

SỞ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI TỈNH HÀ NAM
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ HÀ NAM



GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT – LẠNH VÀ ĐHKK
NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 234 /QĐ – CDN ngày 5 tháng 8 năm 2020
của Trường Cao Đẳng Nghề Hà Nam*

Hà Nam, năm 2020

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.

Dựa theo giáo trình này, có thể giảng dạy cho các trình độ hoặc ngành/ngành khác của nhà trường

TaiLieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Cơ Sở Kỹ Thuật Nhiệt – Lạnh Và Điều Hòa Không Khí là giáo trình được biên soạn ở dạng cơ bản và tổng quát cho học sinh, sinh viên ngành lạnh từ kiến thức nền cho đến kiến thức chuyên sâu. Do đó có một số nội dung mang tính chung không đi vào cụ thể. Giáo trình giúp học sinh, sinh viên có được kiến thức chung rất hữu ích khi cần phải nghiên cứu chuyên ngành sâu hơn. Mặc khác giáo trình cũng đã đưa vào các nội dung mang tính thực tế giúp học sinh, sinh viên gần gũi, dễ nắm bắt vấn đề khi va chạm trong thực tế. Ngoài ra giáo trình cũng có thể sử dụng cho các khối không chuyên muốn tìm hiểu thêm về ngành nhiệt lạnh và điều hòa không khí.

Xin trân trọng cảm ơn Quý thầy cô trong Khoa Điện Trường Cao đẳng nghề Hà Nam đã hỗ trợ để hoàn thành được quyển giáo trình này.

Giáo trình lần đầu tiên được biên soạn nên không tránh khỏi sai sót, rất mong nhận được ý kiến đóng góp của quý bạn đọc.

Hà nam, ngày tháng năm 2020

Tham gia biên soạn

Trần Nhữ Mạnh

MỤC LỤC

	Trang
LỜI GIỚI THIỆU	2
MỤC LỤC	3
GIÁO TRÌNH MÔN HỌC	4
Tên môn học: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT - LẠNH VÀ ĐHKK	4
Mã môn học: MH 10	4
Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học	4
Mục tiêu của môn học	4
Nội dung của môn học	4
CHƯƠNG I: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT	5
Mã chương: MH10- 01.....	5
1. NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT:	5
2. TRUYỀN NHIỆT:.....	24
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH	59
Mã chương: MH 10 - 02.....	59
1. KHÁI NIỆM CHUNG:	59
2. MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH.....	63
3. CÁC HỆ THỐNG LẠNH THÔNG DỤNG:	68
4. MÁY NÉN LẠNH	76
5. CÁC THIẾT BỊ KHÁC CỦA HỆ THỐNG LẠNH:.....	90
CHƯƠNG 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ	112
Mã chương: MH 10- 03.....	112
1. KHÔNG KHÍ ẨM	112
2. KHÁI NIỆM VỀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ.....	122
3. HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN VÀ PHÂN PHỐI KHÔNG KHÍ	133
4. CÁC PHẦN TỬ KHÁC CỦA HỆ THỐNG ĐHKK:	148
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	159

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT - LẠNH VÀ ĐHKK

Mã môn học: MH 10

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

- Vị trí: Là môn học cơ sở ngành, chuẩn bị các kiến thức cần thiết cho các môn học, các mô đun kỹ thuật chuyên ngành tiếp theo.
- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở.
- Ý nghĩa và vai trò của môn học: Cung cấp tổng quát cho học sinh, sinh viên ngành lạnh từ kiến thức nền cho đến kiến thức chuyên sâu về hệ thống máy lạnh và ĐHKK

Mục tiêu của môn học

- Về kiến thức:
 - + Trình bày được 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 máy lạnh và ĐHKK, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy lạnh, cấu trúc cơ bản của hệ thống máy lạnh và ĐHKK;
- Về kỹ năng:
 - + Tra bảng được 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 khả năng tư duy logic của sinh viên; các ứng dụng trong thực tế vận dụng để tiếp thu các kiến thức chuyên ngành.

Nội dung của môn học

CHƯƠNG I: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT

Mã chương: MH10- 01

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức cơ bản ban đầu về cơ sở nhiệt động và truyền nhiệt: các khái niệm nhiệt động cơ bản, thông số của hơi, các chu trình nhiệt động cũng như quy luật của các hình thức truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt

Mục tiêu:

- Hiểu được các kiến thức chung nhất về kỹ thuật Nhiệt-Lạnh.
- Nắm rõ các khái niệm về nhiệt động lực học.
- Hơi và thông số trạng thái hơi.
- Các quá trình nhiệt động của hơi.
- Các chu trình nhiệt động.
- Trình bày dẫn nhiệt và truyền nhiệt và các thiết bị trao đổi nhiệt.
- Phân tích được các quá trình, nguyên lý làm việc của máy lạnh và các quy luật truyền nhiệt nói chung;
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HSSV.

