

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH GIA LAI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIA LAI



GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: NHIỆT KỸ THUẬT
NGÀNH/NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

Ban hành kèm theo Quyết định số 943/QĐ-TCĐGL ngày 25 tháng 10 năm 2022 của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Gia Lai

Gia Lai, năm 2023

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 và tham khảo.

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

TaiLieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Để nâng cao hoạt động dạy và học môn Nhiệt kỹ thuật, góp phần thực hiện mục tiêu giáo dục toàn diện cho học sinh, sinh viên. Thực hiện sự chỉ đạo của chuyên môn, chúng tôi tổ chức biên soạn giáo trình Nhiệt kỹ thuật với mục đích bổ sung những kiến thức cần thiết, có liên quan đến thực tiễn và đảm bảo phù hợp với người học. Giáo trình được biên soạn trên cơ sở tham khảo có chọn lọc các ý kiến đóng góp của các chuyên gia, các giáo viên tham gia giảng dạy môn Nhiệt kỹ thuật lâu năm phù hợp với điều kiện thực tế của trường Cao đẳng Gia lai.

Môn học Nhiệt kỹ thuật là một trong những môn học cơ sở. Môn học cung cấp cho người học các kiến thức nhận dạng các chi tiết, bộ phận và trang thiết bị liên quan.

Trong quá trình biên soạn, các tác giả đã hết sức cố gắng để cuốn sách được hoàn chỉnh, song không thể tránh khỏi những hạn chế nhất định. Chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp, xây dựng và bổ sung của độc giả và các bạn đồng nghiệp để giáo trình ngày một hoàn thiện hơn.

Gia Lai, ngày.....tháng.....năm 2023

Tham gia biên soạn

1. Đinh Quốc Dương

2.

3.

MỤC LỤC	TRANG
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:.....	1
LỜI GIỚI THIỆU:.....	2
CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN	9
1. Các khái niệm và thông số cơ bản	9
1.1. Thiết bị nhiệt	9
1.2. Nguồn nhiệt	10
2. Hệ nhiệt động và các thông số trạng thái	10
2.1. Định nghĩa và phân loại	10
2.2. Môi chất công tác (MCCT)	11
2.3. Các thông số trạng thái của môi chất công tác.....	12
2.4. Nhiệt lượng.....	15
2.5. Nhiệt dung và nhiệt dung riêng	16
2.6. Công	19
3. Phương trình nhiệt động	21
3.1. Định luật 1 nhiệt động học	21
CHƯƠNG 2: MÔI CHẤT VÀ SỰ TRUYỀN NHIỆT	22
1. Khí lý tưởng và khí thực	22
1.1. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng	22
1.2. Phương trình trạng thái của khí thực.....	23
2. Khái niệm, phân loại sự truyền nhiệt	24
2.1. Tính chất chung của hiện tượng trao đổi nhiệt.....	24
2.2. Các phương thức trao đổi nhiệt	24
3. Khái niệm về sự chuyển pha của các đơn chất.....	25
CHƯƠNG 3: CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA MÔI CHẤT.....	27
1. Các quá trình nhiệt động cơ bản	27
1.1. Khái niệm quá trình nhiệt động.....	27
1.2. Các giả thuyết khi nghiên cứu quá trình nhiệt động	27
1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản.....	27
2. Các quá trình nhiệt động của khí thực.....	33
2.1. Biến đổi nội năng, enthalpy, entropy	33
2.2. Quá trình đẳng tích.....	33

2.3. Quá trình đẳng áp	33
2.4. Quá trình đẳng nhiệt.....	33
2.5. Quá trình đoạn nhiệt.....	34
3. Quá trình hỗn hợp của khí và hơi	34
3.1. Hỗn hợp khí lý tưởng	34
3.2. Quá trình hỗn hợp của chất khí	36
4. Quá trình nén khí trong máy nén	38
4.1. Khái niệm và phân loại máy nén.....	38
4.2. Máy nén piston một cấp	38
4.3. Máy nén nhiều cấp	41
CHƯƠNG 4: CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ NHIỆT	45
1. Khái niệm, yêu cầu và phân loại chu trình nhiệt động (Định luật Nhiệt động II)	45
1.1. Định nghĩa	45
1.2. Chu trình thuận – ngược.....	46
1.3. Chu trình Carnot (Carnot 1796 – 1832)	48
2. Chu trình Động cơ đốt trong	50
2.1. Cấp nhiệt đẳng tích.....	50
2.2. Cấp nhiệt đẳng áp.....	52
2.3. Cấp nhiệt hỗn hợp.	53
2.4. So sánh ba chu trình.	55

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: Nhiệt kỹ thuật

Mã số của môn học: MH 26

Vị trí, tính chất của môn học:

- Vị trí: Môn học được bố trí giảng dạy song song với các môn học cơ sở.
- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

Mục tiêu của môn học:

- 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 cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ đốt trong
- Kỹ năng:
 - + Nhận dạng cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các động cơ nhiệt trên ô tô
- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về nhiệt kỹ thuật
 - + Rèn luyện tác phong làm việc nghiêm túc, cẩn thận.

