

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TRUNG ƯƠNG I



GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT NHIỆT

TRÌNH ĐỘ CAO ĐẲNG

NGHỀ: SỬA CHỮA ĐIỆN MÁY CÔNG TRÌNH



Ban hành theo Quyết định số 498/QĐ-CDGTVTTWI-ĐT ngày 25/3/2017 của
Hiệu trưởng Trường Cao đẳng GTVT Trung ương I

Hà Nội, 2019

LỜI NÓI ĐẦU

Quyển Giáo trình “kỹ thuật nhiệt” này được biên soạn theo đề cương chi tiết đã được duyệt, dùng cho sinh viên tại các trường nghề.

Nội dung giáo trình gồm 4 phần: Phần thứ nhất là Khái niệm và các thông số cơ bản, trong đó trình bày các khái niệm, các định luật tổng quát của nhiệt động học và ứng dụng của nó để khảo sát các quá trình, các chu trình nhiệt động.

Phần thứ hai là Môi chất và sự truyền nhiệt, phần này trình bày các khái niệm, các định luật cơ bản của các phương thức trao đổi nhiệt và ứng dụng của nó để khảo sát các quá trình trao đổi nhiệt phức hợp trong các thiết bị trao đổi nhiệt.

Phần thứ ba là Các quá trình nhiệt động của môi chất, phần này trình bày các khái niệm, phân loại khí lý tưởng và khí thực. Khái niệm, phân loại sự truyền nhiệt, khái niệm về sự chuyển pha của các đơn chất, nhận dạng và phân biệt sự chuyển pha, sự truyền nhiệt của môi chất.

Phần thứ tư là Chu trình nhiệt động của động cơ nhiệt, sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ nhiệt.

Giáo trình này cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật các ngành có liên quan.

Mặc dù đã rất cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi sai sót, tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người đọc để lần xuất bản sau giáo trình được hoàn thiện hơn.

Hà nội, ngày....tháng....năm.....

Tham gia biên soạn

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1 KHÁI NIỆM VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN.	6
1. Các khái niệm cơ bản.	6
2. Các thông số cơ bản	9
3. Hệ nhiệt động và các thông số trạng thái.	10
4. Phương trình nhiệt động.	12
5. Nhận dạng và phân biệt các thông số và trạng thái	15
CHƯƠNG 2 MÔI CHẤT VÀ SỰ TRUYỀN NHIỆT.	16
1. Khái niệm khí lý tưởng và khí thực.	16
2. Khái niệm, phân loại sự truyền nhiệt	17
3. Khái niệm, phân loại sự chuyển pha của các đơn chất	20
4. Nhận dạng và phân biệt sự chuyển pha, sự truyền nhiệt của môi chất	20
CHƯƠNG 3 CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA MÔI CHẤT	28
1. Cơ sở lý thuyết để khảo sát một quá trình nhiệt động.	28
2. Nội dung khảo sát.	29
3. Các quá trình có một thông số bất biến.	29
4. Các quá trình nhiệt động của khí thực	38
5. Quá trình hỗn hợp của khí và hơi (không khí ẩm).	44
CHƯƠNG 4 CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ NHIỆT.	48
1. Khái niệm và yêu cầu	48
2. Phân loại chu trình nhiệt động	49
3. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ nhiệt	64

MÔN HỌC KỸ THUẬT NHIỆT

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

- Vị trí:

Môn học được bố trí giảng dạy sau các môn học: MH 07, MH 08, MH 09, MH 10, MH 11, MH 12, MH13.

- Tính chất:

Là môn học kỹ thuật cơ sở.

- Ý nghĩa:

Nhiệt kỹ thuật là tên một môn học trong Chương trình đào tạo, trong đó bao gồm các kiến thức về nhiệt động học (hoặc nhiệt động lực học). Sau khi học xong môn học này người học sẽ được cung cấp các kiến thức cơ bản về nhiệt và các động cơ nhiệt (nhiệt động học cổ điển) và về các hệ thống ở trạng thái cân bằng (nhiệt động học cân bằng).

Các nguyên lý nhiệt động học có thể áp dụng cho nhiều hệ vật lý, chỉ cần biết sự trao đổi năng lượng với môi trường mà không phụ thuộc vào chi tiết tương tác trong các hệ ấy. Do đó, người học có khả năng phân tích và giải thích được một số nguyên lý trên động cơ đốt trong và một số hiện tượng xảy ra trong tự nhiên.

- Vai trò:

Cung cấp một phần kiến thức cơ sở, nghề công nghệ ô tô.

Mục tiêu của môn học:

- + Trình bày được các khái niệm, các thông số cơ bản, các quá trình nhiệt động của môi chất.
- + Giải thích được nguyên lý hoạt động và kể tên được các bộ phận, chi tiết trên sơ đồ cấu tạo của động cơ đốt trong.
- + Nhận dạng các chi tiết, bộ phận của động cơ nhiệt trên ô tô.
- + Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về nhiệt kỹ thuật.
- + Rèn luyện tác phong làm việc nghiêm túc, cẩn thận.

