

TẬP ĐOÀN DẦU KHÍ VIỆT NAM
TRƯỜNG CAO ĐẲNG DẦU KHÍ
២០២២០២២



GIÁO TRÌNH

MÔ ĐUN: KỸ THUẬT LẠNH

NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 215/QĐ-CĐDK ngày 1 tháng 3 năm 2022
của Trường Cao Đẳng Dầu Khí)*

Bà Rịa - Vũng Tàu, năm 2022
(Lưu hành nội bộ)

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 NÓI ĐẦU

Ngày nay, kỹ thuật lạnh đã phát triển rất mạnh mẽ. Nó không chỉ phát triển trong lĩnh vực của ngành lạnh mà nó trở thành một phương tiện kỹ thuật để thúc đẩy các ngành kỹ thuật khác. Chính vì lý do đó mà môn Kỹ thuật lạnh là một môn không thể thiếu trong quá trình đào tạo nghề điện công nghiệp, trong đó có ngành điện công nghiệp. Và giáo trình môn học Kỹ thuật lạnh ra đời không nằm ngoài mục đích đó, nó được biên soạn nhằm hỗ trợ cho việc dạy và học môn học Kỹ thuật lạnh của học sinh, sinh viên ngành Điện công nghiệp trong nhà trường.

Nội dung gồm 3 bài :

Bài 1: Cơ sở nhiệt động kỹ thuật và truyền nhiệt

Bài 2: Cơ sở kỹ thuật lạnh

Bài 3: Cơ sở kỹ thuật điều hòa không khí

Về nội dung giáo trình đề cập đến các kiến thức liên quan về mạch điện và hệ thống lạnh dân dụng như tủ lạnh , máy điều hòa không khí.

Do thời gian cũng như trình độ có hạn, chắc chắn rằng trong giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong được sự góp ý của các đồng nghiệp và tất cả các em học sinh.

Cuối cùng , xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp và các bạn bè giúp đỡ và đóng góp ý kiến trong quá trình biên soạn.

Bà Rịa – Vũng Tàu, tháng 06 năm 2022

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: Nguyễn Lê Cương

2. Ninh Trọng Tuấn

3. Nguyễn Xuân Thịnh

4.

MỤC LỤC

BÀI 1: CƠ SỞ NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT VÀ TRUYỀN NHIỆT	7
1.1. NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT:	13
1.1.1. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới.....	13
1.1.2. Hơi và các thông số trạng thái của hơi.	15
1.1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi.....	17
1.1.4. Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt.	20
1.2. TRUYỀN NHIỆT	21
1.2.1. Dẫn nhiệt.	21
1.2.2. Trao đổi nhiệt đối lưu.	22
1.2.3. Trao đổi nhiệt bức xạ.	23
1.2.4. Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt.....	25
Bài 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH	32
2.1. KHÁI NIỆM CHUNG.....	33
2.1.1. Ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật.	33
2.1.2. Các phương pháp làm lạnh nhân tạo.	34
2.2. Môi chất lạnh và chất tải lạnh.	39
2.2.1. Môi chất lạnh:	39
2.2.2. Dầu bôi trơn:	46
2.3. Các hệ thống lạnh thông dụng	49
2.3.1. Hệ thống lạnh với 1 cấp nén.....	49
2.3.2. Sơ đồ 2 cấp có làm mát trung gian.....	52
2.3.3. Các sơ đồ khác.	54
2.4. Máy nén lạnh	55
2.4.1. Khái niệm.	55
2.4.2 Máy nén Pitton:	55
2.4.3. Giới thiệu một số chủng loại máy nén khác.....	58
2.5. Giới thiệu chung về các thiết bị khác của hệ thống lạnh	65
2.5.1. Các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu	65
2.5.3. Các thiết bị tự động và bảo vệ của hệ thống lạnh:	69
Bài 3: Kỹ thuật lắp đặt, sửa chữa và vận hành điều hòa không khí	78
3.1. Không khí ẩm	79
3.1.1. Các thông số vật lý của không khí ẩm	79
3.1.3. Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK.....	86

3.2. KHÁI NIỆM VỀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ.....	87
3.2.1. Khái niệm về thông gió và ĐHKK.....	87
3.2.2. Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản.	89
3.2.3. Các hệ thống ĐHKK.	90
3.2.4. Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí.....	92
3.3. HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN KHÔNG KHÍ.....	103
3.3.1. Trao đổi không khí trong phòng	103
3.3.2. Hệ thống đường ống gió.....	110
3.3.3. Quạt gió.....	112
3.4.2. Lọc bụi và tiêu âm trong điều hòa không khí.	121
3.6. Chuẩn đoán và khắc phục một số lỗi hư hỏng thường gặp của máy lạnh	134
3.6.1 Máy lạnh mất nguồn.....	134
3.6.2. Remote bấm không có tác dụng.....	135
3.6.3. Gió thổi ra khỏi dàn lạnh có mùi hôi	135
3.6.4. Dàn lạnh bị chảy nước, vỏ dàn lạnh bị đọng sương, gió thổi ra ở dạng sương hoặc thổi ra giọt nước, dàn lạnh bị đóng tuyết.....	135
3.6.5. Máy không lạnh hoặc lúc lạnh lúc không	135
3.6.6. Board điều khiển trên dàn lạnh hư.	136
3.6.7. Máy kém lạnh.....	136
Tài liệu tham khảo	138

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

p : áp suất

v : thể tích riêng

I : Entanpi

E : năng suất bức xạ

ρ : khối lượng riêng của không khí

d : dung ẩm (độ chứa hơi)

C_{pk} : nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí khô

C_{ph} : nhiệt dung riêng đẳng áp của hơi nước ở 0°C

r_0 nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở 0°C

t, t_V - Nhiệt độ không khí ra vào phòng

t_L - Nhiệt độ không khí tại vùng làm việc.