Nội dung chính:

1. NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT:

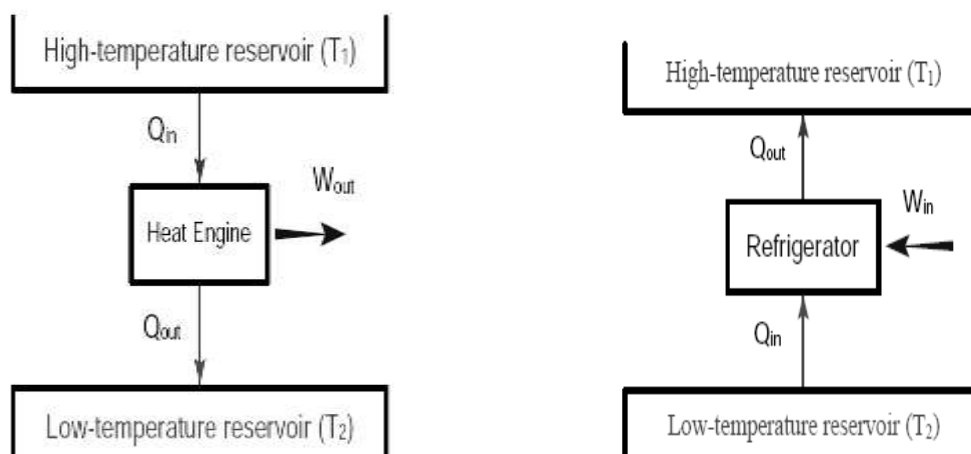
1.1. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới:

1.1.1. Các khái niệm và định nghĩa:

a. Thiết bị nhiệt : là loại thiết bị có chức năng chuyển đổi giữa nhiệt năng và cơ năng. Thiết bị nhiệt được chia thành 2 nhóm: động cơ nhiệt và máy lạnh.

Động cơ nhiệt: Có chức năng chuyển đổi nhiệt năng thành cơ năng nhờ động cơ hơi nước, turbine khí, động cơ xăng, động cơ phản lực, v.v.

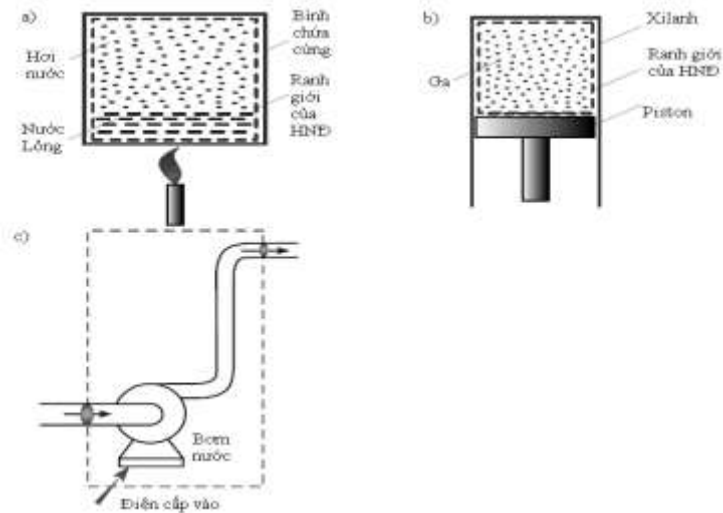
Máy lạnh: có chức năng chuyển nhiệt năng từ nguồn lạnh đến nguồn nóng.



Hình 1.1: Nguyên lý làm việc của động cơ nhiệt và máy lạnh, bơm nhiệt

b. Hệ nhiệt động: (HND) là hệ gồm một hoặc nhiều vật được tách riêng ra khỏi các vật khác để nghiên cứu các tính chất nhiệt động của chúng. Tất cả những vật ngoài HND được gọi là *môi trường xung quanh*. Vật thực hoặc tưởng tượng ngăn cách hệ nhiệt động với môi trường xung quanh được gọi là *ranh giới của HND*.

Hệ nhiệt động được phân loại như sau :



Hình 1.2: Hệ nhiệt động

a.HND kín với thể tích không đổi

b.HND kín với thể tích thay đổi

Hệ nhiệt động kín - HND trong đó không có sự trao đổi vật chất giữa hệ và môi trường xung quanh.

Hệ nhiệt động hở - HND trong đó có sự trao đổi vật chất giữa hệ và môi trường xung quanh.

Hệ nhiệt động cô lập - HND được cách ly hoàn toàn với môi trường xung quanh.

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

a. Khái niệm chất môi giới (CMG):

Chất môi giới hay môi chất công tác được sử dụng trong thiết bị nhiệt là chất có vai trò trung gian trong quá trình biến đổi giữa nhiệt năng và cơ năng.

Thông số trạng thái của CMG là các đại lượng vật lý đặc trưng cho trạng thái nhiệt động của CMG.

b. Các thông số trạng thái của chất môi giới:

1. Nhiệt độ

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 .

$$\frac{m_{\mu} \cdot \omega^2}{3} = kT \quad [1-1]$$

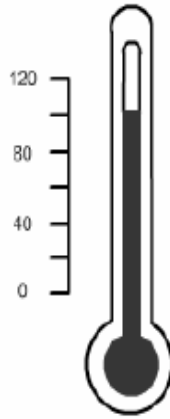
Trong đó: m_μ - khối lượng phân tử

ω - vận tốc trung bình của các phân tử

k - hằng số Bonzman, $k = 1,3805 \cdot 10^{-23}$ J/độ

T - nhiệt độ tuyệt đối.

Nhiệt kế : Nhiệt kế hoạt động dựa trên sự thay đổi một số tính chất vật lý của vật thay đổi theo nhiệt độ, ví dụ : chiều dài, thể tích, màu sắc, điện trở , v.v.



Hình 1.3: Nhiệt kế

Thang nhiệt độ

Thang nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

1) Thang nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)

2) Thang nhiệt độ Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

3) Thang nhiệt độ Rankine ($^{\circ}\text{R}$)

Mối quan hệ giữa các đơn vị đo nhiệt độ:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \cdot ^{\circ}\text{R} - 273$$

2. Áp suất

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.