Nội dung tổng quát và phân phối thời gian:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra*
I	Khái niệm và các thông số cơ bản.	11	11		
1.	Các khái niệm và thông số cơ bản.	2	2		
2.	Hệ nhiệt động và các thông số trạng thái.	3	3		
3.	Phương trình nhiệt động.	3	3		

4.	Nhận dạng phân biệt các thông số và trạng thái.	3	3		
II	Môi chất và sự truyền nhiệt.	12	11		1
1.	Khái niệm, phân loại khí lý tưởng và khí thực.	3	3		
2.	Khái niệm, phân loại sự truyền nhiệt.	3	2		1
3.	Khái niệm về sự chuyển pha của các đơn chất.	3	3		
4.	Nhận dạng và phân biệt sự chuyển pha, sự truyền nhiệt của môi chất.	3	3		
III	Các quá trình nhiệt động của môi chất.	12	11		1
1.	Các quá trình nhiệt động cơ bản: Quá trình đa biến, đoạn nhiệt, đẳng nhiệt, đẳng áp và đẳng tích.	4	4		
2.	Các quá trình nhiệt động của khí thực.	4	4		
3.	Quá trình hỗn hợp của khí và hơi.	4	3		1
IV	Chu trình nhiệt động của động cơ nhiệt.	10	9		1
1.	Khái niệm, yêu cầu và phân loại chu trình nhiệt động.	4	4		
2.	Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ nhiệt.	6	5		1
	Tổng cộng	45	42		3

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ HOÀN THÀNH MÔN HỌC

1. Phương pháp kiểm tra, đánh giá khi thực hiện:

Được đánh giá qua bài viết, kiểm tra, vấn đáp hoặc trắc nghiệm, tự luận trong quá trình thực hiện các bài học có trong môn học về kiến thức, kỹ năng và thái độ.

Có đầy đủ bài kiểm tra và hồ sơ học tập đạt yêu cầu.

2. Nội dung kiểm tra, đánh giá khi thực hiện:

- Về kiến thức:

+ Trình bày được đầy đủ các khái niệm, các thông số cơ bản, các quá trình nhiệt động của môi chất.

+ Giải thích được nguyên lý hoạt động và kể tên được các bộ phận, chi tiết trên sơ đồ cấu tạo của động cơ đốt trong.

+ Hoàn thành các bài tập về nhà hoặc hồ sơ học tập đạt yêu cầu.

- Về kỹ năng:
 - + Nhận dạng các chi tiết, bộ phận của động cơ nhiệt trên ô tô.
- Về thái độ:
 - + Chấp hành nghiêm túc các quy định về giờ học, nội qui và làm đầy đủ các bài tập về nhà.
 - + Rèn luyện tính chính xác, chủ động và tác phong công nghiệp.

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN.

Giới thiệu

Đối tượng nghiên cứu của Kỹ thuật nhiệt gồm hai phần là Nhiệt động kỹ thuật và Truyền nhiệt. Để nghiên cứu và giải thích được các hiện tượng về nhiệt cần có các khái niệm và các thông số đặc trưng cho môi chất. Trong nội dung chương này, chúng ta sẽ cùng tìm hiểu khái niệm, các thông số cơ bản, cách nhận dạng và phân biệt giữa thông số và trạng thái. Các định luật và phương trình nhiệt động cũng được đề cập đến.

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm và thông số cơ bản của quá trình nhiệt động.
- Giải thích được ý nghĩa của các khái niệm và các thông số cơ bản.
- Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về lĩnh vực nhiệt kỹ thuật.

Nội dung chính:

1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN.

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm và thông số cơ bản của quá trình nhiệt động.
- Trong phạm vi của chương trình môn học Kỹ thuật nhiệt, chúng ta sẽ nghiên cứu một số khái niệm cơ bản sau đây.

1.1 Nguồn nhiệt: là những vật trao đổi nhiệt với môi chất; nguồn nhiệt có nhiệt độ cao hơn gọi là nguồn nóng, nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp hơn gọi là nguồn lạnh..**1.2 Môi chất:** là những chất mà thiết bị dùng để truyền tải và chuyển hóa nhiệt năng với các dạng năng lượng khác. Môi chất có thể là vật chất ở bất cứ pha nào, nhưng thường dùng pha hơi (khí) vì nó có khả năng co giãn rất lớn. Môi chất có thể là đơn chất hoặc hỗn hợp.

1.3 Trạng thái: là một tập hợp các thông số xác định tính chất vật lý của môi chất hay hệ ở một thời điểm nào đó. Các đại lượng vật lý đó được gọi là thông số trạng thái.

1.4 Thông số trạng thái: là một đại lượng vật lý có một giá trị duy nhất ở một trạng thái. Thông số trạng thái là một hàm đơn trị của trạng thái. Nghĩa là độ biến thiên của thông số trạng thái trong quá trình chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối quá trình mà không phụ thuộc vào quá trình (đường đi) đạt đến trạng thái đó.

1.5 Máy nhiệt: là hệ thống thiết bị thực hiện sự chuyển hoá giữa nhiệt và công nói chung.

1.6 Động cơ nhiệt: là các loại máy nhiệt tiêu thụ một nhiệt lượng nào đó để sản sinh cho chúng ta một cơ năng tương ứng.

VD: ô tô, xe máy, nhà máy nhiệt điện v.v.

1.7 Máy lạnh: là loại máy nhiệt sử dụng nhiệt lượng lấy được để làm lạnh một vật nào đó.

VD: tủ lạnh, điều hoà nhiệt độ v.v. là loại máy lạnh.

1.8 Bơm nhiệt: là loại máy nhiệt sử dụng nhiệt lượng toả ra nguồn nóng để đốt nóng hoặc sấy, sưởi một vật nào đó.

VD: tủ lạnh “hai chiều”: mùa hè làm việc theo chế độ máy lạnh, mùa đông làm việc theo chế độ bơm nhiệt.