Nội dung môn học:

Số TT	Tên chương mục	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, Bài tập	Kiểm tra
1	Chương 1- Khái niệm và các thông số cơ bản	8	8	0	0
2	Chương 2- Môi chất và sự truyền nhiệt	7	7	0	0
3	Chương 3- Các quá trình nhiệt động của môi chất	8	7	0	1
4	Chương 4- Chu trình nhiệt động của động cơ nhiệt	6	5	0	1
5	Thi kết thúc môn học	1			1
	Tổng cộng	30	27	0	3

CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN

Mục tiêu:

+ Kiến thức

- Phát biểu đúng các khái niệm và các thông số cơ bản của các quá trình nhiệt động
- Giải thích được các phương trình nhiệt động và thông số trạng thái

+ Kỹ năng

- Nhận dạng và phân biệt được các thông số trạng thái của môi chất

+ Năng lực tự chủ và tự chịu trách nhiệm

- Vận dụng được các kiến thức chuyên môn đã học vào thực tế công việc
- Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về kỹ thuật an toàn, vệ sinh công nghiệp về lĩnh vực nhiệt kỹ thuật.

1. Các khái niệm và thông số cơ bản

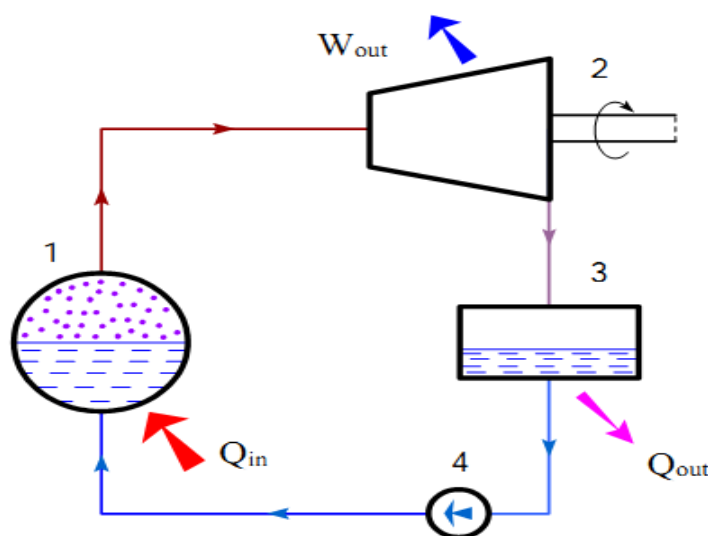
1.1. Thiết bị nhiệt

Thiết bị nhiệt là những thiết bị dùng để tiến hành quá trình truyền tải, trao đổi và chuyển hóa năng lượng.

Phân loại:

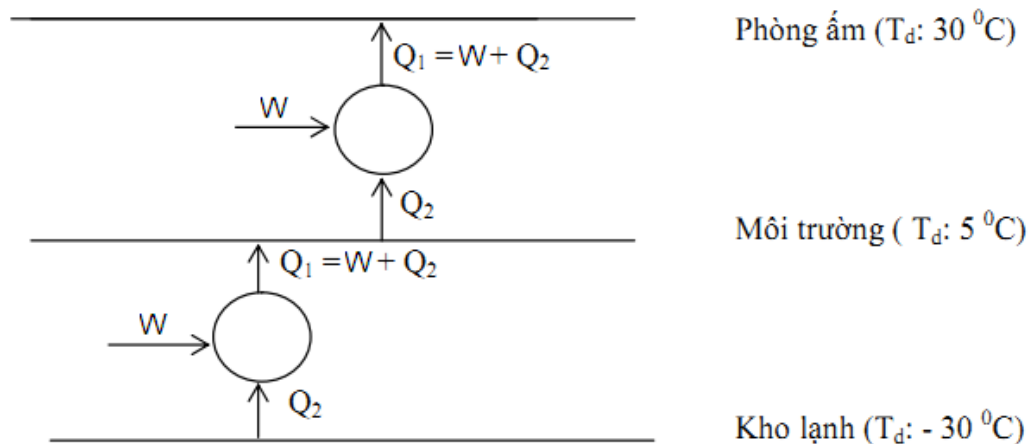
Động cơ nhiệt: là loại thiết bị nhiệt chức năng của nó là biến nhiệt năng thành cơ năng sau đó có thể chuyển hóa thành các loại năng lượng khác: điện năng, thế năng,...

Ví dụ: động cơ hơi nước, turbine khí, động cơ xăng, động cơ diesel,...