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1 đồ thị trạng thái	6
Hình 1.2 đồ thị trạng thái t-s của hơi nước	6
Hình 1.3. đồ thị i-s của hơi nước	8
Hình 1.4 :đồ thị i-s quá trình đẳng tích của hơi nước	8
Hình 1.5 :đồ thị i-s quá trình đẳng áp của hơi nước	8
Hình 1.6:đồ thị i-s quá trình đẳng nhiệt của hơi nước	
Hình 1.7 :đồ thị i-s quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch (đẳng entropi) của hơi nước	10
Hình 1.8 sơ đồ cấu tạo máy lạnh dùng hơi	11
Hình 2.1: chu trình hoạt động của hệ thống máy nén lạnh	24
Hình 2.2: Cặp nhiệt điện	27
Hình 2.3: chu trình carnot ngược chiều	38
Hình 2.4: chu trình khô	39
Hình 2.5: chu trình hai cấp	41
Hình 2.6: chu trình ghép tầng	44
Hình 2.7: máy nén pittong	45
Hình 2.8: máy nén pittong hở	46
Hình 2.9: máy nén kín	47
Hình 2.10: máy nén nửa kín	47
Hình 2.11: máy nén xoắn ốc	49
Hình 2.12: máy nén ro to lặn	50
Hình 2.13: máy nén trục vít	51
Hình 2.14: cấu tạo van tiết lưu	57
Hình 2.15: van tiết lưu điện tử	58
Hình 2.16: mạch điều khiển dùng thermostat	58
Hình 2.17: Mạch điều khiển báo động sự cố (reset).	61
Hình 2.18: relay áp suất cao (HP).	61
Hình 2.19: rơ le bảo vệ nhiệt độ dầu trong carte máy nén	64
Hình 2.20: rơ le bảo vệ áp lực nước	65
Hình 3.1: Đồ thị I-d của không khí ẩm	72
Hình 3.2: Đồ thị t- d của không khí ẩm	73

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

<i>Bảng 1.1</i> : So sánh chu trình lạnh R12 và R134a	35
Bảng 1.2: Các loại dầu máy lạnh	36
Bảng 1.3. Tỷ lệ các chất khí trong không khí khô	

TaiLieu.vn

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN: KỸ THUẬT LẠNH

1. Tên mô đun: Kỹ thuật lạnh

2. Mã mô đun: **ELEI54123**

3. Vị trí, tính chất của mô đun:

- Vị trí: Kỹ thuật lạnh là mô đun chuyên môn nghề trong danh mục các môn học/mô đun đào tạo tự chọn của nghề Điện công nghiệp.
- Tính chất: Kỹ thuật lạnh là một mô đun thực hành chuyên môn nghề. Tính chất: Mô đun này trang bị những kiến thức, kỹ năng

4. Mục tiêu mô đun:

- Về kiến thức:
 - +Trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật Nhiệt- Lạnh và điều hòa không khí, cụ thể là: Các hiểu biết về chất môi giới trong hệ thống lạnh và điều hòa không khí, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy lạnh, cấu trúc cơ bản của hệ thống lạnh và điều hòa không khí.
- Về kỹ năng:
 - +Tra bảng các thông số trạng thái của môi chất, sử dụng được đồ thị, biết chuyển đổi một số đơn vị đo và giải được một số bài tập đơn giản.
 - +Lắp đặt, vận hành và sửa chữa được các loại máy lạnh dân dụng
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - +Rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác, tư duy khoa học, an toàn và tiết kiệm.

5. Nội dung mô đun:

5.1. Chương trình khung:

	Mã MH, MD	Tên môn học, mô đun	Tín chỉ	Thời gian đào tạo (giờ)				
				Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra	
							LT	TH
I .	Các môn học chung/đại cương		14	285	117	153	10	5
1.	COMP52001	Giáo dục chính trị	2	30	15	13	2	0
2.	COMP51003	Pháp luật	1	15	9	5	1	0
3.	COMP51007	Giáo dục thể chất	1	30	4	24	0	2
4.	COMP52009	Giáo dục quốc phòng và nn ninh	2	45	21	21	1	2
5.	COMP52005	Tin học	2	45	15	29	0	1
6.	FORL54002	Tiếng Anh	4	90	30	56	4	0
7.	SAEN52001	An toàn vệ sinh lao	2	30	23	5	2	0

	Mã MH, MĐ	Tên môn học, mô đun	Tín chỉ	Thời gian đào tạo (giờ)				
				Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra	
							LT	TH
		động						
I.	Các môn học, mô đun chuyên môn ngành, nghề		48	1185	309	822	21	33
II.1.	Môn học, mô đun cơ sở		9	195	70	116	5	4
8.	ELEI52033	Mạch điện cơ bản	2	30	28	0	2	0
9.	ELEI53132	Mạch điện	3	60	28	29	2	1
10.	ELET51165	Vẽ điện	1	30	0	29	0	1
11.	ELEI53117	Khí cụ điện	3	75	14	58	1	2
II.2.	Môn học, mô đun chuyên môn ngành, nghề		41	990	239	706	16	29
12.	ELEI53115	Đo lường điện	3	75	14	58	1	2
13.	ELEI56135	Máy điện	6	150	28	116	2	4
14.	ELEI6509	Cung cấp điện	5	90	56	29	4	1
15.	ELET55157	Trang bị điện 1	5	120	28	87	2	3
16.	ELEI55138	Thí nghiệm điện 1	3	75	14	58	1	2
17.	ELEI55124	Kỹ thuật lắp đặt điện	5	120	28	87	2	3
18.	ELEI54123	Kỹ thuật lạnh	4	90	28	58	2	2
19.	ELEI54148	Thiết bị điện gia dụng	4	90	28	58	2	2
20.	ELEI54152	Thực tập sản xuất	4	180	15	155	0	10
	Tổng cộng		62	1470	426	975	31	38