1.9 Quá trình nhiệt động: là quá trình biến đổi một chuỗi liên tiếp các trạng thái của hệ do có sự trao đổi nhiệt và công với môi trường.

1.10 Nước sôi (nước bão hoà): là nước khi bắt đầu quá trình hóa hơi hoặc kết thúc ngưng tụ; cũng là phần nước cùng tồn tại với hơi.

1.11 Hơi bão hòa khô: là hơi ở trạng thái bắt đầu ngưng tụ hoặc khi vừa hóa hơi xong, mà cũng là phần hơi khi hai pha hơi và nước (hoặc là hơi và rắn) cùng tồn tại.

1.12 Hơi bão hòa ẩm: là hỗn hợp giữa hơi bão hòa khô và nước bão hòa (nước sôi).

1.13 Nước chưa sôi: là nước có nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ bão hòa ở cùng áp suất hoặc là nước có áp suất lớn hơn áp suất bão hòa ở cùng nhiệt độ.

1.14 Hơi quá nhiệt: là hơi có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ bão hòa ở cùng áp suất hoặc là hơi có áp suất nhỏ hơn áp suất bão hòa ở cùng nhiệt độ.

1.15 Công: là đại lượng đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng giữa môi chất với môi trường khi có chuyển động vĩ mô. Khi thực hiện một quá trình, nếu có sự thay đổi áp suất, thay đổi thể tích hoặc dịch chuyển trọng tâm khối môi chất thì một phần năng lượng nhiệt sẽ được chuyển hoá thành cơ năng. Lượng chuyển biến đó chính là công của quá trình.

Ký hiệu là: l nếu tính cho 1 kg, đơn vị đo là J/kg.

L nếu tính cho G kg, đơn vị đo là J.

Qui ước: Nếu $l > 0$ ta nói vật sinh công.

Nếu $l < 0$ ta nói vật nhận công.

Công không thể chứa trong một vật bất kỳ nào, mà nó chỉ xuất hiện khi có quá trình thay đổi trạng thái kèm theo chuyển động của vật.

Về mặt cơ học, công có trị số bằng tích giữa lực tác dụng với độ dời theo hướng của lực. Trong nhiệt kỹ thuật thường gặp các loại công sau: công thay đổi thể tích; công lưu động (công thay đổi vị trí); công kỹ thuật (công thay đổi áp suất) và công ngoài.

Trong nhiệt động kỹ thuật tồn tại các loại công sau: công thay đổi thể tích l (J/kg), công lưu động (thay đổi vị trí) công kỹ thuật l_{kt} (J/kg) và công ngoài l_n (J/kg).

a. *Công thay đổi thể tích l (J/kg)*: là công do thể tích của hệ thay đổi mà có.

Công này có cả trong hệ kín và hệ hở. Khi môi chất giãn nở, $v_2 > v_1$ hệ sinh một công, theo quy ước, đây là công dương. Ngược lại, khi môi chất bị nén, $v_2 < v_1$ thì hệ nhận từ môi trường một công, theo quy ước, công này là công âm. Công thay đổi thể tích là một hàm của quá trình.

Với 1kg môi chất, khi tiến hành một quá trình ở áp suất p , thể tích thay đổi một lượng dv , thì môi chất thực hiện một công thay đổi thể tích là:

$$dl = p \cdot dv \quad (1-1)$$

Khi tiến hành quá trình, thể tích thay đổi từ v_1 đến v_2 thì công thay đổi thể tích được tính là:

$$l = \int_1^2 p \cdot dv \quad (1-2)$$

Từ công thức (1-1) ta thấy dl và dv cùng dấu. Khi $dv > 0$ thì $dl > 0$, nghĩa là khi xảy ra quá trình mà thể tích tăng thì công có giá trị dương, ta nói môi chất sinh công (công do môi chất thực hiện).

Khi $dv < 0$ thì $dl < 0$, nghĩa là khi xảy ra quá trình mà thể tích giảm thì công có giá trị âm, ta nói môi chất nhận công (công do môi trường thực hiện). Công thay đổi thể tích không phải là thông số trạng thái, được biểu diễn trên đồ thị $p-v$.

b. *Công kỹ thuật l_{kt} (J/kg)*: là công của dòng môi chất chuyển động thực hiện khi áp suất thay đổi. Do đó, công kỹ thuật chỉ có trong hệ hở. Môi chất sinh ra công này thông qua một thiết bị như tua- bin hay máy nén nên gọi là công kỹ thuật. Từ định nghĩa có thể thấy, khi dòng môi chất có áp suất giảm, công kỹ thuật sẽ lấy giá trị dương và ngược lại, nếu áp suất tăng công kỹ thuật sẽ âm.