Hình 1.1: Nguyên lý hoạt động của turbine hơi nước

– Máy lạnh, bơm nhiệt: là các thiết bị nhiệt có chức năng phạm vi ứng dụng khác nhau nhưng nguyên lý làm việc hoàn toàn giống nhau. Nhờ năng lượng hỗ trợ từ bên ngoài nhiệt được đưa từ nơi có nhiệt độ (nguồn lạnh) tới nơi có nhiệt độ cao (nguồn nóng). Trên cơ sở đó duy trì nhiệt độ thấp trong môi trường nhiệt độ cao hơn (đối với thiết bị làm lạnh) hoặc duy trì nhiệt độ cao trong môi trường nhiệt độ thấp hơn (đối với bơm nhiệt).



Hình 1.2: Nguyên lý và chức năng của thiết bị lạnh và bơm nhiệt

– Nhóm các thiết bị khác: đó là các thiết bị trao đổi nhiệt và các thiết bị làm việc theo chu trình không khép kín như thiết bị nén khí, thiết bị sấy, điều hòa không khí,...

1.2. Nguồn nhiệt

Nguồn nhiệt là các đối tượng trao đổi trực tiếp với chất môi giới. Nguồn có nhiệt độ thấp là nguồn lạnh, nguồn có nhiệt độ cao hơn gọi là nguồn nóng.

Giả thiết các nguồn nhiệt vô cùng lớn để khi tiến hành trao đổi nhiệt với chất môi giới nhiệt độ của nó không thay đổi.

2. Hệ nhiệt động và các thông số trạng thái

2.1. Định nghĩa và phân loại

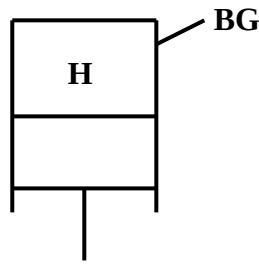
2.1.1. Định nghĩa

Hệ nhiệt động (HND) là một vật hoặc nhiều vật được tách riêng ra khỏi các vật khác để nghiên cứu những tính chất nhiệt động của chúng.

Môi trường xung quanh (MTXQ) là tập hợp tất cả các vật thể không nằm trong hệ thống nhiệt động học.

Biên giới là bề mặt ngăn cách giữa hệ nhiệt động học và môi trường xung quanh

Ví dụ: Ta nghiên cứu các qui luật, tính chất biến đổi năng lượng của khối khí trong xy lanh động cơ đốt trong, thì khối khí là hệ thống nhiệt động học, xy lanh + pittông + không khí bên ngoài là môi trường xung quanh, mặt trong của xy lanh và mặt trên của pittông là biên giới.



Hình 1.3: Hệ nhiệt động học

2.1.2. Phân loại

- Hệ kín và hệ hở:

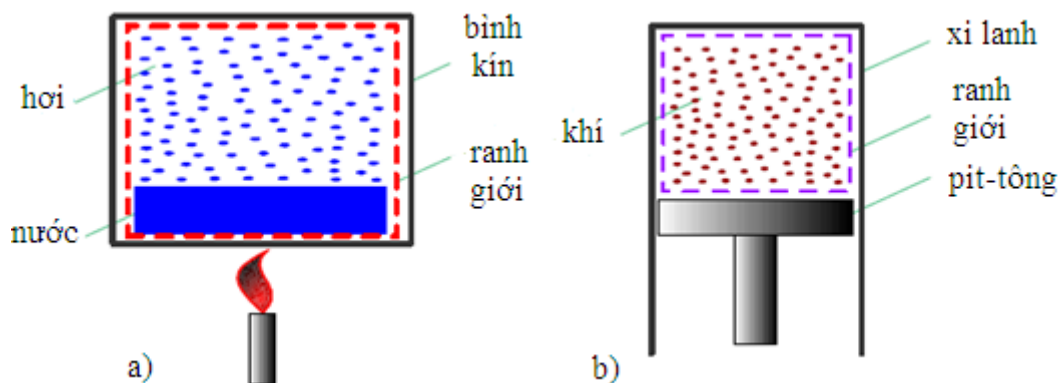
+ *Hệ kín*: là hệ chỉ trao đổi năng lượng nhưng không có sự trao đổi vật chất giữa hệ với môi trường xung quanh.

+ *Hệ hở*: là hệ trong đó có sự trao đổi vật chất và năng lượng giữa hệ với môi trường xung quanh.

- Hệ cô lập và hệ đoạn nhiệt:

+ *Hệ cô lập*: là hệ nhiệt động được cách ly hoàn toàn với môi trường xung quanh.

+ *Hệ đoạn nhiệt*: là hệ không trao đổi nhiệt với môi trường.



Hình 1.4: Hệ nhiệt động

a) Hệ nhiệt động kín với thể tích không đổi.

b) Hệ nhiệt động hở với thể tích thay đổi.

2.2. Môi chất công tác (MCCT)

- chất có vai trò trung gian trong quá trình biến đổi năng lượng từ nhiệt năng thành cơ năng.

Thông thường môi chất công tác là chất khí (ví dụ: không khí), hoặc hơi (hơi nước, môi chất làm lạnh) vì khí và hơi có đặc tính là có thể thay đổi thể tích rất lớn khi thay đổi nhiệt độ.