5.2. Chương trình chi tiết mô-đun:

Số TT	Nội dung tổng quát	Thời gian (giờ)				
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra	
					LT	TH
1	Bài 1: Cơ sở nhiệt động kỹ thuật	10	10	0	0	0

Số TT	Nội dung tổng quát	Thời gian (giờ)				
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra	
					LT	TH
	và truyền nhiệt					
2	Bài 2: Cơ sở kỹ thuật lạnh	20	4	14	1	1
3	Bài 3: Kỹ thuật lắp đặt, sửa chữa và vận hành điều hòa không khí	60	14	44	1	1
	Cộng	90	28	58	2	2

6. Điều kiện thực hiện mô đun:

6.1. Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng:

- Phòng học lý thuyết/tích hợp
- Phòng thực hành/nhà xưởng/mô hình...

6.2. Trang thiết bị máy móc:

- + Mô hình điều hòa nhiệt độ
- + Mô hình tủ lạnh
- + Mô hình điều hòa trung tâm làm lạnh nước
- + Mô hình ĐHTT có hệ thống dẫn gió lạnh
- + Mô hình máy nén lạnh các loại
- + Tủ lạnh các loại
- + Máy điều hòa cửa sổ
- + Máy điều hòa nhiệt độ 2 phần tử
- + Bơm nhiệt các loại
- + Máy điều hòa không khí kiểu tủ
- + Máy điều hòa không khí trung tâm các loại
- + Máy nén lạnh các loại
- + Bộ hàn hơi O₂ - C₂H₂
- + Các dàn trao đổi nhiệt ống - quạt
- + Máy nén khí có bình chứa
- + Chai ni tơ cao áp
- + Máy hút chân không
- + Máy mài
- + Máy khoan đứng
- + Máy khoan tay
- + Bộ đồ nghề điện lạnh chuyên dụng
- + Am pe kìm
- + Bộ uốn ống các loại
- + Bộ nong loe các loại
- + Mỏ lết các loại
- + Xi lanh nạp ga

- + Máy thu hồi ga
- + Đèn hàn
- + Nhiệt kế các loại
- + Rơ le nhiệt độ các loại
- + Ca bin thực tập lắp đặt mô hình máy lạnh và điều hòa không khí
- + Ca bin thực tập lắp đặt điều hòa không khí

6.3. Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu:

- + Ống đồng các loại
- + Tiết lưu các loại
- + Que hàn các loại
- + Van đảo chiều các loại
- + Van một chiều
- + Dầu lạnh, giẻ lau, dây điện, công tắc, áp tô mát, đèn tín hiệu...

6.4. Các điều kiện khác:

- + PC, phần mềm chuyên dùng.
- + Projector, overhead.

7. Nội dung và phương pháp đánh giá

7.1. Nội dung:

- Về kiến thức:
 - + Trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật Nhiệt- Lạnh và điều hòa không khí, cụ thể là: Các hiểu biết về chất môi giới trong hệ thống lạnh và điều hòa không khí, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy lạnh, cấu trúc cơ bản của hệ thống lạnh và điều hòa không khí.
- Về kỹ năng:
 - + Tra bảng các thông số trạng thái của môi chất, sử dụng được đồ thị, biết chuyển đổi một số đơn vị đo và giải được một số bài tập đơn giản.
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác, tư duy khoa học, an toàn và tiết kiệm.

7.2. Phương pháp:

- Kiểm tra định kỳ được đánh giá bằng hình thức trắc nghiệm, tự luận hoặc thực hành
 - + Bài kiểm tra số 1: Nội dung bài 1
 - + Bài kiểm tra số 2: Nội dung bài 2
 - + Bài kiểm tra số 3: Nội dung bài 3
 - + Bài kiểm tra số 4: Nội dung bài 3
 - Kiểm tra hết môn được đánh giá bằng hình thức trắc nghiệm và thực hành

8. Hướng dẫn thực hiện mô đun

8.1. Phạm vi áp dụng chương trình:

Chương trình mô đun này là mô đun tự chọn, được sử dụng để giảng dạy cho trình độ Trung cấp nghề.

8.2. Hướng dẫn một số điểm chính về phương pháp giảng dạy mô đun:

- Đối với giáo viên, giảng viên:

- Chương trình thiên về lý thuyết; các bài tập ứng dụng chủ yếu là tra bảng biểu, thực tập trên mô hình máy lạnh và điều hòa không khí để làm sáng tỏ các vấn đề lý thuyết.

- Đối với học viên:

- Tập trung nghe giảng, ghi chép, làm bài tập và thực hành theo hướng dẫn của giáo viên

8.3. Những trọng tâm chương trình cần chú ý:

- Trạng thái và biến đổi pha vật chất, giản đồ log P-h.
- Nguyên lý làm việc, vận hành máy lạnh.
- Nguyên lý làm việc, vận hành máy điều hòa không khí.