Công kỹ thuật cũng là một hàm của quá trình.

$$dl_{kt} = -vdp \quad (1-3)$$

Nếu quá trình được tiến hành từ áp suất p_1 đến áp suất p_2 thì công kỹ thuật được tính là:

$$l_{kt} = - \int_1^2 vdp \quad (1-4)$$

Từ công thức (1-4) ta thấy dl_{kt} và dp ngược dấu nên khi $dp < 0$ thì $dl_{kt} > 0$, nghĩa là áp suất p giảm thì công kỹ thuật dương, ta nói môi chất sinh công và ngược lại.

c. *Công ngoài l_n (J/kg)* còn gọi là ngoại công: là công trao đổi giữa hệ và môi trường trong quá trình nhiệt động. Đây chính là công hữu ích chúng ta nhận được hoặc công chúng ta tiêu tốn cho hệ. Để có công trao đổi với môi trường

hệ phải thay đổi thể tích, hoặc thay đổi năng lượng đẩy, hoặc thay đổi động năng, hoặc thay đổi cả ba dạng năng lượng đó:

$$dl_n = dl - dl_{ld} - d(\quad) - gdh \quad (1-5)$$

Vì trong hệ kín, trọng tâm khối khí không dịch chuyển do đó không có lực đẩy, không có ngoại động năng nên công ngoài trong hệ kín bằng chính công thay đổi thể tích. Nói cách khác, chỉ có thể nhận được công trong hệ kín khi cho môi chất giãn nở hay:

$$dl_n = dl = pdv \quad (1-6)$$

Đối với hệ hở, môi chất cần tiêu hao công để thay đổi vị trí gọi là công lưu động hay lực đẩy ($dl_n = d(pv)$), khi đó công ngoài bằng:

$$dl_n = dl - d(pv) - d(\quad) - gdh \quad (1-7a)$$

hay có thể viết:

$$dl_n = dl - pdv - vdp - d(\quad) - gdh = dl_{kt} - d(\quad) - gdh \quad (1-7b)$$

Trong thực tế, lượng biến đổi động năng và thế năng ngoài là rất nhỏ so với công kỹ thuật do đó có thể bỏ qua, từ (1-7b) ta có:

$$dl_n = dl_{kt} \quad (1-8)$$

Từ (1-8) ta thấy công kỹ thuật tính gần đúng là công có ích nhận được từ dòng môi chất (hệ hở) thông qua một thiết bị kỹ thuật (tua- bin):

Đối với một quá trình thì:

$$dl_n = dl_{kt} \neq dl \quad (1-8a)$$

Đối với một chu trình, vì $dl_{ld} = 0$ nên:

$$dl_n = dl_{kt} = dl \quad (1-8b)$$

2. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm các thông số cơ bản của quá trình nhiệt động.
- Giải thích được ý nghĩa của các thông số cơ bản.

2.1 Thể tích riêng v (m^3/kg): thể tích riêng v là thể tích của 1kg môi chất.

Do đó, nếu gọi V (m^3) là thể tích của G (kg) môi chất thì thể tích riêng v được xác định bởi tỷ số:

$$(1-9)$$

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

$$\rho = \quad (1-10)$$

2.2 Áp suất p (N/m^2): là áp lực của các phân tử môi chất tác dụng tác dụng lên một đơn vị diện tích thành bình theo phương pháp tuyến.

2.3 Nhiệt độ T (K): theo thuyết động học phân tử nhiệt độ là thông số xác định động năng của các phân tử, hay nói đơn giản nhiệt độ là thông số trạng thái

xác định mức độ nóng hay lạnh của vật. Nhiệt độ được đo bằng nhiệt độ tuyệt đối hay nhiệt độ Kelvin, kí hiệu là T (K) hoặc nhiệt độ Celcius hay nhiệt độ bách phân, kí hiệu là $t^{\circ}\text{C}$.

Quan hệ giữa nhiệt độ Kelvin và nhiệt độ Celcius:

$$t^{\circ}\text{C} = T(\text{K}) - 273 \quad (1-11)$$

2.4 Entropy s (J/kg): entropy là một thông số trạng thái được phát hiện nhờ toán học.

Khi nghiên cứu chu trình nhiệt động Clausius thấy rằng, nếu gọi dq (J/kg) là mật độ dòng nhiệt vô cùng nhỏ tham gia trong quá trình có nhiệt độ tuyệt đối T (K) nào đó thì tích phân vòng của tỷ số dq/T cũng bằng không:

$$\oint \frac{dq}{T} \quad (1-12)$$

Clausius cho rằng *tỷ số dq/T đóng vai trò là một thông số trạng thái*. Ông gọi đó là entropy và kí hiệu là s (J/kgK). Như vậy:

$$ds \quad (1-13)$$

Chú ý rằng nhiệt lượng q hay vi phân của nó dq là một hàm số của quá trình nhưng tỷ số của nó với nhiệt độ tuyệt đối dq/T lại là vi phân toàn phần của hàm số.

3. HỆ NHIỆT ĐỘNG VÀ CÁC THÔNG SỐ TRẠNG THÁI.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm và phân biệt được các hệ nhiệt động.

3.1 Hệ nhiệt động(hệ thống nhiệt): là tập hợp những đối tượng được tách ra để nghiên cứu các hiện tượng về nhiệt, phần còn lại gọi là *môi trường*.

Gồm có 4 loại: hệ kín, hệ hở, hệ đoạn nhiệt và hệ cô lập.

a. Hệ kín và hệ hở:

Hệ nhiệt động kín, gọi tắt là hệ kín có 3 tính chất cơ bản sau đây:

- Trọng tâm của hệ không chuyển động (chuyển động vĩ mô) hay chuyển động với vận tốc không đáng kể để động năng của nó có thể bỏ qua.
- Khối lượng của môi chất trong hệ kín không đổi.
- Môi chất không đi qua ranh giới giữa hệ và môi trường.

Ngược với hệ kín là hệ hở. Hệ hở là hệ mà một hoặc cả ba tính chất trên đây không được thoả mãn. Trong hệ hở, trọng tâm của hệ chuyển động với một vận tốc nào đó nên trong hệ cân bằng của hệ hở luôn luôn có động năng.