2.3. Các thông số trạng thái của môi chất công tác

Thông số trạng thái của MCCT - đại lượng vật lý đặc trưng cho trạng thái nhiệt động của MCCT.

2.3.1. Nhiệt độ

2.3.1.1. Định nghĩa

Nhiệt độ (T) - số đo trạng thái nhiệt của vật. Theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ là số đo động năng trung bình của các phân tử.

$$k.T = \frac{m.w^2}{3} \quad [1.1]$$

Trong đó: - $k = 1,3805.10^{-23}$ J/K là hằng số Bônzoman (boltzmann).

- T: nhiệt độ tuyệt đối Kenvin (K)

- w: vận tốc tịnh tiến trung bình của các phân tử khí (m/s).

Như vậy vận tốc chuyển động tịnh tiến trung bình của các phân tử khí càng lớn thì nhiệt độ càng cao.

2.3.1.2. Các thang nhiệt độ thông dụng

- Thang nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- Thang nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).
- Thang nhiệt độ Kelvin (K).

Bảng 1.1: Các thang nhiệt độ thông dụng

	Thang nhiệt độ Kelvin (K)	Thang nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$)	Thang nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)
Thang nhiệt độ Kelvin (K)	T	$T = t + 273$	$T = \frac{t_F - 32}{1,8} + 273$
Thang nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$)	$t = T - 273$	t	$t = \frac{t_F - 32}{1,8}$
Thang nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)	$t_F = 1,8(T - 273) + 32$	$t_F = 1,8t + 32$	t_F

- Thang nhiệt độ tuyệt đối Kenvin (Kelvin) được sử dụng để tính toán các chu trình nhiệt động mà ta sẽ nghiên cứu sau này. ($0\text{K} \sim -273,15^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ thấp nhất mà vật chất có thể đạt được -> mọi chuyển động nhiệt hỗn loạn đều ngừng).

- Thang nhiệt độ xenciu (Celsius) sử dụng phổ biến ở nước ta.
- Thang nhiệt độ Fahrenheit sử dụng rộng rãi ở Anh, Mỹ.

Chú ý: chỉ có nhiệt độ tuyệt đối Kenvin mới là thông số trạng thái. Ngoài ba thang nhiệt độ trên còn có thang nhiệt độ Rankin, song ở Việt Nam không phổ biến.

2.3.2. Áp suất

2.3.2.1. Khái niệm

Áp suất của lưu chất (p) - lực tác dụng của các phân tử theo phương pháp tuyến lên một đơn vị diện tích thành chứa. Áp suất này gọi là áp suất tuyệt đối.

$$p = \frac{F}{S} \quad [1.2]$$

Theo thuyết động học phân tử: áp suất là một đại lượng thống kê trung bình, tỉ lệ thuận với động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của các phân tử khí.

$$p = \alpha \cdot n \cdot \frac{m \cdot w^2}{3} \quad [1.3]$$

Trong đó: - p: áp suất tuyệt đối.

- F: lực tác dụng của các phân tử.

- S: diện tích thành bình chứa.

- α : hệ số phụ thuộc vào kích thước và lực tương tác của các phân tử. Đối với khí lý tưởng thì $\alpha = 1$.

- n: số phân tử trong một đơn vị thể tích.

2.3.2.2. Các thể loại áp suất và đơn vị áp suất thông dụng

- Các thể loại áp suất:

+ Áp suất do khí quyển gây nên được kí hiệu là p_k .

+ Áp suất tuyệt đối $p > p_k$ thì hàm số $p_d = p - p_k$ gọi là áp suất dư.

+ Nếu áp suất tuyệt đối $p < p_k$ thì hiệu số $p_{ck} = p_k - p$ gọi là độ chân không.

- Các đơn vị đo áp suất thông dụng:

+ N/m^2 - mm Hg

+ Pa (Pascal) - mm H₂O

+ at (technical Atmosphere) - psi (Pound per Square Inch)

+ atm (Physical Atmosphere) - psf (Pound per Square Foot)

Bảng 1.2: Các đơn vị áp suất

	At	Pa	mm H ₂ O	mm Hg (at 0°C)
at	1	9,80665.10 ⁴	10 ⁴	735,559
Pa	1,01972.10 ⁻⁵	1	0,101972	7,50062.10 ⁻³
mm H ₂ O	10 ⁻⁴	9,80665	1	73,5559.10 ⁻³

mm Hg	$1,35951 \cdot 10^{-3}$	133,322	13,5951	1
-------	-------------------------	---------	---------	---

$$+ 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg (at } 0^\circ\text{C)} = 10,13 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 2116 \text{ psf.}$$

$$+ 1 \text{ at} = 2049 \text{ psf}$$

$$+ 1 \text{ psi} = 144 \text{ psf} = 6894,8 \text{ Pa} = 0,069 \text{ bar}$$

$$+ 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 750 \text{ mm Hg}$$

$$+ 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar} = 735,5 \text{ mmhg} = 10 \text{ m H}_2\text{O}$$

Chú ý: Khi đo áp suất bằng áp kế thủy ngân, chiều cao cột thủy ngân cần được hiệu chỉnh về nhiệt độ 0°C .