Theo thuyết động học phân tử :

$$p = \frac{F}{A} \quad [1-2]$$

$$p = \alpha \cdot n \cdot \frac{m_\mu \omega^2}{3} \quad [1-3]$$

Trong đó : p - áp suất ;

F - lực tác dụng của các phân tử ;

A - diện tích thành bình chứa ;

n - số phân tử trong một đơn vị thể tích ;

α - hệ số phụ thuộc vào kích thước và lực tương tác của các phân tử.

Đơn vị áp suất

1. N/m^2 ; 5. mm Hg (tor - Torricelli,
1068-1647)

2. Pa (Pascal) ; 6. mm H₂O

3. at (Technical Atmosphere) ; 7. psi (Pound per Square Inch)

4. atm (Physical Atmosphere); 8. psf (Pound per Square Foot)

Mối quan hệ giữa các đơn vị đo áp suất:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg (at } 0^\circ \text{C)} = 10,13 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 2116 \text{ psf (lbf/ft}^2\text{)}$$

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

$$1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 735,5 \text{ mmHg} \\ = 14,7 \text{ psi}$$

Phân loại áp suất:

1. *Áp suất khí quyển* (p_0) - áp suất của không khí tác dụng lên bề mặt các vật trên trái đất.

2. *Áp suất dư* (p_d) – là phần áp suất tuyệt đối lớn hơn áp suất khí quyển

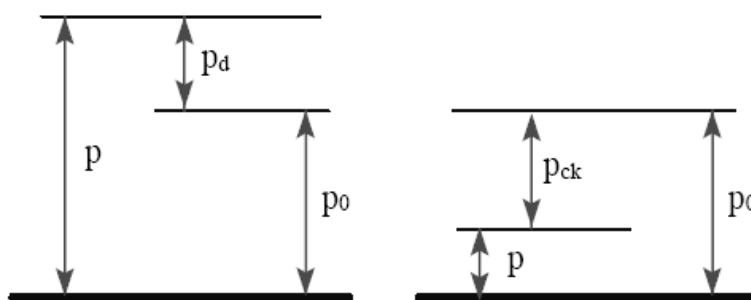
$$p_d = p - p_0 \quad [1-4]$$

3. *Áp suất tuyệt đối* (p) - áp suất của lưu chất so với chân không tuyệt đối.

$$p = p_d + p_0 \quad [1-5]$$

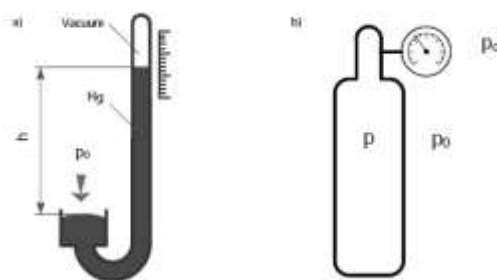
4. *Áp suất chân không* (p_{ck}) - phần áp suất tuyệt đối nhỏ hơn áp suất khí quyển.

$$p_{ck} = p_0 - p \quad [1-6]$$



Hình 1.4: Các loại áp suất

Áp kế



Hình 1.5: Dụng cụ đo áp suất

a) Barometer, b) Áp kế

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

$$h = h(1 - 0,000172 \cdot t) \quad [1-7]$$

Trong đó : t - nhiệt độ cột thủy ngân, °C

h - chiều cao cột thủy ngân hiệu chỉnh về nhiệt độ 0 °C

h - chiều cao cột thủy ngân ở nhiệt độ t °C

3. Thể tích riêng và khối lượng riêng :

Thể tích riêng (v) - Thể tích riêng của một chất là thể tích ứng với một

đơn vị khối lượng chất đó :
$$v = \frac{V}{m} \quad [m^3/kg] \quad [1-8]$$

Khối lượng riêng (ρ) - Khối lượng riêng - còn gọi là *mật độ* - của một chất là khối lượng ứng với một đơn vị thể tích của chất đó :

$$\rho = \frac{m}{V} [kg/m^3] \quad [1-9]$$

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 2 thành phần : nội động năng (u_d) và nội thế năng (u_p).

- 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 : $u = u(T, v)$

Đối với khí lý tưởng, lực tương tác giữa các phân tử bằng 0 nên nội năng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Lượng thay đổi nội năng của khí lý tưởng được xác định bằng các biểu thức:

$$du = C_v dT \quad \text{và} \quad \Delta u = C_v(T_2 - T_1) \quad [1-10]$$

Đối với 1kg môi chất, nội năng kí hiệu là u , đơn vị là J/kg; Đối với Gkg môi chất, nội năng kí hiệu là U , đơn vị là J. Ngoài ra nội năng còn có một số đơn vị khác như: kCal; kWh; Btu...

$$1\text{kJ} = 0,239 \text{ kcal} = 277,78 \cdot 10^{-6} \text{ kwh} = 0,948 \text{ Btu}$$

5. Enthalpy :

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

$$i = u + p.v \quad [1-11]$$

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.

6. Entropy :

Entropy (s) là một hàm trạng thái được định nghĩa bằng biểu thức

1.1.3. Nhiệt dung riêng và tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng

a. Các khái niệm chung

- Nhiệt năng (nhiệt lượng): là dạng năng lượng truyền từ vật này sang vật khác do sự chênh lệch nhiệt độ.