Dựa vào định nghĩa trên đây có thể thấy nếu xem tủ lạnh gia đình gồm máy nén, giàn nóng, van tiết lưu và giàn lạnh là một hệ nhiệt động thì tủ lạnh là một hệ kín. Ngược lại, nếu chúng ta tách riêng máy nén ra và xem nó là một hệ nhiệt động thì máy nén là một hệ hở vì môi chất đi vào và đi ra khỏi máy nén, nghĩa là môi chất đi qua ranh giới giữa hệ và môi trường. Tương tự

như vậy, nếu xem nhà máy nhiệt điện gồm lò hơi, bộ quá nhiệt, tua bin, bình ngưng và bơm nước là một hệ thì nhà máy nhiệt điện là một hệ kín. Trong khi đó, nếu xem riêng tua- bin hoặc tua- bin và bình ngưng là những hệ nhiệt động thì chúng là những hệ hở.

b. Hệ đoạn nhiệt và hệ cô lập: hệ đoạn nhiệt là hệ không tham gia trao đổi nhiệt lượng với môi trường, có thể có sự trao đổi công. Hệ cô lập là hệ không tham gia trao đổi cả nhiệt và công với môi trường. Tất nhiên trong thực tế không có hệ đoạn nhiệt và hệ cô lập tuyệt đối mà chỉ có các hệ đoạn nhiệt và cô lập gần đúng.

Vì vậy, khái niệm *hệ nhiệt động* mang tính tương đối, phụ thuộc vào quan điểm của người khảo sát.

3.2 Các thông số trạng thái.

Ngoài 4 thông số cơ bản (cũng là 4 thông số trạng thái) nêu ở mục 1.1.2, trạng thái của một môi chất còn được xác định bởi các thông số trạng thái sau:

3.2.1 Nội năng u (J/kg): nội năng là năng lượng bên trong của hệ. Nội năng gồm nội động năng và nội thế năng. Nội động năng do chuyển động của các nguyên tử, phân tử sinh ra nên nó là một hàm đơn trị của nhiệt độ. còn nội thế năng do lực tương tác giữa các nguyên tử, phân tử quyết định do đó phụ thuộc vào thể tích riêng hay áp suất. Nói chung, nội năng là một hàm của nhiệt độ và thể tích riêng hoặc là một hàm của nhiệt độ và áp suất.

$$u = u_1(T,v) = u_2(T,p) \quad (1-14)$$

3.2.2 Năng lượng đẩy d (J/kg): một dòng môi chất (khí hoặc lỏng) chuyển động có thể có các năng lượng sau: động năng, thế năng và năng lượng đẩy giúp dòng môi chất chuyển động. Năng lượng đẩy của một 1 kg môi chất bằng: $d = pv$

Vì p và v là các thông số trạng thái nên năng lượng đẩy cũng là một thông số trạng thái. *Năng lượng đẩy chỉ có trong hệ hở*, còn trong hệ kín trọng tâm của hệ không chuyển động nên năng lượng đẩy $d = 0$.

3.2.3 Entanpy i (J/kg): trong tính toán sự chuyển hóa giữa nhiệt và công ta thường gặp tổ hợp $(u + pv)$ hay $(u + d)$. Vì u và pv hoặc u và d đều là các thông số trạng thái nên tổ hợp này cũng là một thông số trạng thái và được gọi là Entanpy i :

$$\text{Nhu vậy:} \quad i = u + pv = u + d. \quad (1-15)$$

3.2.4 Execgy e (J/kg):

Kinh nghiệm cho thấy rằng trong quá trình thuận nghịch, các dạng năng lượng như cơ năng, điện năng v.v. có thể biến đổi hoàn toàn thành công nhưng nhiệt năng thì chỉ có một phần có thể biến thành công. *Phần nhiệt năng*

tối đa có thể chuyển hoá thành công trong quá trình thuận nghịch gọi là *execfy e* (J/kg). Phần nhiệt năng không thể biến thành công gọi là *anergy a* (J/kg). Execfy e và anergy a phụ thuộc vào môi trường xung quanh. Như vậy, nếu gọi q là nhiệt lượng thì:

$$q = e + a \quad (1-16)$$

Có thể tính execfy e theo biểu thức:

$$e = (i - i_0) - T_0(s - s_0) \quad (1-17)$$

Trong đó: i, s tương ứng là entanpy và entropy của trạng thái cần xác định execfy; T_0 , i_0 , s_0 tương ứng là nhiệt độ tuyệt đối, entanpy và entropy của môi trường.

4. PHƯƠNG TRÌNH NHIỆT ĐỘNG.

Mục tiêu:

- Phát biểu được các định luật nhiệt động.

4.1 Phương trình nhiệt động I:

Định luật nhiệt động I là định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng viết cho các quá trình nhiệt động. Theo định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng thì năng lượng toàn phần của một vật hay một hệ ở cuối quá trình luôn luôn bằng tổng đại số năng lượng toàn phần ở đầu quá trình và toàn bộ năng lượng nhận vào hay nhả ra trong quá trình đó.

Trong các quá trình nhiệt động, khi không xảy ra các phản ứng hoá học và phản ứng hạt nhân, nghĩa là năng lượng hoá học và năng lượng hạt nhân không thay đổi, khi đó năng lượng toàn phần của vật chất thay đổi chính là do thay đổi nội năng U, trao đổi nhiệt và công với môi trường.