9. Tài liệu cần tham khảo:

- [1] Bùi Hải, Trần Thế Sơn, *Kỹ thuật nhiệt*, NXB Giáo dục.
- [2] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy, *Thông gió và điều hòa không khí*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3] Nguyễn Đức Lợi, *Máy và thiết bị lạnh*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] Trần Văn Lịch, *Lắp đặt và vận hành máy lạnh*, NXB Hà Nội 2005

BÀI 1: CƠ SỞ NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT VÀ TRUYỀN NHIỆT

❖ GIỚI THIỆU BÀI 1:

Bài 1 là bài giới thiệu cơ sở nhiệt động kỹ thuật và truyền nhiệt để người học có được kiến thức nền tảng và dễ dàng tiếp cận nội dung môn học ở những bài tiếp theo.

❖ MỤC TIÊU CỦA BÀI 1:

Về kiến thức:

- Trình bày được các khái niệm, quá trình, quy luật truyền nhiệt.
- Phân tích được nguyên lý làm việc của máy lạnh.

Về kỹ năng:

- Vận dụng đúng các yêu cầu về kiến thức hệ thống lạnh

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- Rèn luyện tính cẩn thận, và nghiêm túc trong học tập và trong thực hiện công việc

❖ PHƯƠNG PHÁP GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP BÀI 1:

- *Đối với người dạy: sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học thực hiện câu hỏi thảo luận và bài tập bài 1 (cá nhân hoặc nhóm).*
- *Đối với người học: chủ động đọc trước giáo trình (bài 1) trước buổi học; hoàn thành đầy đủ câu hỏi thảo luận và bài tập tình huống bài mở đầu theo cá nhân hoặc nhóm và nộp lại cho người dạy đúng thời gian quy định.*

❖ ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN BÀI 1:

- *Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng điện lạnh và gia dụng*
- *Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- *Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*
- *Các điều kiện khác: Không có*

❖ KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ BÀI 1:

- **Nội dung:**
 - ✓ *Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*
 - ✓ *Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*
 - ✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*
 - + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*

- + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
- + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
- + Nghiêm túc trong quá trình học tập.
- **Phương pháp:**
 - ✓ **Điểm kiểm tra thường xuyên:** không có
 - ✓ **Kiểm tra định kỳ lý thuyết:** không có

❖ NỘI DUNG BÀI 1:

1.1. NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT:

1.1.1. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

1.1.1.1. Các khái niệm và định nghĩa

*Định nghĩa: Hệ thống nhiệt động là một tập hợp các vật thể vĩ mô có quan hệ tương tác với nhau. Những vật không thuộc hệ được gộp lại thành môi trường. Hệ thống nhiệt động và môi trường được phân cách với nhau bằng biên giới. Biên giới có thể cố định hoặc di động, được định hình cụ thể hoặc chỉ có tính quy ước tượng trưng. Khi xảy ra tương tác giữa hệ và môi trường, năng lượng sẽ được trao đổi qua biên giới.

1.1.1.2. Phân loại:

- * Hệ kín là hệ chỉ trao đổi năng lượng với môi trường (thí dụ: khối khí chứa trong bình kín).
- * Hệ hở là hệ trao đổi cả năng lượng, cả vật chất (khối lượng) với môi trường (thí dụ: dòng chất lỏng chảy trong một đoạn ống dẫn giữa hai tiết diện tương tự).
- * Hệ cô lập là hệ không có bất kỳ tương tác nào với môi trường.
- * Hệ đoạn nhiệt là hệ không trao đổi năng lượng nhiệt với môi trường.

1.1.1.3 Chất môi giới (hoặc môi chất):

Đó là những vật chất đóng vai trò trung gian được dùng để thực hiện các quá trình biến hóa năng lượng. Trong các máy nhiệt, môi chất thường ở thể khí, hơi hoặc thể lỏng (gọi chung là chất lưu) vì chúng có tính linh động cao, dễ thay đổi thể tích và trạng thái liên kết (tức là dễ biến đổi pha) do đó tạo thuận lợi cho quá trình biến hóa năng lượng.

1.1.1.4 Trạng thái cân bằng:

Trạng thái của một hệ thống nhiệt động là sự tồn tại của nó ở một thời điểm xác định. Trạng thái tại đó hệ tồn tại trong một khoảng thời gian đủ lâu độc lập với các tác động của môi trường được gọi là trạng thái cân bằng.

1.1.1.5. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

Trạng thái của một hệ thống nhiệt động được mô tả một cách định lượng bằng một vài thông số vật lý gọi là thông số trạng thái. Các thông số đó có giá trị xác định chỉ trong trường hợp hệ thống nhiệt động ở trạng thái cân bằng. Để xác định hoàn toàn một hệ nhiệt động ở thể khí, cần biết 3 thông số trạng thái cơ bản sau đây:

a) Nhiệt độ:

Là thông số chỉ thị mức độ nóng, lạnh của vật thể. Theo lý thuyết động học phân tử, nhiệt độ một vật chính là số đo động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến của các phân tử tạo thành vật đó. Có nhiều loại đơn vị đo nhiệt độ: nhiệt độ bách phân (hoặc nhiệt độ Celsius) $^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ tuyệt đối (hoặc nhiệt độ Kelvin) K, nhiệt độ Fahrenheit $^{\circ}\text{F}$, nhiệt độ Rankine $^{\circ}\text{R}$. Quan hệ giữa các đơn vị đo nhiệt độ như sau: $T\text{ K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$ (như vậy $\Delta T = \Delta t$); $t^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32$; $t^{\circ}\text{R} = 1,8\text{ K} = 1,8^{\circ}\text{C} + 491,67$