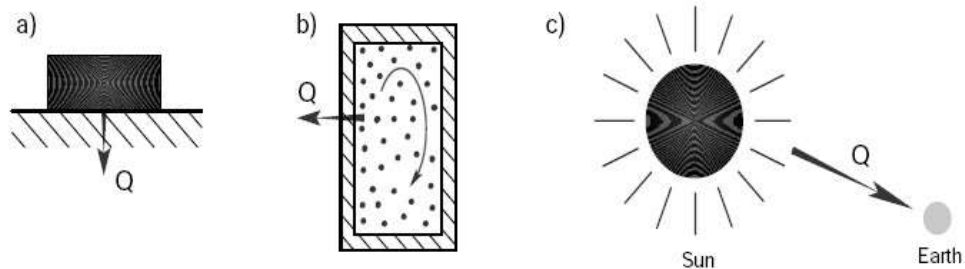
Đơn vị đo nhiệt năng

1. *Calorie* (Ca) - 1 Ca là nhiệt năng cần thiết để làm nhiệt độ của 1 gam nước tăng từ 14.5°C đến 15.5°C .

2. *British thermal unit* (Btu) - 1 Btu là nhiệt năng cần thiết để làm nhiệt độ của 1 pound nước tăng từ 59.5°F lên 60.5°F .

3. *Joule* (J) - 1 J

$$1 \text{ Ca} = 4.187 \text{ J} \quad 1 \text{ Btu} = 252 \text{ Ca} = 1055 \text{ J}$$



Hình 1.6: Các hình thức truyền nhiệt

a. Nhiệt dung và nhiệt dung riêng

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 .

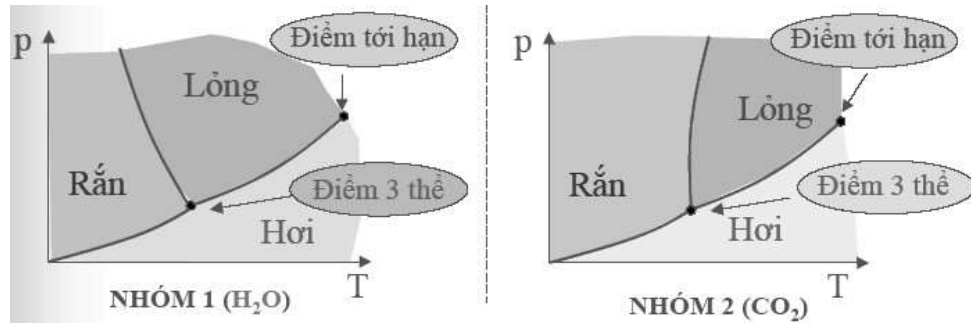
$$C = \frac{dQ}{dt} \quad [\text{J/độ}] \quad [1-13]$$

Nhiệt dung riêng (NDR) - 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.

1.2. Hơi và các thông số trạng thái của hơi:

1.2.1. Các thể (pha) của vật chất:

Chất môi giới là chất có vai trò trung gian trong các quá trình biến đổi năng lượng trong các thiết bị nhiệt. **Dạng đồng nhất về vật lý của CMG được gọi là pha.** Ví dụ, nước có thể tồn tại ở pha lỏng, pha rắn và pha hơi (khí). Thiết bị nhiệt thông dụng thường sử dụng CMG ở pha khí vì chất khí có khả năng thay đổi thể tích rất lớn nên có khả năng thực hiện công lớn.

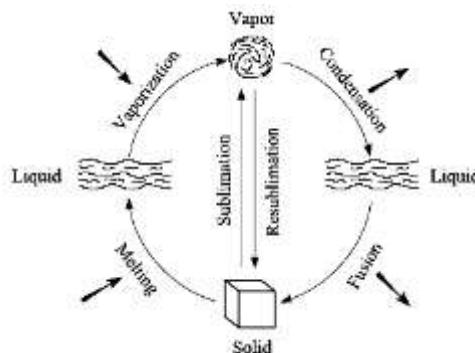


Hình 1.7: Đồ thị biểu diễn pha của chất thuần khiết

Ví dụ các quá trình chuyển pha của nước:

Sự hóa hơi và ngưng tụ : Hóa hơi là quá trình chuyển từ pha lỏng sang pha hơi. Ngược lại, quá trình chuyển từ pha hơi sang pha lỏng gọi là ngưng tụ. Để hóa hơi, phải cấp nhiệt cho CMG. Ngược lại, khi ngưng tụ CMG sẽ nhả nhiệt. Nhiệt lượng cấp cho 1kg CMG lỏng hóa hơi hoàn toàn gọi là nhiệt hóa hơi (r_{hh}), nhiệt lượng tỏa ra khi 1kg CMG ngưng tụ gọi là nhiệt ngưng tụ (r_{nt}). Nhiệt hóa hơi và nhiệt ngưng tụ có trị số bằng nhau. Ở áp suất khí quyển, nhiệt hóa hơi của nước là 2258 kJ/kg.

Sự nóng chảy và đông đặc : Nóng chảy là quá trình chuyển từ pha rắn sang pha lỏng, quá trình ngược lại được gọi là đông đặc. Cần cung cấp nhiệt để làm nóng chảy CMG. Ngược lại, khi đông đặc CMG sẽ nhả nhiệt. Nhiệt lượng cần cung cấp để 1 kg CMG nóng chảy gọi là nhiệt nóng chảy (r_{nc}), nhiệt lượng tỏa ra khi 1 kg CMG đông đặc gọi là nhiệt đông đặc (r_{dd}). Nhiệt nóng chảy và nhiệt đông đặc có trị số bằng nhau. Ở áp suất khí quyển, nhiệt nóng chảy của nước bằng 333 kJ/kg.