Xét 1kg môi chất, khi cấp vào một lượng nhiệt dq thì nhiệt độ thay đổi một lượng dT và thể tích riêng thay đổi một lượng dv. Khi nhiệt độ T thay đổi chứng tỏ nội động năng thay đổi; khi thể tích v thay đổi chứng tỏ nội thế năng thay đổi và môi chất thực hiện một công thay đổi thể tích. Như vậy khi cấp vào một lượng nhiệt dq thì nội năng thay đổi một lượng là du và trao đổi một công là dl.

Định luật nhiệt động I: nhiệt lượng cấp vào cho hệ một phần dùng để thay đổi nội năng, một phần dùng để sinh công.

Nghĩa là: giữa nhiệt năng và các dạng năng lượng khác có thể biến hoá lẫn nhau và khi một lượng nhiệt năng xác định bị tiêu hao sẽ được một lượng xác định năng lượng khác tương ứng, còn tổng năng lượng hoặc năng lượng toàn phần của môi chất không thay đổi. Vì vậy, định luật nhiệt động I cho phép ta viết phương trình cân bằng năng lượng cho một quá trình nhiệt động. Định luật nhiệt động I có thể được viết dưới nhiều dạng khác nhau như sau:

Trường hợp tổng quát: $dq = du + dl \quad (1-18)$

Đối với 1 kg môi chất: $\Delta q = \Delta u + l$ (1-18a)

Đối với G kg môi chất: $\Delta Q = \Delta U + L$ (1-18b)

Mặt khác theo định nghĩa entanpi, ta có: $i = u + pv$.

Lấy đạo hàm ta được: $di = du + d(pv)$ hay $du = di - pdv - vdp$; thay vào (1-18) và $dl = pdv$ (1-1) ta có dạng khác của biểu thức định luật nhiệt động I như sau:

$$dq = di - pdv - vdp + pdv \Rightarrow dq = di - vdp \quad (1-19)$$

$$\text{Hay: } dq = di + dl_{kt} \quad (1-20)$$

Đối với khí lý tưởng ta luôn có: $du = C_v dT$; $di = C_p dT$
thay giá trị của du và di vào (1-18) và (1-19) ta có dạng khác của biểu thức định luật nhiệt động I :

$$dq = C_v dT + pdv \quad (1-21)$$

$$dq = C_p dT - vdp \quad (1-22)$$

$$\text{đối với hệ hở: } dl_{kt} = dl_n + d(\quad) + gdh \quad (1-23)$$

4.2 Phương trình nhiệt động II:

Định luật nhiệt động I chính là định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng viết cho các quá trình nhiệt động, nó cho phép tính toán cân bằng năng lượng trong các quá trình nhiệt động, xác định lượng nhiệt có thể chuyển hoá thành công hoặc công chuyển hoá thành nhiệt. Tuy nhiên nó không cho ta biết trong điều kiện nào thì nhiệt có thể biến đổi thành công và liệu toàn bộ nhiệt có thể biến đổi hoàn toàn thành công không.

Định luật nhiệt động II cho phép ta xác định trong điều kiện nào thì quá trình sẽ xảy ra, chiều hướng xảy ra và mức độ chuyển hoá năng lượng của quá trình. Định luật nhiệt động II là tiền đề để xây dựng lý thuyết động cơ nhiệt và thiết bị nhiệt.

Theo định luật nhiệt động II thì mọi quá trình tự phát trong tự nhiên đều xảy ra theo một hướng nhất định. Ví dụ nhiệt năng chỉ có thể truyền từ vật có nhiệt độ cao đến vật có nhiệt độ thấp hơn. Nếu muốn quá trình xảy ra ngược lại thì phải tiêu tốn năng lượng, ví dụ muốn tăng áp suất thì phải tiêu tốn công nén hoặc phải cấp nhiệt vào; muốn lấy nhiệt từ vật có nhiệt độ thấp hơn thả ra môi trường xung quanh có nhiệt độ cao hơn (như ở máy lạnh) thì phải tiêu tốn một năng lượng nhất định (tiêu tốn một điện năng chạy động cơ, kéo máy nén).

Định luật nhiệt động II: có hai cách phát biểu.

Cách thứ nhất do Thomson-Planck phát biểu: không thể có động cơ nhiệt có khả năng biến toàn bộ nhiệt lượng cấp cho nó thành công mà không mất một phần nhiệt lượng truyền cho các vật khác.

Biểu thức: $q_1 - |q_2| = l \quad (1-24)$

Trong đó: q_1 - lượng nhiệt nguồn nóng.
 q_2 - lượng nhiệt nguồn lạnh.
 l - công sinh ra.

Cách thứ hai do Các - nôt-clausius phát biểu: nhiệt lượng tự nó chỉ có thể truyền từ nơi có nhiệt độ cao tới nơi có nhiệt độ thấp. Muốn truyền ngược lại phải tiêu tốn thêm một năng lượng.

Biểu thức: $|q_1| = q_2 - |l|$ (1-25)

5. NHẬN DẠNG VÀ PHÂN BIỆT CÁC THÔNG SỐ VÀ TRẠNG THÁI.

Mục tiêu:

- Nhận dạng, phân biệt được các thông số và trạng thái.

5.1 Nhận dạng thông số trạng thái.

- Thông số trạng thái có vi phân toàn phần.

- Thông số trạng thái là hàm đơn trị của trạng thái, lượng biến thiên thông số trạng thái chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của quá trình mà không phụ thuộc vào đường đi của quá trình.