Đơn vị chính thức để đo nhiệt độ các vật thể là nhiệt độ tuyệt đối T K.

b)Áp suất:

Là lực pháp tuyến tác dụng lên một đơn vị diện tích bề mặt. Áp suất khí trong một bình kín chỉ thị lực va đập trung bình của các phân tử khí lên một đơn vị diện tích mặt trong bình chứa. Có nhiều loại đơn vị đo áp suất khí như: N/m^2 (Pascal viết tắt là Pa), bar, at, mmHg (Torricelli viết tắt là Torr)...Đơn vị chính thức để đo áp suất khí là N/m^2 , quan hệ giữa nó với các đơn vị khác như sau: $1\text{ bar} = 105\text{N/m}^2$; $1\text{ at} = 0,98\text{ bar} = 0,98.105\text{N/m}^2$; $1\text{ mmHg} = 133\text{ N/m}^2$.Áp suất tuyệt đối p của một khối khí chứa trong bình kín có liên quan chặt chẽ với áp suất môi trường khí quyển p_k . Trị số của p_k được chỉ thị bằng một dụng cụ đo có tên là barômet.

* Nếu $p > p_k$ thì phần chênh lệch $p - p_k$ có tên là áp suất dư p_d và được đo bằng một dụng cụ gọi là manômet. Như vậy: $p = p_k + p_d$

* Nếu $p < p_k$ thì phần chênh lệch $p_k - p$ có tên là độ chân không p_c và được đo bằng một dụng cụ gọi là chân không kế. Như vậy: $p = p_k - p_c$

c)Thể tích riêng:

Là thể tích của một đơn vị khối lượng. Nếu khối khí có thể tích $V(\text{m}^3)$, khối lượng G (kg) thì thể tích riêng của nó bằng: $v = GV(\text{m}^3/\text{kg})$

d)Entanpi (I):

Là dạng năng lượng của hệ bằng tổng của nội năng U và thế năng áp suất pV
 $I = U + pV$ (J) hoặc $i = u + pv$ (J/kg).

Để làm sáng tỏ ý nghĩa của entanpi, ta xét một khối khí có áp suất và thể tích tương ứng là p và V được chứa trong một xylanh có pistông dịch chuyển không ma sát. Khối khí chịu tác động của môi trường dưới dạng vật nặng khối lượng m nhưng nó vẫn duy trì được trạng thái cân bằng. Trước hết ở trạng thái đã cho, khối khí có nội năng là U. Do khối khí nằm trong trạng thái cân bằng với tác động của môi trường nên nó phải sinh ra một lượng năng lượng cân bằng với tác động môi trường đặt lên nó. Tác động của môi trường lên khối khí chính bằng thế năng của vật nặng E_t . Theo công thức đã biết trong Vật lý học: $E_t = mgh$ Ở đây: g là gia tốc trọng trường, h là độ cao của vật nặng. Thay tích số mg bằng lực F, ta được $E_t = Fh = pSh$ (S là diện tích mặt pistông) $= pV$

Như vậy năng lượng mà khối khí cần sinh ra để cân bằng được với tác động của môi trường chính bằng thế năng áp suất của nó.

Do đó tổng số $U + pV = I$ (entanpi) mô tả năng lượng tổng cộng của hệ thống nhiệt động khi hệ và môi trường có tác động qua lại với nhau nhưng hệ vẫn duy trì được trạng thái cân bằng. Nói cách khác: entanpi của hệ thống nhiệt động là năng lượng tổng của hệ trong trạng thái cân bằng. Cũng giống như nội năng, entanpi là một hàm trạng thái của hệ và thường được biểu diễn dưới dạng một hàm số của nhiệt độ T và áp suất p, vì phân của entanpi cũng là một vi phân toàn phần. Với khí lý tưởng, do U và pV chỉ phụ thuộc nhiệt độ nên $I = U + pV$ cũng chỉ phụ thuộc nhiệt độ.

1.1.2. Hơi và các thông số trạng thái của hơi.

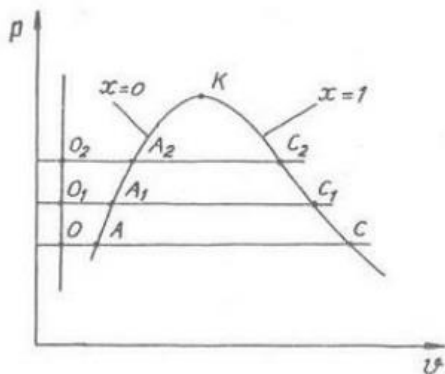
Các thể (pha) của vật chất:

Vật chất tồn tại 3 thể Rắn, Lỏng, Hơi.