Hình 1.8: Các quá trình chuyển pha của nước

Sự thăng hoa và ngưng kết : thăng hoa là quá trình chuyển trực tiếp từ pha rắn sang pha hơi. Ngược lại với quá trình thăng hoa là ngưng kết. CMG nhận nhiệt khi thăng hoa và nhả nhiệt khi ngưng kết. Nhiệt thăng hoa (r_{th}) và nhiệt ngưng kết (r_{nk}) có trị số bằng nhau. Ở áp suất $p = 0,006$ bar, nhiệt thăng hoa của nước bằng 2818 kJ/kg.

1.2.2. Quá trình hoá hơi đẳng áp:

Giả sử có 1 kg nước trong xylanh, trên bề mặt nước có một piston có khối lượng không đổi. Như vậy, áp suất tác dụng lên nước sẽ không đổi trong quá trình hóa hơi. Giả sử nhiệt độ ban đầu của nước là t_0 , nếu ta cấp nhiệt cho nước, quá trình hóa hơi đẳng áp sẽ diễn ra. Hình 1.10 thể hiện quá trình hóa hơi đẳng áp, trong đó nhiệt độ phụ thuộc vào lượng nhiệt cấp : $t = f(q)$.

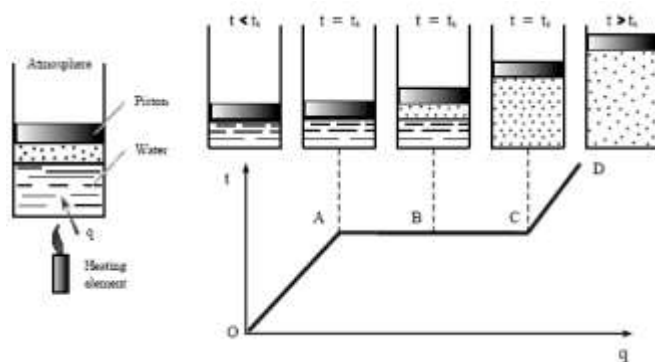
Đoạn OA biểu diễn quá trình đốt nóng nước từ nhiệt độ ban đầu t_0 đến nhiệt độ sôi t_s . Nước ở nhiệt độ $t < t_s$ gọi là nước chưa sôi. Khi chưa sôi, nhiệt độ của nước sẽ tăng khi tăng lượng nhiệt cấp vào.

Đoạn AC thể hiện quá trình sôi. Trong quá trình sôi, nhiệt độ của nước không đổi ($t_s = \text{const}$), nhiệt được cấp vào được sử dụng để biến đổi pha mà không làm tăng nhiệt độ của chất lỏng. Thông số trạng thái của nước ở điểm A được ký hiệu là : $i', s', u', v', \dots$. Hơi ở điểm C gọi là hơi bão hòa khô, các thông số trạng thái của nó được ký hiệu là : $i'', s'', u'', v'', \dots$. Hơi ở trạng thái giữa A và C được gọi là hơi bão hòa ẩm, các thông số trạng thái của nó được ký hiệu là $i_x, s_x, u_x, v_x, \dots$.

Sau khi toàn bộ lượng nước được hóa hơi, nếu tiếp tục cấp nhiệt thì nhiệt độ của hơi sẽ tăng (đoạn CD). Hơi có nhiệt độ $t > t_s$ gọi là hơi quá nhiệt. Hơi bão hòa ẩm là hỗn hợp của nước sôi và hơi bão hòa khô. Hàm lượng hơi bão hòa khô trong hơi bão hòa ẩm được đánh giá bằng đại lượng độ khô (x) hoặc độ ẩm (y) :

$$x = \frac{G_h}{G_s} = \frac{G_h}{G_n + G_h} \quad [1-14]$$

Trong đó : x - độ khô; y - độ ẩm; G_x - lượng hơi bão hòa ẩm; G_h - lượng hơi bão hòa khô; G_n - lượng nước sôi.



Hình 1.9: Quá trình hóa hơi đẳng áp của nước

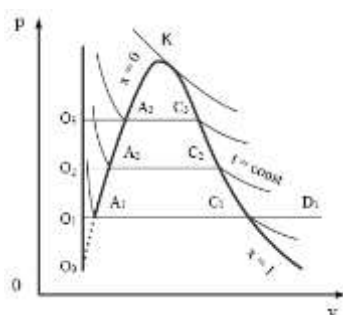
1.2.3. Các đường giới hạn và các miền trạng thái của nước và hơi:

Tương tự, nếu tiến hành quá trình hóa hơi đẳng áp ở những áp suất khác nhau ($p_1, p_2, p_3, \dots$) và cùng biểu diễn trên đồ thị trạng thái $p - v$, sẽ được các đường, điểm và vùng đặc trưng biểu diễn trạng thái của nước như sau :

Đường trạng thái của nước chưa sôi : đường nối các điểm $O_0, O_1, O_2, O_3 \dots$ gần như thẳng đứng vì thể tích của nước thay đổi rất ít khi tăng hoặc giảm áp suất.

Đường giới hạn dưới : đường nối các điểm $\dots A_1, A_2, A_3 \dots$ biểu diễn trạng thái nước sôi độ khô $x = 0$.

Đường giới hạn trên : đường nối các điểm $\dots C_1, C_2, C_3, \dots$ biểu diễn trạng thái hơi bão hòa khô có độ khô $x = 1$.



