}$ hoặc 86°F

1.1.5.4. Nội năng

Nội năng là toàn bộ các dạng năng lượng bên trong của vật.

Theo thuyết động học phân tử, chuyển động của các phân tử khí tạo thành nội động năng. Vận tốc chuyển động của các phân tử phụ thuộc vào nhiệt độ nên nội động năng cũng phụ thuộc vào nhiệt độ : $u_d = f(T)$

Mặt khác, vì giữa các phân tử có lực tương tác nên tạo thành một thế năng gọi là nội thế năng. Nội thế năng phụ thuộc vào khoảng cách giữa các phân tử tức là phụ thuộc vào thể tích riêng v : $u_t = f(v)$

Tổng nội động năng và nội thế năng gọi là nội năng của chất khí : $u = u_d + u_t$

Ở mỗi trạng thái xác định thì T và v có những trị số xác định nên nội năng u cũng có trị số xác định. Vậy u là hàm của trạng thái và được xác định bằng hai thông số độc lập: $u = f(T, v)$. Riêng đối với khí lý tưởng, nội năng chỉ là hàm của nhiệt độ : $u = f(T)$ vì khí lý tưởng không có lực tương tác giữa các phân tử nên nội thế năng bằng 0.

Vì trong các quá trình nhiệt động ta chỉ cần biết giá trị biến đổi nội năng Δu mà không cần biết giá trị tuyệt đối của nội năng nên ta có thể chọn điểm gốc tùy ý mà tại đó nội năng có giá trị bằng 0. Ví dụ, đối với nước theo quy ước quốc tế người ta chọn $u_0 = 0$ ở điều kiện có áp suất 0,0062 at và nhiệt độ $0,01^{\circ}\text{C}$ (điểm ba của nước).

1.1.5.5. Năng lượng đẩy (Thế năng áp suất)

Năng lượng đẩy (hay thế năng áp suất), ký hiệu $d(\text{J/kg})$ và $D(\text{J})$.

Chúng ta biết rằng khi dòng khí (hoặc chất lỏng) chuyển động thì ngoài động năng và thế năng còn một năng lượng nữa để giúp đẩy khối khí dịch chuyển, đó chính là năng lượng đẩy. Người ta đã chứng minh được năng lượng đẩy có biểu thức:

$$d = p.v ; D = G.d = p.V \quad (1.7)$$

Các biểu thức trên ở dạng vi phân sẽ là :

$$d(d) = d(pv) ; d(D) = d(pV) \quad (1.8)$$

Năng lượng đẩy chỉ có trong hệ hở và cũng là một thông số trạng thái.

1.1.5.6. Entanpi

Trong tính toán nhiệt thường gặp biểu thức $(u + pv)$, để đơn giản người ta đặt biểu thức này là i và gọi là entanpi.

Đối với 1 kg môi chất ta có:

$$i = u + pv \quad (\text{J/kg}) \quad (1.9)$$

Đối với G kg môi chất:

$$I = G.i = U + pV \quad (\text{J}) \quad (1.10)$$

Vì u, p, v đều là thông số trạng thái nên i cũng là thông số trạng thái. Đơn vị của i cũng như của u và thường chỉ cần tính Δu nên có thể chọn một trạng thái thích hợp nào đó làm mốc như đối với Δu . Thường chọn $u_0 = 0$ tại điều kiện tiêu chuẩn.

1.1.5.7. Entrôpi

Entrôpi cũng là một thông số trạng thái, ký hiệu là s (J/kg. $^{\circ}$ K) cho 1 kg và S (J/kg. $^{\circ}$ K) cho G kg môi chất, có vi phân được tính theo công thức:

$$ds = \frac{dq}{T} \quad (1.11)$$

với dq là nhiệt lượng vô cùng nhỏ trao đổi với môi trường khi nhiệt độ tuyệt đối của môi chất bằng T° K.

Entrôpi không đo trực tiếp được. Trong tính toán cũng chỉ cần tính Δs nên có thể chọn trạng thái mốc bất kỳ, thường lấy cùng mốc để tính u và i .

1.1.5.8. Execgi

Execgi của một môi chất ở một trạng thái nào đó là năng lượng có ích tối đa có thể nhận được khi cho môi chất tiến đến trạng thái cân bằng với môi trường bên ngoài. Đây là một thông số trạng thái tương đối mới, ký hiệu e (J/kg) hoặc E (J).

Execgi chỉ là phần năng lượng tối đa có thể sử dụng được trong điều kiện môi trường xung quanh còn phần năng lượng tiềm ẩn trong môi chất nhưng không thể sử dụng được trong điều kiện môi trường xung quanh gọi là anecgi. Execgi cũng không đo trực tiếp được mà phải tính theo công thức:

$$e = (i - i_0) - T_0(s - s_0) \quad (1.12)$$

$$E = G.e = (I - I_0) - T_0(S - S_0) \quad (1.13)$$

Trong đó : $i_0/I_0, T_0, s_0/S_0$ - entanpi, nhiệt độ tuyệt đối, entropi của môi chất ở trạng thái cân bằng với môi trường; $i/I, T, s/S$ - entanpi, nhiệt độ tuyệt đối, entropi của môi chất ở trạng thái cần xác định.

1.1.6. Nhiệt dung riêng

1.1.6.1. Khái niệm về nhiệt dung riêng

Nhiệt dung riêng là nhiệt lượng cần thiết cung cấp cho một đơn vị môi chất để nâng nhiệt độ của nó lên một độ trong một quá trình nhiệt động nào đó.