



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



GIÁO TRÌNH NHIỆT KỸ THUẬT

TRÌNH ĐỘ CAO ĐẲNG

NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ

Ban hành theo Quyết định số 1955/QĐ-CDGTVTWTWI-ĐT ngày 21/12/2017
của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng GTVT Trung ương I

2017

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo nghề và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh đều sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Hiện nay, cùng với sự phát triển nhanh chóng của khoa học kỹ thuật, và đặc biệt là trong tính toán thiết kế, chế tạo hệ thống điều hòa không khí trên ô tô và giải thích quá trình cháy xảy ra trong buồng đốt của động cơ, đối với người thợ sửa chữa ô tô, ngoài việc sau khi ra trường cần nắm chắc những kiến thức về chuyên môn, sinh viên cần trang bị cho mình một số kiến thức chung về nhiệt động kỹ thuật. Kỹ thuật nhiệt là một môn học đáp ứng được một phần của yêu cầu đó. Trong môn học này sẽ trang bị cho sinh viên một số kiến thức cơ bản về nhiệt động học, giúp sinh viên hiểu được bản chất của các quá trình nhiệt động trên lý thuyết cũng như trong thực tế, đặc biệt là đối với động cơ đốt trong, giải thích được các quá trình trong một chu trình làm việc của động cơ đốt trong, nguyên lý làm việc của hệ thống điều hòa trên ô tô, một trong những kiến thức và kỹ năng rất quan trọng của người thợ sửa chữa.

Nội dung của giáo trình biên soạn được dựa trên sự kế thừa nhiều tài liệu của các trường đại học và cao đẳng, kết hợp với yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo cho sinh viên các trường dạy nghề trong cả nước. Để giúp cho sinh viên có thể nắm được những kiến thức cơ bản nhất của môn Kỹ thuật nhiệt, nhóm biên soạn đã sắp xếp môn học thành từng chương theo thứ tự:

Chương 1. Khái niệm và các thông số cơ bản.

Chương 2. Môi chất và sự truyền nhiệt.

Chương 3. Các quá trình nhiệt động của môi chất.

Chương 4. Chu trình nhiệt động của động cơ nhiệt.

Kiến thức trong giáo trình được biên soạn theo chương trình dạy nghề đã được Hiệu trưởng phê duyệt, sắp xếp logic và cô đọng. Sau mỗi bài học đều có các bài tập đi kèm để sinh viên có thể nâng cao tính thực hành của môn học. Do đó, người đọc có thể hiểu một cách dễ dàng các nội dung trong chương trình.

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.

Xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2017

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
Lời giới thiệu	
Mục lục	
Chương 1: Khái niệm và các thông số cơ bản	8
Chương 2: Môi chất và sự truyền nhiệt.	18
Chương 3. Các quá trình nhiệt động của môi chất.	30
Chương 4: Chu trình nhiệt động của động cơ nhiệt.	50
Tài liệu tham khảo.	70

CHƯƠNG 1 KHÁI NIỆM VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN.

Mã số của chương 1: MH 13- 01

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:

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

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