Hình 1.10: Quá trình hóa hơi đẳng áp của nước trên đồ thị $p-v$

Điểm tới hạn K : điểm gặp nhau của đường giới hạn dưới và giới hạn trên. Trạng thái tại K gọi là trạng thái tới hạn, ở đó không còn sự khác nhau giữa chất lỏng sôi và hơi bão hòa khô. Các thông số trạng thái tại K gọi là các thông số trạng thái tới hạn. Nước có các thông số trạng thái tới hạn : $p_k = 221$ bar, $t_k = 374$ C, $v_k = 0,00326$ m³/kg.

Vùng chất lỏng chưa sôi ($x = 0$): vùng bên trái đường giới hạn dưới .

Vùng hơi bão hòa ẩm ($0 < x < 1$) : vùng giữa đường giới hạn dưới và trên.

Vùng hơi quá nhiệt ($x = 1$) : vùng bên phải đường giới hạn trên.

1.2.4. Cách xác định các thông số của hơi bằng bảng và đồ thị lgp-h:

Hơi của các chất lỏng thường phải được xem như là khí thực, nếu sử dụng

phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho hơi thì sai số sẽ khá lớn. Trong tính toán kỹ thuật cho hơi người ta thường dùng các bảng số hoặc đồ thị đã được xây dựng sẵn cho từng loại hơi.

a. Bảng hơi nước:

Trạng thái của CMG được xác định khi biết hai thông số trạng thái độc lập.

Đối với nước sôi ($x = 0$) và hơi bão hòa khô ($x = 1$) chỉ cần biết áp suất (p) hoặc nhiệt độ (t) sẽ xác định được trạng thái vì đã biết trước độ khô. Đối với nước choa sôi và hơi quá nhiệt người ta thường chọn áp suất (p) và nhiệt độ (t) là hai thông số độc lập để xây dựng bảng trạng thái. Các bảng trạng thái của nước (choa sôi, nước sôi, hơi bão hòa khô, hơi quá nhiệt) và một số chất lỏng thông dụng thường được cho trong phần phụ lục.

Đối với hơi bão hòa ẩm, người ta không lập bảng trạng thái mà xác định trạng thái của nó trên cơ sở độ khô và các thông số trạng thái của nước sôi và hơi bão hòa khô như sau :

$$v_x = v' + x (v'' - v') \quad [1-15]$$

$$i_x = i' + x (i'' - i') \quad [1-16]$$

$$s_x = s' + x (s'' - s') \quad [1-17]$$

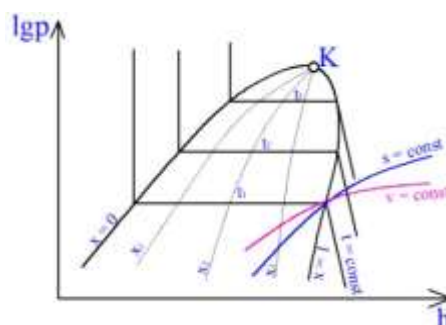
$$u_x = u' + x (u'' - u') \quad [1-18]$$

Nội năng không có trong các bảng và đồ thị. Nội năng được xác định theo enthalpy bằng công thức sau :

$$u = i - pv \quad [1-19]$$

b. Đồ thị lnp - h:

Bên cạnh việc dùng bảng, người ta có thể sử dụng các đồ thị trạng thái để tính toán cho hơi.



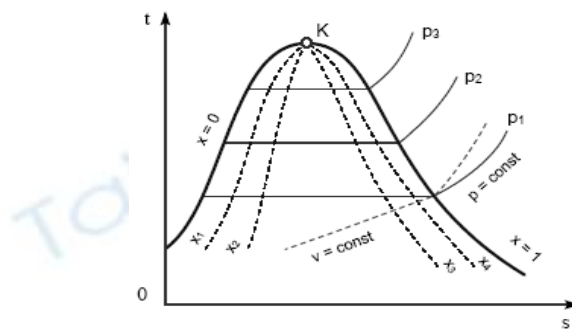
Hình 1.11: Đồ thị lnp-h của hơi nước

Trên đồ thị lnp-h các đường đẳng áp là đường thẳng song song với trục hoành. Các đường đẳng nhiệt trong vùng hơi bão hòa ẩm trùng với các đường đẳng áp tương ứng, ở vùng hơi quá nhiệt là những đường cong hướng xuống gần như thẳng đứng trong khi đó ở vùng lỏng choa sôi có thể xem là đường thẳng

đứng song song với trục tung. Chiều tăng của nhiệt độ cùng với chiều tăng của áp suất. Các đường đẳng entropy và đẳng tích là các đường cong có bề lồi quay về phía trên nhưng đường đẳng entropy dốc hơn so với đường đẳng tích. Các đường có độ khô không đổi ($x = \text{const}$) xuất phát từ điểm tới hạn K tỏa xuống phía dưới.

c. Đồ thị T - s của hơi nước:

Trên đồ thị T-s (Hình 1.12), các đường đẳng áp $p = \text{const}$ trong vùng nước chưa sôi hầu như trùng với đường giới hạn dưới ($x = 0$), trong vùng hơi bão hòa ẩm là các đoạn thẳng nằm ngang và trùng với đường đẳng nhiệt ($T = \text{const}$), trong vùng hơi quá nhiệt là các đường cong đi lên. Chiều tăng của áp suất cùng với chiều tăng của nhiệt độ



Hình 1.12: Đồ thị T - s của hơi nước

1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi:

1.3.1. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi trên đồ thị lgp-h:

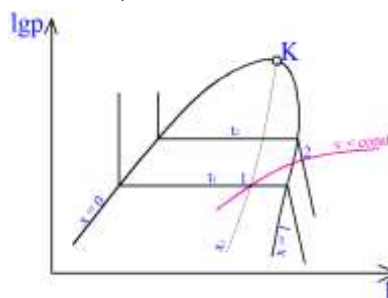
Các quá trình cơ bản của chất thuần khiết cũng được khảo sát thông qua nước và hơi nước.