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

Trong đó : t - nhiệt độ cột thủy ngân, $[^\circ\text{C}]$; h_0 - chiều cao cột thủy ngân hiệu chỉnh về nhiệt độ 0°C ; h - chiều cao cột thủy ngân ở nhiệt độ $t^\circ\text{C}$.

2.3.3. Thể tích riêng và khối lượng riêng

2.3.3.1. Thể tích riêng:

Thể tích riêng của một chất là thể tích được chiếm bởi một đơn vị khối lượng chất đó.

$$\text{Công thức: } v = \frac{V}{G}, \quad [\text{m}^3/\text{kg}]$$

Trong đó: - v : là thể tích riêng của vật, thông thường đo bằng m^3/kg .

- V : thể tích của vật thể $[\text{m}^3]$

- G : khối lượng của vật thể $[\text{kg}]$.

2.3.2.2. Khối lượng riêng (ρ - rô):

Còn gọi là mật độ – của một chất là khối lượng ứng với một đơn vị thể tích của chất đó:

$$\text{Công thức: } \rho = \frac{G}{V}, \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$$

2.3.4. Nội năng

Nội nhiệt năng (U) - gọi tắt là nội năng - là năng lượng do chuyển động của các phân tử bên trong vật và lực tương tác giữa chúng.

Nội năng gồm hai phần: nội động năng (U_d) và nội thế năng (U_t). Nội động năng liên quan đến chuyển động của các phân tử nên nó phụ thuộc vào nhiệt độ của vật. Nội thế năng liên quan đến lực tương tác giữa các phân tử nên nó phụ thuộc vào khoảng cách giữa các phân tử. Như vậy, nội năng là một hàm của nhiệt độ và thể tích riêng : $U = U(T, v)$, $[U] = \text{J}$.

Đối với khí lý tưởng, nội năng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Lượng thay đổi nội năng của khí lý tưởng được xác định bằng các biểu thức:

$$du = C_V \cdot dT \quad [1.4]$$

$$\Delta u = u_2 - u_1 = C_V \cdot \Delta T \quad [1.5]$$

Ở mỗi trạng thái của hệ nội năng có giá trị xác định, mỗi thay đổi giá trị của nội năng đều làm cho trạng thái của hệ thay đổi. Do đó nội năng là thông số trạng thái thứ tư sau p, v, T. Do không thể đo trực tiếp ở hệ nên phải xác định qua các thông số trạng thái khác như p, v, T nên ta gọi nội năng là hàm số trạng thái.

2.3.5. Enthalpy

Enthalpy (H) - là đại lượng được định nghĩa bằng biểu thức:

$$H = U + p \cdot V \quad [J]$$

Như vậy, cũng tương tự như nội năng, enthalpy của khí thực là hàm của các thông số trạng thái. Đối với khí lý tưởng, enthalpy chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và lượng thay đổi enthalpy của khí lý tưởng trong mọi quá trình được xác định bằng biểu thức:

$$dh = C_p \cdot dT \quad [1.6]$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = C_p \cdot \Delta T \quad [1.7]$$

Ở mỗi trạng thái của hệ h chỉ có một giá trị xác định, mỗi thay đổi giá trị của enthalpy đều làm cho trạng thái của hệ thay đổi. Do đó enthalpy là thông số trạng thái thứ năm sau p, v, T, u. Do không thể xác định h trực tiếp ở hệ nên phải xác định qua các thông số trạng thái khác như p, v, T, u nên ta gọi h là hàm số trạng thái.

2.3.6. Entropy

Entropy (S) - là một hàm trạng thái được định nghĩa bằng biểu thức:

$$dS = \frac{dQ}{T}, \quad [J/^{\circ}K] \quad [1.8]$$

Với dQ là nhiệt lượng nguyên tố cấp cho hệ ở nhiệt độ T

$$\text{Ta có: } \Delta S = S_2 - S_1 = \int_{12} \frac{dQ}{T} \quad [1.9]$$

Entropy là thông số trạng thái thứ sáu của hệ sau p,v,T,u,

2.4. Nhiệt lượng

2.4.1. Khái niệm

Một vật có nhiệt độ khác không thì các phân tử và nguyên tử của nó sẽ chuyển động hỗn loạn và vật mang một năng lượng gọi là nhiệt năng.

Khi hai vật tiếp xúc với nhau thì nội năng của vật nóng hơn sẽ truyền sang vật lạnh hơn. Quá trình chuyển nội năng từ vật này sang vật khác gọi là quá trình truyền nhiệt. Lượng nội năng truyền được trong quá trình đó gọi là nhiệt lượng trao đổi giữa hai vật.

Ký hiệu là:

Q nếu tính cho G kg, đơn vị đo là J.

q nếu tính cho 1 kg, đơn vị đo là J/kg.