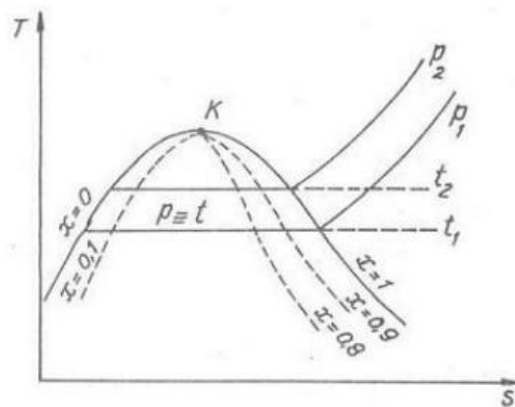
1.1.2.1. Quá trình hoá hơi đẳng áp

Giả thiết nước bắt đầu ở trạng thái O trên đồ thị p-v và T-s hình 1.1 và 1.2 có nhiệt độ, thể tích riêng là v. Khi cung cấp nhiệt cho nước trong điều kiện áp suất không đổi $p = \text{const}$, nhiệt độ và thể tích riêng tăng lên. Đến nhiệt độ t_s nào đó thì nước bắt đầu sôi, có thể tích riêng là v' và các thông số trạng thái khác tương ứng là: u' , i' , s' , trạng thái sôi được biểu thị bằng điểm A. t_s được gọi là nhiệt độ sôi hay nhiệt độ bão hoà ứng với áp suất p. Nếu tiếp tục cấp nhiệt vẫn ở áp suất đó thì cường độ bốc hơi càng tăng nhanh,

nhiệt độ của nước và hơi không thay đổi và bằng t_s . Đến một lúc nào đó thì toàn bộ nước sẽ biến hoàn toàn thành hơi trong khi nhiệt độ của hơi vẫn còn giữ ở nhiệt độ t_s . Hơi nước ở trạng thái này được gọi là hơi bão hoà khô, được biểu diễn bằng điểm C. Các thông số tại điểm C được kí hiệu là v'' , u'' , i'' , s'' . Nhiệt lượng cấp vào cho 1 kg nước từ khi bắt đầu sôi đến khi biến thành hơi hoàn toàn được gọi là nhiệt ẩn hoá hơi, kí hiệu là $r = i''$



Hình 1.1 đồ thị trạng thái



Hình 1.2 đồ thị trạng thái t-s của hơi nước

Nếu ta cung cấp nhiệt cho hơi bão hoà khô vẫn ở áp suất đó thì nhiệt độ và thể tích riêng của nó lại bắt đầu tiếp tục tăng lên. Hơi nước ở nhiệt độ này gọi là hơi quá nhiệt. Các thông số hơi quá nhiệt kí hiệu là v, p, t, i, s. Hiệu số nhiệt độ của hơi quá nhiệt và hơi bão hoà được gọi là độ quá nhiệt. Độ quá nhiệt càng cao thì hơi càng gần với khí lí tưởng. Vậy ở áp suất p không đổi, khi cấp nhiệt cho nước ta sẽ có các trạng thái O, A, C tương ứng với nước chưa sôi, nước sôi và hơi bão hoà khô. Quá trình đó được gọi là quá trình hoá hơi đẳng áp. Tương tự như vậy, nếu cấp nhiệt đẳng áp cho nước ở áp suất $p_1 = \text{const}$ thì ta có các trạng thái tương ứng kí hiệu O_1 , A_1 , C_1 và ở áp suất $p_2 = \text{const}$ ta cũng có các điểm tương ứng là O_2 , A_2 , C_2

1.1.2.2 Các đường giới hạn và các miền trạng thái của nước và hơi.

Khi nối các điểm O, O_1 , O_2 , O_3ta được một đường gọi là đường nước chưa sôi, đường này gần như thẳng đứng, chứng tỏ thể tích riêng của nước rất ít phụ thuộc vào áp suất. Khi nối các điểm A, A_1 , A_2 , A_3ta được một đường cong biểu thị trạng thái nước sôi gọi là đường giới hạn dưới. Khi nhiệt độ sôi tăng thì thể tích riêng của nước sôi v' tăng, do đó đường cong này dịch dần về phía bên phải khi tăng

áp suất. Khi nối các điểm C, C₁, C₂, C₃.....ta được một đường cong biểu thị trạng thái hơi bão hoà khô, gọi là đường giới hạn trên. Khi áp suất tăng thì thể tích riêng của hơi bão hoà khô giảm nên đường cong này dịch về phía trái. Đường giới hạn trên và đường giới hạn dưới gặp nhau tại điểm K, gọi là điểm tới hạn. Trạng thái tại điểm K gọi là trạng thái tới hạn, đó chính là trạng thái mà không còn sự khác nhau giữa chất lỏng sôi và hơi bão hoà khô. Các thông số tương ứng với trạng thái đó được gọi là thông số tới hạn, ví dụ nước có:

$p_k = 22,1 \text{ Mpa}$, $t_k = 374^\circ\text{C}$, $v_k = 0.00326 \text{ m}^3/\text{kg}$, $i_k = 2156,2 \text{ kJ/kg}$. Hai đường giới hạn trên và dưới chia đồ thị làm 3 vùng. Vùng bên trái đường giới hạn dưới là vùng nước chưa sôi, vùng bên phải đường giới hạn trên là vùng hơi quá nhiệt, còn vùng giữa hai đường giới hạn là vùng hơi bão hoà ẩm. Trong vùng bão hoà ẩm thì nhiệt độ và áp suất không còn là thông số độc lập nữa. ứng với nhiệt độ sôi, môi chất có áp suất nhất định và ngược lại ở một áp suất xác định, môi chất có nhiệt độ sôi tương ứng. Vì vậy, ở vùng này muốn xác định trạng thái của môi chất phải dùng thêm một thông số nữa gọi là độ khô x hay độ ẩm y của hơi, ($y = 1 - x$). Như vậy ta thấy: Trên đường giới hạn dưới lượng hơi $G'' = 0$, do đó độ khô $x = 0$, độ ẩm $y = 1$. Còn trên đường giới hạn trên, lượng nước đã biến hoàn toàn thành hơi nên $G' = 0$ nghĩa là độ khô $x = 1$, độ ẩm $y = 0$ và giữa hai đường giới hạn có độ khô: $0 < x < 1$

1.1.2.3. Cách xác định các thông số của hơi bằng bảng và đồ thị.

a) Các bảng và xác định thông số trạng thái của nước.