Nhiệt lượng và công trao đổi trong một quá trình chỉ phụ thuộc vào đường đi của quá trình nên không phải là thông số trạng thái, chúng là hàm của quá trình.

Trong nhiệt động, thường dùng 3 thông số trạng thái có thể đo được trực tiếp là nhiệt độ T , áp suất p và thể tích riêng v (hoặc khối lượng riêng ρ), còn gọi là các thông số trạng thái cơ bản. Ngoài ra, trong tính toán người ta còn dùng các thông số trạng thái khác như: nội năng U , entanpi E và entropi S , các thông số này không đo được trực tiếp mà được tính toán qua các thông số trạng thái cơ bản.

5.2 Nhận dạng trạng thái.

Trạng thái là một tập hợp các thông số xác định tính chất vật lý của môi chất hay của hệ ở một thời điểm nào đó. Các đại lượng vật lý đó được gọi là thông số trạng thái.

Trạng thái cân bằng của hệ đơn chất, một pha được xác định khi biết hai thông số trạng thái độc lập. Trên đồ thị trạng thái, trạng thái được biểu diễn bằng một điểm.

Khi thông số trạng thái tại mọi điểm trong toàn bộ thể tích của hệ có trị số đồng nhất và không thay đổi theo thời gian, ta nói hệ ở trạng thái cân bằng. Ngược lại khi không có sự đồng nhất này nghĩa là hệ ở trạng thái không cân bằng. Chỉ có trạng thái cân bằng mới biểu diễn được trên đồ thị bằng một điểm nào đó, còn trạng thái không cân bằng thì thông số trạng thái tại các điểm khác nhau sẽ khác nhau, do đó không biểu diễn được trên đồ thị. Trong giáo trình này ta chỉ nghiên cứu các trạng thái cân bằng.

Khi hệ cân bằng ở một trạng thái nào đó thì các thông số trạng thái sẽ có giá trị xác định. Khi môi chất hoặc hệ trao đổi nhiệt hoặc công với môi trường thì sẽ xảy ra sự thay đổi trạng thái và sẽ có ít nhất một thông số trạng thái thay đổi.

CHƯƠNG 2

MÔI CHẤT VÀ SỰ TRUYỀN NHIỆT.

Giới thiệu

Gắn kết với các quá trình chuyển hóa năng lượng giữa nhiệt và công là hiện tượng truyền nhiệt lượng trong một vật hoặc từ vật này sang vật khác trong các thiết bị truyền nhiệt. Vì vậy, trong nội dung của chương 2 này, chúng ta sẽ nghiên cứu các qui luật truyền nhiệt lượng.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm khí lý tưởng và khí thực.
- Giải thích được sự khác nhau giữa khí lý tưởng và khí thực.
- Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về lĩnh vực nhiệt kỹ thuật.

Nội dung chính:

1. KHÁI NIỆM KHÍ LÝ TƯỞNG VÀ KHÍ THỰC.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm khí lý tưởng và khí thực.
- Giải thích được sự khác nhau giữa khí lý tưởng và khí thực.

1.1 Khái niệm khí lý tưởng: Khí lý tưởng là khí mà kích thước của các phân tử tạo thành khí đó vô cùng bé (có thể bỏ qua) và lực tương tác giữa các phân tử không đáng kể (coi như bằng 0). Trong thực tế không có khí lý tưởng.

Trong kỹ thuật, ở điều kiện nhiệt độ và áp suất bình thường có thể coi các chất như Hydro, Oxy, Nitơ, không khí, v.v. là khí lý tưởng.

Tóm lại, khí lý tưởng là khí không có thể tích bản thân phân tử, không có lực tương tác giữa các phân tử và không có biến pha.

Hỗn hợp khí lý tưởng là hỗn hợp cơ học của hai hoặc nhiều chất khí lý tưởng khi không xảy ra phản ứng hóa học giữa các chất khí thành phần. Ví dụ: không khí có thể được xem như là hỗn hợp khí lý tưởng với các chất khí thành phần gồm nitơ (N_2), oxy (O_2), dioxyt carbon (CO_2), v.v. Hỗn hợp khí được sử dụng có thể có tỷ lệ các chất khí thành phần rất khác nhau nên việc xây dựng các bảng hoặc đồ thị cho chúng là không thực tế. Bởi vậy, người ta nghiên cứu phương pháp xác định các thông số nhiệt động và tính toán với hỗn hợp khí lý tưởng.

Khí được gọi là khí lý tưởng thì các hạt tạo thành khí đó phải tuân theo lý thuyết trong vật lý cổ điển và vật lý lượng tử, vì vậy có ba loại khí lý tưởng:

a. Khí lý tưởng cổ điển: tuân thủ thống kê Maxwell-Boltzmann.

Khí lý tưởng cổ điển có thể lại được chia làm hai loại: loại thứ nhất thuần túy cổ điển và entropy của chúng có thể cộng với một hằng số vô

định; loại thứ hai là giới hạn ở nhiệt độ cao của hai loại khí lý tưởng lượng tử, và hằng số cộng thêm vào entropy được xác định.

b. Khí lý tưởng lượng tử: tuân thủ thống kê Bose (đặt tên theo nhà vật lý người Ấn Độ Satyendra Nath Bose).

Các hạt boson có spin nguyên, chúng có thể nằm cùng một trạng thái lượng tử và không tuân theo nguyên lý Wolfgang Pauli.

c. Khí lý tưởng lượng tử: tuân thủ thống kê Fermi.