Qui ước:

Nếu $q > 0$ ta nói vật nhận nhiệt (+).

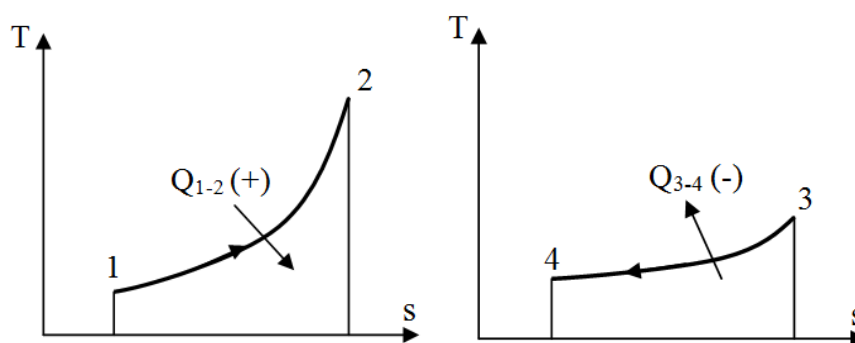
Nếu $q < 0$ ta nói vật nhả nhiệt (-).

Trong trường hợp cân bằng (khi nhiệt độ các vật bằng nhau), vẫn có thể xảy ra khả năng truyền nội năng từ vật này sang vật khác (xem là vô cùng chậm) ở trạng thái cân bằng động. Điều này có ý nghĩa quan trọng khi khảo sát các quá trình và chu trình lí tưởng.

2.4.2. Đồ thị nhiệt

Đồ thị nhiệt là đồ thị biểu diễn quá trình nhiệt động trên hệ trục tọa độ $T - s$. Trên đồ thị nhiệt, diện tích giới hạn bởi trục hoành, đường biểu diễn quá trình và hai đường thẳng đứng đi qua hai điểm đầu và điểm cuối của quá trình thể hiện nhiệt lượng tham gia trong quá trình.

Nhiệt năng không phải là thông số trạng thái của môi chất công tác. Lượng nhiệt cung cấp cho MCCT phụ thuộc vào đường đi của quá trình.



Hình 1.5: Biểu diễn quá trình nhiệt động trên đồ thị nhiệt

2.5. Nhiệt dung và nhiệt dung riêng

2.5.1. Định nghĩa

Nhiệt dung của một vật là lượng nhiệt cần cung cấp cho vật hoặc từ vật tỏa ra để nhiệt độ của nó thay đổi 1^0

$$C = \frac{dQ}{dt} \quad [\text{J/độ}] \quad [1.10]$$

Nhiệt dung riêng: còn gọi là *tỷ nhiệt* – là lượng nhiệt cần cung cấp hoặc tỏa ra từ 1 đơn vị số lượng vật chất để nhiệt độ của nó thay đổi 1° .

2.5.2. Phân loại

- Phân loại nhiệt dung riêng theo đơn vị đo lường vật chất:

+ Nhiệt dung riêng khối lượng: là tỷ số giữa nhiệt dung của vật với khối lượng của nó.

Công thức: $c = \frac{C}{m} \quad [\text{J/kg.độ}] \quad [1.11]$

+ Nhiệt dung riêng thể tích: là tỷ số giữa nhiệt dung của vật với thể tích của vật đã qui về điều kiện tiêu chuẩn V_{tc} ($p = 760 \text{ mmHg}$, $t = 0^{\circ}\text{C}$).

Công thức: $c' = \frac{C}{V_{tc}} \quad [\text{J/m}^3.\text{K}] \quad [1.12]$

+ Nhiệt dung riêng kmol: là tỷ số giữa nhiệt dung của vật với số kmol M của vật.

Công thức: $c_{\mu} = \frac{C}{M} \quad [\text{J/kmol.K}] \quad [1.13]$

- Phân loại nhiệt dung riêng theo quá trình nhận nhiệt:

+ Nếu quá trình nhận nhiệt là đẳng áp ($p = \text{const}$) thì ta có nhiệt dung riêng đẳng áp: $c_p, c_p', c_{\mu p}$.

+ Nếu quá trình nhận nhiệt là đẳng tích ($v = \text{const}$) thì ta có nhiệt dung riêng đẳng tích: $c_v, c_v', c_{\mu v}$.