* Bảng nước chưa sôi và hơi qua nhiệt:

Để xác định trạng thái môi chất ta cần biết hai thông số trạng thái độc lập. Trong vùng nước chưa sôi và vùng hơi quá nhiệt, nhiệt độ và áp suất là hai thông số độc lập, do đó bảng nước chưa sôi và hơi quá nhiệt được xây dựng theo hai thông số này. Bảng nước chưa sôi và thông qua hơi nhiệt được trình bày ở phần phụ lục, bảng này cho phép xác định các thông số trạng thái v, i, s của nước chưa sôi và hơi quá nhiệt ứng với một áp suất và nhiệt độ xác định nào đó.

Từ đó định được: $u = i - pv$

* Bảng nước sôi và hơi bão hoà khô:

Khi môi chất có trạng thái trong vùng giữa đường giới hạn dưới (đường nước sôi) và đường giới hạn trên (đường hơi bão hoà khô) thì nhiệt độ và áp suất không còn là hai thông số độc lập nữa, vì vậy muốn xác định trạng thái của môi chất thì cần biết thêm một thông số khác nữa.

Độ khô cũng là một thông số trạng thái. Nước sôi có độ khô $x = 0$, hơi bão hoà khô có độ khô $x = 1$, như vậy trạng thái của môi chất trên các đường giới hạn này sẽ được xác định khi biết thêm một thông số trạng thái nữa là áp suất p hoặc nhiệt độ t. Chính vì vậy các thông số trạng thái khác của nước sôi và hơi bão hoà khô có thể được xác định bằng bảng nước sôi và hơi bão hoà khô theo áp hoặc nhiệt độ.

Bảng “nước sôi và hơi bão hoà khô” có thể cho theo p hoặc t, được trình bày trong phần phụ lục, cho biết các thông số trạng thái của nước sôi (v' , i' , s'), hơi bão hoà khô (v'' , i'' , s'') và nhiệt ẩn hoá hơi theo áp suất hoặc theo nhiệt độ.

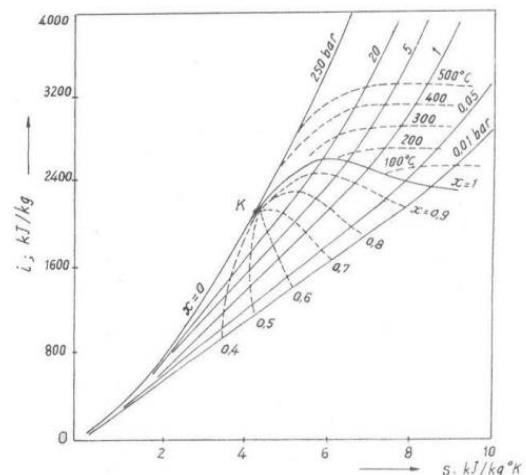
Khi môi chất ở trong vùng hơi ẩm, các thông số trạng thái của nó có thể được tính theo các thông số trạng thái tương ứng trên các đường giới hạn và độ khô x ở cùng áp suất.

Ví dụ: Trong 1 kg hơi ẩm có độ khô x , sẽ có x kg hơi bão hòa khô với thể tích v'' và $(1-x)$ kg nước sôi với thể tích v' . Vậy thể tích riêng của hơi ẩm sẽ là:
 $vx = xv'' + (1-x)v' = v' + x(v'' - v')$ Như vậy, muốn xác định các thông số trạng thái của hơi ẩm có độ khô x ở áp suất p , trước hết dựa vào bảng “nước sôi và hơi bão hòa khô” ta xác định các thông số v', i', s' của nước sôi và v'', i'', s'' của hơi bão hòa khô theo áp suất p , sau đó tính các thông số tương ứng của hơi ẩm theo công thức.

b) Đồ thị T-s và i-s của hơi nước.

Các bảng hơi nước cho phép tính toán các thông số trạng thái với độ chính xác cao, tuy nhiên việc tính toán phức tạp và mất nhiều thời giờ. Để đơn giản việc tính toán, ta có thể dùng đồ thị của hơi nước. Dựa vào đồ thị có thể xác định các thông số còn lại khi biết 2 thông số độc lập với nhau. Đối với hơi nước, thường dùng các đồ thị T-s, i-s. Đồ thị T-s của hơi nước:

*Đồ thị T-s của hơi nước được biểu thị trên hình 1.5, trục tung của đồ thị biểu diễn nhiệt độ, trục hoành biểu diễn entropi. ở đây các đường đẳng áp trong vùng nước chưa sôi gần như trùng với đường giới hạn giới $x = 0$ (thực tế nằm trên đường $x = 0$), trong vùng hơi bão hòa ẩm là các đường thẳng song song với trục hoành và trùng với đường đẳng nhiệt, trong vùng hơi quá nhiệt là các đường cong lõm đi lên. Các đường độ khô không đối xuất phát từ điểm K đi tỏa xuống phía dưới. Đồ thị T-s được xây dựng cho vùng hơi bão hòa và vùng hơi quá nhiệt. Đồ thị i-s của hơi nước:



Hình 1.3. đồ thị i-s của hơi nước

Theo định luật nhiệt động thứ nhất ta có $q = \Delta i - l$, mà trong quá trình đẳng áp $dp = 0$ do đó $l = 0$, vậy $q = \Delta i = i_2 - i_1$. Nghĩa là trong quá trình đẳng áp, nhiệt lượng q trao đổi bằng hiệu entanpi, vì vậy đồ thị i-s sử dụng rất thuận tiện khi tính nhiệt lượng trong quá trình đẳng áp.