Để khảo sát một quá trình nào đó, ta thường phải tiến hành các bước sau:

- Xác định điểm biểu diễn trạng thái đầu của quá trình trên đồ thị tương ứng.
- Từ đặc điểm của quá trình và một thông số trạng thái đã biết của điểm cuối ta xác định được điểm biểu diễn trạng thái cuối.

- Kết hợp giữa bảng và đồ thị ta sẽ xác định được các thông số trạng thái cần thiết, và qua đó tính được lượng nhiệt và công trao đổi giữa chất môi giới và môi trường.

a. Quá trình đẳng tích ($v = \text{const}$)



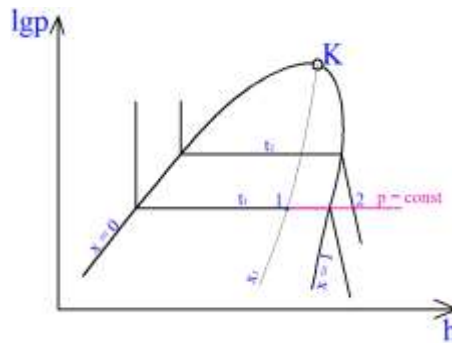
Hình 1.13: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng tích

Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2.v_2) - (i_1 - p_1.v_1)$ [1-20a]

Công của trong quá trình: $l = \int_1^2 p.dv = 0$ [1-20b]

Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $\Delta q = \Delta u + l = \Delta u$ [1-20c]

b. Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$)



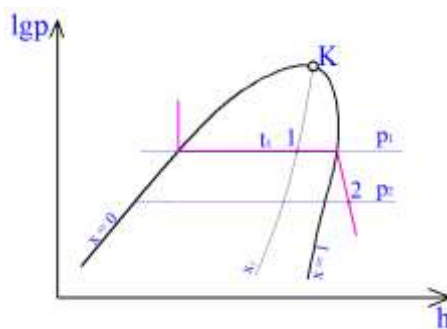
Hình 1.14: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng áp

- Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2.v_2) - (i_1 - p_1.v_1)$ [1-21a]

- Công của trong quá trình: $l = \int_1^2 p.dv = p(v_2 - v_1)$ [1-21b]

- Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $\Delta q = \Delta u + l = i_2 - i_1$ [1-21c]

b. Quá trình đẳng nhiệt ($t = \text{const}$)



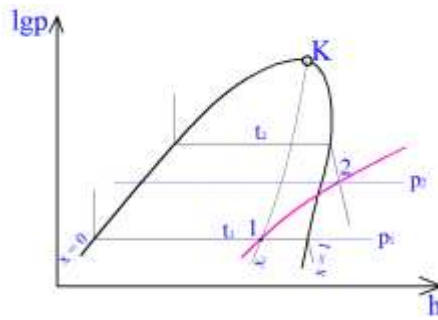
Hình 1.15: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng nhiệt

Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2.v_2) - (i_1 - p_1.v_1)$ [1-22a]

Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $q = T(s_2 - s_1)$ [1-22b]

Công của trong quá trình: $l = q - \Delta u$ [1-22c]

c. Quá trình đoạn nhiệt ($s = \text{const}$)



Hình 1.16: Đồ thị biểu diễn quá trình đoạn nhiệt

$$\text{Nội năng: } \Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 \cdot v_2) - (i_1 - p_1 \cdot v_1) \quad [1-23a]$$

$$\text{Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: } q = 0 \quad [1-23b]$$

$$\text{Công của trong quá trình: } l = q - \Delta u = -\Delta u \quad [1-23c]$$

$$\text{Công kỹ thuật của quá trình: } l_{kt} = -\Delta i = i_1 - i_2 \quad [1-23d]$$

1.3.2. Quá trình lưu động và tiết lưu:

1.3.2.1. Quá trình lưu động

a. Khái niệm: Trong thực tế kỹ thuật, tùy theo mục tiêu kỹ thuật, ta có thể gặp rất nhiều các quá trình lưu động với các dạng khác nhau trong các thiết bị. Ví dụ: trong một số động cơ hiện nay khi yêu cầu tốc độ động cơ lớn, nếu sử dụng động cơ piston sẽ gặp một số hạn chế như: sức bền không cho phép, công suất thừa... Để khắc phục người ta sử dụng loại động cơ có cánh (Tuabin) dung trong máy phát điện, động cơ phản lực... Trong trường hợp này dòng khí hoặc hơi có chuyển động tương đối lớn nên ta không thể bỏ qua động năng của chúng được. Sự chuyển động của dòng khí hoặc hơi nhỏ vậy gọi là quá trình lưu động.

b. Giả thiết khi nghiên cứu quá trình lưu động:

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu quá trình lưu động, ta dựa trên một số các giả thiết sau:

- Chuyển động của dòng trong kênh dẫn là đoạn nhiệt.
- Tất cả các thông số đặc trưng cho trạng thái của CMG ở mỗi tiết diện đều là hằng số.
- Tốc độ dòng ở mỗi tiết diện ngang đều là hằng số.
- Điều kiện chuyển động trong kênh dẫn không thay đổi theo thời gian, lưu lượng qua tiết diện là hằng số.