+ Nếu quá trình nhận nhiệt là đa biến ta có nhiệt dung riêng đa biến: $c_n, c_n', c_{\mu n}$

+ Quan hệ giữa các loại nhiệt dung riêng:

$$c = c' \cdot v_{tc} = \frac{c_{\mu}}{\mu}, c' = \frac{c}{v_{tc}} = \frac{c_{\mu}}{22,4}$$

Với :

μ là khối lượng của 1 kmol chất khí (kg/kmol)

22,4 là thể tích của 1kmol ở điều kiện tiêu chuẩn (m^3)

2.5.3. Nhiệt dung riêng của khí lý tưởng

Nhiệt dung riêng của khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào bản chất (số nguyên tử có trong phân tử) khí lý tưởng được cho trong bảng 1.3.

$$1 \text{ kg} \quad \begin{cases} k = \frac{c_p}{c_v} \\ c_p - c_v = R \end{cases}$$

k: chỉ số đoạn nhiệt

Theo công thức Mayer: $c_p - c_v = R$ (R: hằng số chất khí)

Giải hệ phương trình ta được:

$$c_v = \frac{1}{k-1} \cdot R \quad ; \quad c_p = \frac{k}{k-1} \cdot R \quad [1.14]$$

$$1 \text{ Kmol} \quad \begin{cases} k = \frac{c_{\mu p}}{c_{\mu v}} \\ c_{\mu p} - c_{\mu v} = R_{\mu} = 8314 \text{ [J/kmol.độ]} \end{cases}$$

(R_{μ} : hằng số phổ biến của chất khí)

Giải hệ phương trình ta được:

$$c_{\mu v} = \frac{1}{k-1} \cdot R_{\mu} \quad ; \quad c_{\mu p} = \frac{k}{k-1} \cdot R_{\mu} \quad [1.15]$$

Bảng 1.3: Nhiệt dung riêng kmol khí lý tưởng

Loại khí	k	$\frac{kCal}{kmol.độ}$		$\frac{kJ}{kmol.độ}$	
		$c_{\mu v}$	$c_{\mu p}$	$c_{\mu v}$	$c_{\mu p}$
Khí 1 nguyên tử	1,67	3	5	12,6	20,9
Khí 2 nguyên tử	1,4	5	7	20,9	29,3
Khí nhiều nguyên tử	1,3	7	9	29,3	37,4

2.5.4. Nhiệt dung riêng của khí thực

Nhiệt dung riêng của khí thực phụ thuộc vào bản chất của chất khí, nhiệt độ, áp suất và quá trình nhiệt động:

$$c = f(T, p, \text{Quá trình}).$$

Trong phạm vi áp suất thông dụng, áp suất có ảnh hưởng rất ít đến NDR. Bởi vậy có thể biểu diễn NDR dưới dạng một hàm của nhiệt độ như sau:

$$c = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \dots + a_n \cdot t^n$$

Với a_i : là các hệ số phụ thuộc vào bản chất của từng chất khí, được xác định bằng thực nghiệm. Trong tính toán kỹ thuật thường chọn $n = 0$ hoặc $n = 1$ là đảm bảo độ chính xác.

2.5.5. Tính nhiệt dung riêng trung bình

Khi biết nhiệt dung riêng trung bình trong khoảng nhiệt độ $0 \div t$, có thể tính trung bình trong khoảng nhiệt độ $t_1 \div t_2$ như sau:

- Nhiệt dung riêng trung bình trong khoảng nhiệt độ $0 \div t$:

$$c \Big|_0^t = a_0 + a_1.t \quad [1.16]$$

- Theo định nghĩa nhiệt dung riêng: $c = \frac{dQ}{dt}$ [1.17]

- Nhiệt trao đổi trong quá trình 1 – 2:

$$q \Big|_{t_1}^{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} c.dt = c \Big|_{t_1}^{t_2} .(t_2 - t_1) \quad [1.18]$$

- Mặt khác có thể viết:

$$q \Big|_{t_1}^{t_2} = q \Big|_0^{t_2} - q \Big|_0^{t_1} = c \Big|_0^{t_2} .(t_2 - 0) - c \Big|_0^{t_1} .(t_1 - 0) = c \Big|_0^{t_2} .t_2 - c \Big|_0^{t_1} .t_1 \quad [1.19]$$

Từ [1.18], [1.19] ta có:

$$c \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c \Big|_0^{t_2} .t_2 - c \Big|_0^{t_1} .t_1}{t_2 - t_1} = a_0 + a_1.(t_2 + t_1) \quad [1.20]$$

2.5.6. Tính nhiệt tham gia quá trình

- Căn cứ vào nhiệt dung riêng:

$$q \Big|_{t_1}^{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} c.dt = c \Big|_{t_1}^{t_2} .(t_2 - t_1) \quad [1.21]$$

- Căn cứ vào entropy :

$$q = \int_{s_1}^{s_2} T.ds \quad [1.22]$$

2.6. Công

2.6.1. Khái niệm

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:

W nếu tính cho G kg, đơn vị đo là J.

w nếu tính cho 1 kg, đơn vị đo là J/kg.

Qui ước:

Nếu $w > 0$ ta nói vật sinh công (+).

Nếu $w < 0$ 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.

2.6.2. Phân loại

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.