Fermion là những hạt có spin bán nguyên và tuân thủ theo nguyên lý loại trừ của Wolfgang Pauli, nguyên lý cho rằng không có hai fermion nào có cùng trạng thái lượng tử với nhau.

Khái quát hóa, fermion là những hạt vật chất còn boson là những hạt truyền tương tác.

Trong đó, *Spin* là một đại lượng vật lý, có bản chất của mô men động lượng và là một khái niệm thuần túy lượng tử, không có sự tương ứng trong cơ học cổ điển. Trong cơ học cổ điển, mô men xung lượng được biểu diễn bằng công thức $L = r \times p$, còn mô men spin trong cơ học lượng tử vẫn tồn tại ở một hạt có khối lượng bằng 0, vì spin là bản chất nội tại của hạt đó.

Các hạt cơ bản như electron, quark đều có spin bằng $\frac{1}{2}$ (gọi tắt là $1/2$), ngay cả khi nó được coi là chất điểm và không có cấu trúc nội tại.

Khái niệm spin được Ralph Kronig đồng thời và độc lập với ông, là George Unlenbeck, Samuel Goudsmit đưa ra lần đầu vào năm 1925.

1.2 Khái niệm khí thực: khí thực là khí mà thể tích bản thân các phân tử khác không và tồn tại lực tương tác giữa các phân tử.

Các loại khí trong tự nhiên là khí thực, chúng được tạo nên từ các phân tử, mỗi phân tử chất khí đều có kích thước và khối lượng nhất định, các phân tử trong chất khí tương tác với nhau.

2. KHÁI NIỆM, PHÂN LOẠI SỰ TRUYỀN NHIỆT.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm và phân loại được sự truyền nhiệt.
- Giải thích được quá trình truyền nhiệt giữa các vật.

2.1 Khái niệm sự truyền nhiệt.

Truyền nhiệt là quá trình trao đổi nhiệt giữa các vật hoặc các phân tử của vật có nhiệt độ khác nhau.

2.2 Phân loại sự truyền nhiệt: có ba hình thức truyền nhiệt riêng rẽ là: dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ; được phân biệt theo phương thức truyền động năng giữa các phân tử thuộc hai vật.

a. Dẫn nhiệt:

Dẫn nhiệt là quá trình truyền nhiệt năng khi các vật hoặc các phần tử của vật có nhiệt độ khác nhau *tiếp xúc trực tiếp* với nhau.

Dẫn nhiệt xảy ra khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa các phần của một vật hoặc giữa hai vật tiếp xúc nhau. Dẫn nhiệt thuần túy xảy ra trong hệ gồm các vật rắn có sự tiếp xúc trực tiếp.

b. Trao đổi nhiệt đối lưu (tỏa nhiệt):

Trao đổi nhiệt đối lưu là quá trình trao đổi nhiệt xảy ra khi có sự dịch chuyển khối chất lỏng hoặc chất khí trong không gian từ vùng có nhiệt độ này đến vùng có nhiệt độ khác.

Tỏa nhiệt là hiện tượng các phân tử trên bề mặt vật rắn va chạm vào các phân tử chuyển động có hướng của một chất lỏng tiếp xúc với nó để trao đổi động năng. Tỏa nhiệt xảy ra tại vùng chất lỏng hoặc khí tiếp xúc với mặt vật rắn, là sự kết hợp giữa dẫn nhiệt và đối lưu trong lớp chất lỏng gần bề mặt tiếp xúc.

Tùy theo nguyên nhân gây chuyển động chất lỏng, tỏa nhiệt được phân ra 2 loại:

- Tỏa nhiệt tự nhiên là hiện tượng dẫn nhiệt vào chất lỏng chuyển động tự nhiên, luôn xảy ra trong trường trọng lực khi nhiệt độ chất lỏng khác nhiệt độ bề mặt.
- Tỏa nhiệt cưỡng bức là hiện tượng dẫn nhiệt vào chất lỏng chuyển động cưỡng bức do tác dụng của bơm, quạt hoặc máy nén.

Cường độ tỏa nhiệt, tỷ lệ thuận với hệ số tỏa nhiệt α [W/m²K], và được tính theo công thức Newton:

$$q = \alpha(t_w - t_f) = \alpha \Delta t \quad (2-1)$$

Trong đó Δt là hiệu số nhiệt độ bề mặt và chất lỏng.

c. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ:

Trao đổi nhiệt bức xạ là một dạng trao đổi nhiệt cơ bản không cần có sự tiếp xúc (khác với đối lưu và dẫn nhiệt) giữa các vật tham gia trao đổi.

Trao đổi nhiệt bức xạ là hiện tượng các phân tử vật 1 bức xạ ra các hạt, truyền đi trong không gian dưới dạng sóng điện từ, mang năng lượng đến truyền cho các phân tử vật 2.

Khác với hai phương thức trên, trao đổi nhiệt bức xạ có thể xảy ra giữa hai vật ở cách nhau rất xa, không cần sự tiếp xúc trực tiếp hoặc thông qua môi trường chất lỏng và khí, và luôn xảy ra với sự chuyển hóa giữa năng lượng nhiệt và năng lượng điện từ. Đây là phương thức trao đổi nhiệt giữa các thiên thể trong vũ trụ, chẳng hạn giữa mặt trời và các hành tinh. Trên hình 2.1 minh họa các phương thức trao đổi nhiệt.