1.3.2.2. Quá trình tiết lưu:

a. Khái niệm: Thực nghiệm cho thấy khi dòng lưu chất chuyển động trong ống nếu gặp trở lực đột ngột (van, ống mao, van tiết lưu...) thì áp suất phía sau tiết diện bị thu hẹp sẽ thấp hơn áp suất phía trước. Quá trình này gọi là quá trình tiết lưu.

b. Đặc điểm

- Quá trình tiết lưu là quá trình không thuận nghịch và là quá trình đoạn

hiệu nên không phải là quá trình đẳng entropy (trao đổi nhiệt giữa CMG và môi trường rất nhỏ).

- Khi qua tiết lưu áp suất giảm nhưng không sinh công ngoài mà để thắng sức cản do ma sát và xoáy.

1.4. Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt:

1.4.1. Khái niệm và định nghĩa chu trình nhiệt động:

a. Định nghĩa về chu trình:

Trong các máy nhiệt, để sinh công một cách liên tục, CMG sau khi giãn nở cần phải tạo ra quá trình để đưa CMG về trạng thái ban đầu. Nó có nghĩa CMG phải tạo các quá trình kín, hay nói cách khác là nó thực hiện một chu trình.

b. Chu trình thuận chiều:

*Định nghĩa:

Chu trình thuận chiều là chu trình mà môi chất nhận nhiệt từ nguồn nóng nhả cho nguồn lạnh và biến một phần nhiệt thành công, còn được gọi là chu trình sinh công. Qui ước: công của chu trình thuận chiều $l > 0$. Đây là các chu trình được áp dụng để chế tạo các động cơ nhiệt.

Hay nói cách khác: chu trình thuận chiều là chu trình có các quá trình tiến hành theo cùng chiều kim đồng hồ.

*Hiệu quả chu trình:

Để đánh giá hiệu quả biến đổi nhiệt thành công của chu trình thuận chiều, người ta dùng hệ số η_{ct} , gọi là hiệu suất nhiệt của chu trình.

Hiệu suất nhiệt của chu trình bằng tỷ số giữa công chu trình sinh ra với nhiệt

lượng mà môi chất nhận được từ nguồn nóng.

$$\eta_{ct} = \frac{l}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} \quad [1-24]$$

Ở đây: q_1 là nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn nóng

q_2 là nhiệt lượng mà môi chất nhả ra cho nguồn lạnh,

l là công chu trình sinh ra, hiệu nhiệt lượng mà môi chất trao đổi với nguồn nóng và nguồn lạnh. Vậy ta có: $l = q_1 - |q_2|$, vì $\Delta u = 0$.

c. Chu trình ngược chiều:

*Định nghĩa:

Chu trình ngược chiều là chu trình mà môi chất nhận công từ bên ngoài để lấy nhiệt từ nguồn lạnh nhả cho nguồn nóng, công tiêu tốn được qui ước là công âm, $l < 0$.

Hay nói cách khác: chu trình ngược chiều là chu trình có các quá trình tiến

hành theo ngược chiều kim đồng hồ.

**Hệ số làm lạnh:*

Để đánh giá hiệu quả biến đổi năng lượng của chu trình ngược chiều, người ta dùng hệ số ε , gọi là hệ số làm lạnh của chu trình.

Hệ số làm lạnh của chu trình là tỷ số giữa nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn lạnh với công tiêu tốn cho chu trình.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{q_2}{|q_1| - q_2} \quad [1-25a]$$

Trong đó: q_1 là nhiệt lượng mà môi chất nhả cho nguồn nóng,
 q_2 là nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn lạnh,
 l là công chu trình tiêu tốn, $l = |q_1| - q_2$, vì $\Delta u = 0$.

Còn đối với chu trình bơm nhiệt ta có hệ số bơm nhiệt φ

$$\varphi = \frac{|q_1|}{l} = \frac{|q_1|}{|q_1| - q_2} \quad [1-25b]$$

Mối quan hệ giữa φ và ε : $\varphi = 1 + \varepsilon$

d. Chu trình Carno:

**Chu trình carno thuận nghịch thuận chiều*

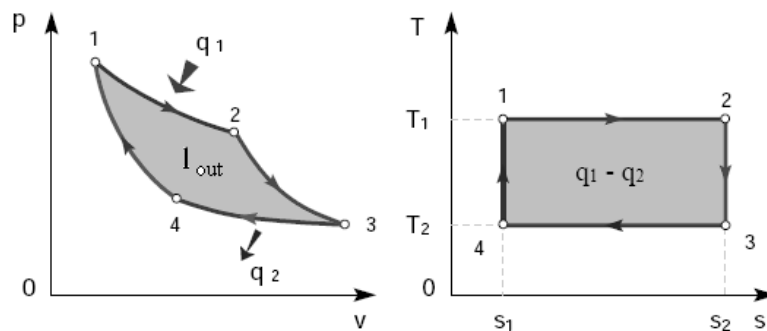
Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno thuận chiều được biểu diễn trên hình 1.18.

4-1 là quá trình nén đoạn nhiệt, nhiệt độ môi chất tăng từ T_2 đến T_1 ;

1-2 là quá trình dẫn nở đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn nóng có nhiệt độ T_1 không đổi và nhận từ nguồn nóng một nhiệt lượng là $q_1 = T_1(s_2 - s_1)$;

2-3 là quá trình dẫn nở đoạn nhiệt, sinh công l , nhiệt độ môi chất giảm từ T_1 đến T_2 ;

3-4 là quá trình nén đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 không đổi và nhả cho nguồn lạnh một nhiệt lượng là $q_2 = T_2(s_3 - s_4)$.



Hình 1.17: Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno thuận chiều