- Công thay đổi thể tích là công do môi chất thực hiện khi có sự thay đổi thể tích.

$$\delta w = p dv \Rightarrow w = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv, \quad [\text{J/kg}] \quad [1.23]$$

- Công kỹ thuật là công do môi chất thực hiện khi thay đổi áp suất

$$\delta w_{kt} = -v dp \Rightarrow w_{kt} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp \quad [1.24]$$

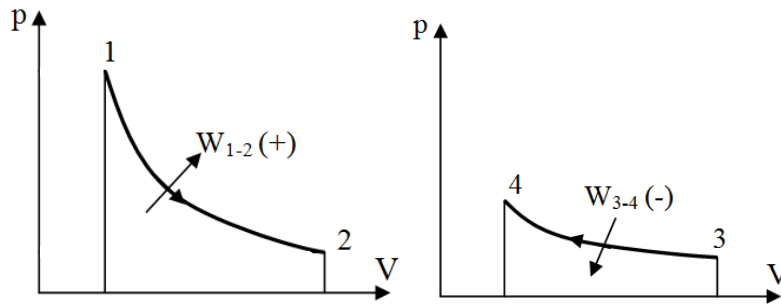
- Công lưu động: Đối với hệ thống hở môi chất bắt buộc phải thay đổi vị trí nên cần tiêu hao một công gọi là công lưu động (w_{ld}).

- Công ngoài là công mà hệ trao đổi với môi trường trong các quá trình nhiệt động (w_n).

2.6.3. Đồ thị công

Đồ thị công là đồ thị biểu diễn quá trình nhiệt động trên hệ trục tọa độ p - V . Trên đồ thị công, diện tích giới hạn bởi trục hoành, đường biểu diễn quá trình và hai đường thẳng đứng đi qua hai điểm đầu và điểm cuối của quá trình thể hiện công HNĐ sinh ra hoặc công tác dụng lên HNĐ.

Công không phải là thông số trạng thái của môi chất công tác. Công phụ thuộc vào đường đi của quá trình.



Hình 1.6: Biểu diễn quá trình nhiệt động trên đồ thị công

3. Phương trình nhiệt động

3.1. Định luật 1 nhiệt động học

3.2.1. Phát biểu định luật

Năng lượng không tự nhiên sinh ra, không tự nhiên mất đi mà chỉ chuyển từ dạng này sang dạng khác trong các quá trình vật lý và hóa học khác nhau.

Ý nghĩa: Định luật nhiệt động 1 cho phép ta viết phương trình cân bằng năng lượng cho một quá trình nhiệt động.

3.2.2. Công thức của định luật 1 nhiệt động học

Trong các quá trình nhiệt động học mà ta nghiên cứu thì công chủ yếu là công giãn nở. Do đó ta có các công thức sau:

$$dq = du + pdv \quad [1.25]$$

$$= du + pdv + vdp - vdp$$

$$= du + d(pv) - vdp$$

$$= d(u + pv) - vdp$$

$$dq = dh - vdp \quad [1.26]$$

Công thức [1.25], [1.26] là công thức của định luật I.

CHƯƠNG 2: MÔI CHẤT VÀ SỰ TRUYỀN NHIỆT

Mục tiêu:

+Kiến thức

- Trình bày đúng khái niệm và phân loại của môi chất và sự truyền nhiệt
- Giải thích sự chuyển pha của các đơn chất và khí lý tưởng và khí thực

+Kỹ năng

- Nhận dạng và phân biệt được sự chuyển pha, khí lý tưởng và khí

+ Năng lực tự chủ và tự chịu trách nhiệm

- Vận dụng được các kiến thức chuyên môn đã học vào thực tế công việc
- Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về kỹ thuật an toàn, vệ sinh công nghiệp về lĩnh vực nhiệt kỹ thuật.

Nội dung:

1. Khí lý tưởng và khí thực

Khí lý tưởng là khí mà thể tích bản thân phân tử của chúng vô cùng bé và lực tương tác giữa các phân tử bằng không. Ngược lại, khí thực là khí mà thể tích bản thân các phân tử khác không và tồn tại lực tương tác giữa các phân tử. Nếu khí thực có áp suất rất thấp và nhiệt độ cao thì có thể coi là khí lý tưởng. Trong thực tế không có khí lý tưởng, có thể xem khí lý tưởng là trạng thái giới hạn của khí thực khi áp suất p rất nhỏ. Trong kỹ thuật ở điều kiện nhiệt độ, áp suất bình thường có thể coi các chất như: Hydro, Oxy, Nitơ, không khí . . . là khí lý tưởng.

1.1. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

Phương trình trạng thái khí lý tưởng biểu diễn quan hệ giữa các thông số trạng thái của khí lý tưởng ở một thời điểm nào đó.

Từ (1.1) và (1.3) ta có:

$$p = \alpha \cdot n \cdot k \cdot T \quad [2.1]$$

- Đối với khí lý tưởng: $\alpha = 1$
- Số phân tử trong một đơn vị thể tích: $n = \frac{N}{V} = \frac{N_{\mu}}{V_{\mu}}$

Trong đó: V - thể tích của chất khí, [m^3]; N - số phân tử có trong thể tích V ; N_{μ} - số phân tử có trong 1 kmol chất khí; V_{μ} - thể tích của 1 kmol chất khí, [$m^3/kmol$].