Đồ thị i-s của hơi nước được biểu diễn trên hình 1.3, trục tung biểu diễn entanpi, trục hoành biểu diễn Entropi, được xây dựng trên cơ sở các số liệu thực nghiệm.

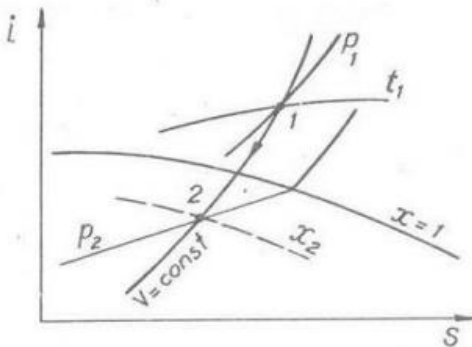
Đồ thị gồm các đường :

Đường đẳng áp ($p=\text{const}$) trong vùng hơi ẩm là các đường thẳng nghiêng đi lên, trùng với đường đẳng nhiệt tương ứng; trong vùng hơi quá nhiệt là các đường cong lõm đi lên. Đường đẳng nhiệt trong vùng hơi ẩm trùng với đường đẳng áp, là những đường thẳng nghiêng đi lên, trong vùng hơi quá nhiệt là những đường cong lõm đi lên và càng xa đường $x = 1$ thì càng gần như song song với trục hoành. Đường đẳng tích dốc hơn đường đẳng áp một ít. Đường độ khô $x = \text{const}$ là chùm đường cong xuất phát từ điểm K đi xuống phía dưới.

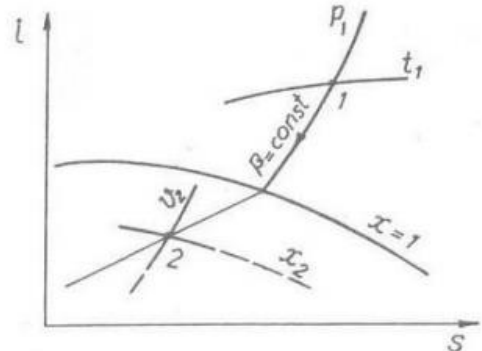
1.1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi.

1.1.3.1. Quá trình đẳng tích $v = \text{const}$

Quá trình đẳng tích của hơi nước được biểu diễn bằng đường 1-2 trên đồ thị $i-s$ hình 1.4. Trạng thái đầu được biểu diễn bằng điểm 1, là giao điểm của đường $p_1 = \text{const}$ với đường $t_1 = \text{const}$. Các thông số còn lại i_1, s_1, v_1 được xác định bằng cách



Hình 1.4 : đồ thị $i-s$ quá trình đẳng tích của hơi nước



Hình 1.5 : đồ thị $i-s$ quá trình đẳng áp của hơi nước

Trạng thái cuối được biểu diễn bằng điểm 2, được xác định bằng giao điểm của đường $v_2 = v_1 = \text{const}$ và đường $p_2 = \text{const}$, từ đó xác định các thông số khác như đối với điểm 1

- Công của quá trình: $dl = p dv = 0$ vì $dv = 0$,
hay: $l = 0$

- Biến thiên nội năng: $\Delta u = (i_2 - p_2 v_2) - (i_1 - p_1 v_1)$
 $\Delta u = i_2 - i_1 - v(p_2 - p_1)$

- Nhiệt lượng trao đổi trong quá trình: $q = \Delta u + l = \Delta u$

1.1.3.2. Quá trình đẳng áp.

Quá trình đẳng áp của hơi nước được biểu diễn bằng đường 1-2 trên đồ thị $i-s$ hình 1.5. Trạng thái đầu được biểu diễn bằng điểm 1, là giao điểm của đường $p_1 = \text{const}$ với đường $t_1 = \text{const}$. Các thông số còn lại i_1, s_1, v_1 được xác định bằng cách đọc các đường i, s và v đi qua điểm 1.

Trạng thái cuối được biểu diễn bằng điểm 2, được xác định bằng giao điểm của đường $p_2 = p_1 = \text{const}$ với đường $x_2 = \text{const}$, từ đó xác định các thông số khác như đối với điểm 1.

- Công của quá trình: $l = \int p dv = p(v_2 - v_1)$

- Biến thiên nội năng: $\Delta u = i_2 - i_1 - p(v_2 - v_1)$

- Nhiệt lượng trao đổi: $q = \Delta u + l = i_2 - i_1$

1.1.3.3. Quá trình đẳng nhiệt

Quá trình đẳng nhiệt của hơi nước được biểu diễn bằng đường 1-2 trên đồ thị $i-s$ hình 1.6. Trạng thái đầu được biểu diễn bằng điểm 1, là giao điểm của đường t_1 và x_1 . Các thông số còn lại v_1, i_1, s_1 được xác định bằng cách đọc các đường v, i, s đi qua điểm 1.

Trạng thái cuối được biểu diễn bằng điểm 2, là giao điểm của đường p_2 với đường $t_2 = t_1 = \text{const}$, từ đó xác định các thông số khác như đối với điểm 1.

- Biến thiên nội năng: