

HÀ MẠNH THƯ

BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM

KỸ THUẬT NHIỆT



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

PGS. TS HÀ MẠNH THƯ

BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM
KỸ THUẬT NHIỆT

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

Lời nói đầu

Cuốn tài liệu “Bài tập trắc nghiệm Kỹ thuật nhiệt” được soạn riêng cho kỳ thi trắc nghiệm môn Kỹ thuật Nhiệt tại Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Tài liệu này bao gồm các kiến thức cơ bản nhất sinh viên cần biết và vận dụng khi tính toán cùng với các bảng biểu kèm theo, đây cũng chính là tuyển tập đề thi trắc nghiệm cho sinh viên các khoá trước tại Đại học Bách Khoa Hà Nội. Các đồ thị hơi nước *Mollier*, đồ thị *lgp-i* dùng cho các loại môi chất lạnh khác nhau như R12, R134a, R22, R717 (NH_3) được in bằng mẫu cho phép sinh viên dễ dàng tra được các thông số cần thiết để làm bài tập. Do khó khăn nhất của sinh viên là vấn đề tra bảng và đồ thị, nên việc nắm bắt cơ bản việc xác định trạng thái các thông số của khí thực sẽ giúp cho sinh viên đạt điểm cao khi thi môn học này.

20 đề thi trắc nghiệm mẫu được kèm theo ở cuối cuốn sách. Sinh viên nên tự giải các đề thi này trong thời gian 90 phút. Đây sẽ là những tập được bổ ích trước khi thi. Cuốn tài liệu này được biên soạn dựa trên kinh nghiệm giảng dạy lâu năm của tác giả cùng với kinh nghiệm hơn 25 năm áp dụng thi trắc nghiệm môn Kỹ thuật Nhiệt tại Bộ môn Kỹ thuật Nhiệt, Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Do lần đầu tiên được soạn thảo nên cuốn sách chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất hoan nghênh mọi ý kiến đóng góp cho cuốn sách. Các đóng góp xin gửi đến PGS. TS. Hà Mạnh Thu, Bộ môn Kỹ thuật Nhiệt, Viện Khoa học và Công nghệ Nhiệt Lạnh, Đại học Bách Khoa Hà Nội. E-mail: hamthu2001@gmail.com.

Tác giả

PHẦN 1

NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT

CHƯƠNG 1

PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

VÀ CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN CỦA CHẤT KHÍ

1.1. Hệ đơn vị được dùng

Ta chỉ dùng hệ đơn vị đo lường quốc tế SI

Lực đo bằng Niuton, N;

Khối lượng đo bằng kilôgam, kg;

Chiều dài đo bằng mét, m;

Thời gian đo bằng giây, s;

Nhiệt độ đo bằng độ Kelvin, K.

1.2. Những khái niệm cơ bản

1.2.1. Nhiệt và công

Nhiệt tính cho 1 kg: q , J/kg; tính cho G , kg: $Q = G.q$, J

Công tính cho 1 kg: l , J/kg; tính cho G , kg: $L = G.l$, J

- Nhiệt và công đều là hai dạng năng lượng, đơn vị đo là J (Jun).

$$1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J} = 10^3 \text{ kJ}$$

Hệ đơn vị ngoài hệ SI:

$$1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}; 1 \text{ BTU/h} = 0,293 \text{ W}, 1 \text{ hp} = 2545 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ hp} = 0,7457 \text{ kW} \quad 1 \text{ kW} = 3412 \text{ BTU/h}$$

- Qui ước dấu:

Chất môi giới nhận nhiệt $q > 0$; chất môi giới thải nhiệt $q < 0$;

Chất môi giới sinh công $l > 0$; chất môi giới nhận công (bị nén) $l < 0$.

Công suất là công trong một đơn vị thời gian:

$$N = J/s = W \text{ (watt)}, 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

1.2.2. Thông số trạng thái

Các thông số trạng thái cơ bản

a) Áp suất p

Đơn vị đo Pa (Pascal); $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Các đơn vị đo áp suất khác

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ at (kỹ thuật)} = 0,98 \text{ bar} = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ at (vật lý)} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ mm Hg} = 133,3 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9,8 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ psi} = 6895 \text{ Pa}.$$

Quan hệ giữa áp suất dư p_d , p_k và độ chân không p_{ck} sẽ là:

$$p = p_k + p_d$$

$$p = p_k - p_{ck}$$

b) Nhiệt độ

Có 2 thang nhiệt độ:

Thang nhiệt độ bách phân, ký hiệu t , độ °C (Celcius);

Thang nhiệt độ tuyệt đối, ký hiệu T , độ K (Kelvin).

Quan hệ giữa các thang nhiệt độ như sau:

$$T = 273,15 + t \approx 273 + t$$

Ngoài ra ở Mỹ và các nước khác còn dùng thang nhiệt độ Fahrenheit °F:

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

c) Thể tích riêng v và khối lượng riêng ρ

$$v = \frac{V}{G}, \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho = \frac{G}{V}, \text{ kg/m}^3$$

1.2.3 Các thông số nhiệt

a) Nội năng

$U, J; u, J/kg$ là năng lượng đặc trưng cho hệ kín

$$U = G.u, J$$

Với khí lý tưởng, nội năng của mọi chất khí là như nhau và bằng:

$$du = C_v dT$$

$$\Delta U = G\Delta u = GC_v(T_2 - T_1)$$

b) Entanpy

$I, J; i, J/kg$ là năng lượng đặc trưng cho hệ hở

$$I = G.i, J$$

Với khí lý tưởng, entanpy của mọi chất khí là như nhau và bằng:

$$di = C_p dT$$

$$\Delta I = G\Delta i = GC_p(T_2 - T_1)$$

c) Entropy

Ký hiệu $S, J/K; s, J/kg.K$ tính cho 1 kg

$$S = G.s, J/K$$

$$ds = \frac{dq}{dT}$$

Trong đó T là nhiệt độ tuyệt đối của môi chất.

d) Năng lượng đầy là năng lượng chỉ có trong hệ hở

$$D = pV \text{ và } d = pv \text{ tính cho 1 kg}$$

e) Exergy là năng lượng có thể biến đổi hoàn thành công trong quá trình thuận nghịch, ký hiệu $E, J; e, J/kg$.

Có thể viết phương trình sau đây:

$$q = e + a$$

Trong đó: a - anergy (phần nhiệt năng không thể biến đổi thành công trong quá trình không thuận nghịch).

1.3. Phương trình định luật nhiệt động thứ nhất

1.3.1. Nhiệt dung riêng và các tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng

Nhiệt dung riêng thực

$$C = \frac{dq}{dt} \text{ và } q = \int_{t_1}^{t_2} C dt$$

Nhiệt dung riêng trung bình trong khoảng nhiệt độ đã cho

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$C \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{q}{t_2 - t_1} = \frac{q}{\Delta t}$$

Quan hệ giữa các loại nhiệt dung riêng

$$C = C'_{\nu_{\mu}} = \frac{C_{\mu}}{\mu}$$

$$C_p - C_v = R; \quad \frac{C_p}{C_v} = k$$

$$C_v = \frac{R}{k-1}; \quad C_p = \frac{k.R}{k-1}$$

Bảng 1. Nhiệt dung riêng phụ thuộc vào nhiệt độ

Loại khí	Trị số k	kJ/kmolK	
		$C_{\mu v}$	$C_{\mu p}$
Một nguyên tử	1,6	12,6	20,9
Hai nguyên tử	1,4	20,9	29,3
Ba và nhiều nguyên tử	1,3	29,3	37,7

1.3.2. Các biểu thức nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng

Bảng 2. Nhiệt dung riêng phụ thuộc vào nhiệt độ (0 - 1500°C)

Chất khí	Nhiệt dung riêng khối lượng C , kJ/kgK	Nhiệt dung riêng thể tích C' , kJ/m ³ _{ic} K
O_2	$C_{p\text{th}} = 0,9203 + 0,0001065t$ $C_{v\text{th}} = 0,6603 + 0,0001065t$	$C'_{p\text{th}} = 1,3138 + 0,0001077t$ $C'_{v\text{th}} = 0,9429 + 0,0001577t$
N_2	$C_{p\text{th}} = 1,024 + 0,00008855t$ $C_{v\text{th}} = 0,7272 + 0,00008855t$	$C'_{p\text{th}} = 1,2799 + 0,0001107t$ $C'_{v\text{th}} = 0,9089 + 0,0001107t$
Không khí	$C_{p\text{th}} = 0,9956 + 0,00009299t$ $C_{v\text{th}} = 0,7088 + 0,00009299t$	$C'_{p\text{th}} = 1,3138 + 0,0001077t$ $C'_{v\text{th}} = 0,9429 + 0,0001577t$
H_2O	$C_{p\text{th}} = 1,833 + 0,0003111t$ $C_{v\text{th}} = 1,3716 + 0,0003111t$	$C'_{p\text{th}} = 1,4733 + 0,0002498t$ $C'_{v\text{th}} = 1,1024 + 0,0002498t$
CO_2	$C_{p\text{th}} = 0,8645 + 0,0002443t$ $C_{v\text{th}} = 0,6764 + 0,0002443t$	$C'_{p\text{th}} = 1,6990 + 0,0004798t$ $C'_{v\text{th}} = 1,3281 + 0,0004798t$

$$Q = GC\Delta t$$

$$Q = V_{\kappa} C' \Delta t$$

$$Q = MC_{\mu} \Delta t$$

$$Q = GT(s_2 - s_1)$$

1.4. Các công thức tính cơ bản

1.4.1. Năng lượng toàn phần của hệ nhiệt động

$$W = U + D + W_d; \quad w = u + d + \frac{\omega^2}{2}$$

Hệ hở:

$$W_h = U + D + W_d = I + W_d \quad \text{hay} \quad w_h = i + \frac{\omega^2}{2}$$

1.4.2. Các loại công

Công thay đổi thể tích:

$$dl = p dv; \quad l_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

Công kỹ thuật:

$$dl_{kt} = -v dp; \quad l_{kt} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp$$

1.4.3. Phương trình định luật nhiệt động thứ nhất

$$dq = du + p dv \quad \text{cho khí thực và khí lý tưởng}$$

$$dq = di - v dp$$

$$dq = C_v dT + p dv \quad \text{chỉ dành cho khí lý tưởng}$$

$$dq = Cp dT - v dp$$

$$dq = di - v dp = di + d\left(\frac{\omega^2}{2}\right) \quad \text{dành cho 1 dòng khí}$$

1.4.4. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$pv = RT$$

$$pV = GRT$$

Trong đó:

P , N/m²; ν , m³/kg; T , K; R , J/kgK, G , kg;

R : hằng số chất khí

$$R = \frac{R_\mu}{\mu} = \frac{8314}{\mu}, \text{ J/Kg.K}$$

μ : kilomol của khí lý tưởng.

Các bài mẫu

1.1. Bình chứa oxy ở áp suất 60 at. Sau khi sử dụng hết 0,6 kg, áp suất trong bình là 25 at. Xác định thể tích bình chứa, biết nhiệt độ oxy trước và sau khi sử dụng bằng 30°C.

a) 1,36 dm³

b) 13,77 dm³

c) 9,18 dm³

Tóm tắt đầu bài:

$$P_1 = 60 \text{ at} = 60.0,98.10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 25 \text{ at} = 25.0,98.10^5 \text{ Pa}$$

$$t_1 = t_2 = 30^\circ\text{C} \text{ suy ra } T_1 = T_2 = 273 + 30 = 303 \text{ K}$$

Biết $G_1 - G_2 = 0,6 \text{ kg}$. Hãy tính V .

Bài giải:

Ở đây ta có thể coi ôxy là khí lý tưởng, áp dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng ta có $pV = GRT$ suy ra:

$$V = \frac{(G_1 - G_2)RT}{p_1 - p_2} = \frac{DGRT}{Dp}$$

$$R = \frac{8314}{m}, \text{ J/Kg.K}$$

$$V = \frac{(G_1 - G_2)RT}{p_1 - p_2} = \frac{DGRT}{Dp} = \frac{DG \frac{8314}{m} T}{p_1 - p_2}$$

$$V = \frac{0,6 \text{ kg} \frac{8314}{32} \frac{\text{J}}{\text{kgK}} 303\text{K}}{(60 - 25)0,98.10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0,01377, \text{ m}^3$$

1.2. Bình kín có thể tích $V = 38 \text{ m}^3$, nhiệt độ bằng 27°C , chứa 95 kg khí O_2 . Sau một thời gian sử dụng, áp suất dư bị giảm còn $P_{dư} = 0,5 \text{ bar}$. Tính lượng khí O_2 đã sử dụng, biết nhiệt độ khí không đổi và áp suất khí quyển bằng 1 bar.

a) 70,62 kg

b) 19,14 kg

c) 21,87 kg

Tóm tắt đầu bài:

Chất O_2

$$V = 38 \text{ m}^3, t_1 = 27^\circ\text{C} = \text{const}, G = 95 \text{ kg}, P_{dư} = 0,5 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{suy ra } p_2 &= p_{dư} + p_k = 0,5 \cdot 10^5 + 10^5 \text{ Pa} \\ &= 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Tính lượng oxy đã sử dụng.

Bài giải:

Ở đây ta có thể coi oxy là khí lý tưởng, áp dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng ta có:

$$pV = GRT$$

suy ra:

$$\begin{aligned} G_1 - G_2 &= G_1 - \frac{p_2 V}{RT} \\ &= 95 \text{ kg} - \frac{1,5 \cdot 10^5 \cdot 38 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ m}^3}{\frac{8314}{32} (27 + 273) \frac{\text{J}}{\text{kgK}}} = 21,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

Chú ý: Cần phân biệt rõ áp suất tuyệt đối và áp suất dư, đây là chỗ sinh viên hay nhầm lẫn.

1.3. Không khí nằm trong lốp ô tô có thể tích $0,015 \text{ m}^3$ ở 30°C có đồng hồ áp suất đo được 150 kPa, lượng không khí cần bổ sung để nâng áp suất đồng hồ lên tới 200 kPa sẽ là:

a) 0,013 kg

b) 0,005 kg

c) 0,009 kg

Tóm tắt đầu bài:

Chất: không khí nên $\mu = 29 \text{ kg/kmol}$, $V = 0,015 \text{ m}^3$, $t_1 = 30^\circ\text{C}$, $p_{dư1} = 150 \text{ kPa}$, $p_{dư2} = 200 \text{ kPa}$.

Tính lượng không khí cần bổ sung.

Bài giải:

Nếu đọc kỹ đầu bài, dễ dàng thấy rằng bài này ngược với bài trên, về bản chất vẫn phải giải theo phương trình của khí lý tưởng

$$G_2 - G_1 = \frac{(p_2 - p_1)V}{\frac{8314}{m} T} = \frac{(200 - 150)10^3 \frac{N}{m^2} \cdot 0,015 m^3}{\frac{8314}{29} \frac{J}{kgK} (30 + 273)K} = 0,009 kg$$

1.4. Một bình khí hình cầu đường kính 6 m chứa Heli ở nhiệt độ $t = 20^\circ C$ và áp suất $p = 200$ kPa, số kmol khí Heli nằm trong đó là:

- a) 6,96 kmol b) 9,28 kmol c) 7,73 kmol

Tóm tắt đầu bài:

Chất: Heli suy ra $\mu = 4$ kg/kmol, $V = 0,015 m^3$, $t_1 = 20^\circ C$, $P = 200$ kPa, $d = 6$ m. Hãy tính số kmol có trong bình khí hình cầu.

Bài giải:

Thể tích của bình hình cầu được tính như sau :

$$V = 4/3 \pi d^3 = 4/3 \cdot 3,14 \cdot 6^3 = 113,04 m^3$$

$$G = \frac{pV}{\frac{8314}{\mu} T} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 113,04}{\frac{8314}{4} (20 + 273)} = 37,123 kg$$

Số kmol Heli:

$$M = \frac{G}{\mu} = \frac{37,123 kg}{4 kg/kmol} = 9,281 kmol$$

1.5. Một quả bóng chứa không khí có đường kính 0,3 m ở áp suất 1,1 at. Nếu một thợ lặn đưa quả bóng xuống độ sâu và áp suất trong quả bóng là 2,3 at, nếu biết nhiệt độ trước và sau tương ứng là $25^\circ C$ và $18^\circ C$ thì đường kính mới của quả bóng sẽ là:

- a) 0,381 m b) 0,233 m c) 0,519 m

Tóm tắt đầu bài:

Quả bóng có đường kính $d = 0,3$ m, $p_1 = 1,1$ at, $t_1 = 25^\circ C$, $t_2 = 18^\circ C$, $p_2 = 2,3$ at. Xác định d_2 .

Bài giải:

Hệ nhiệt động là chất khí nằm trong quả bóng, nước là môi trường xung quanh; khi độ sâu của nước càng lớn thì áp suất của nước bên ngoài tác

động lên quả bóng càng lớn, khiến cho đường kính của quả bóng nhỏ lại, điều này làm áp suất trong quả bóng tăng cho đến khi bằng áp suất bên ngoài, như vậy quả bóng sẽ đạt trạng thái cân bằng mới giữa hệ chất khí nằm trong quả bóng và môi trường xung quanh là nước.

Đây là hệ kín, nên lượng khí trong quả bóng không đổi, ta có

$$G = \text{const}$$

$$G = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{p_2 V_2}{RT_2} \text{ hay } \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{4}{3} \pi d_2^3}{\frac{4}{3} \pi d_1^3} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \gg \frac{d_2^3}{d_1^3} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

$$d_2 = d_1 \left(\frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,3 \cdot \left(\frac{1,1 \cdot (18 + 273)}{2,3 \cdot (25 + 273)} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,2327 \text{ m}$$

1.6. Một quả bóng chứa không khí có đường kính 0,3 m ở áp suất 1,1 at. Nếu một thợ lặn đưa quả bóng xuống độ sâu và áp suất trong quả bóng là 2,3 at, nếu giả thiết nhiệt độ không đổi thì đường kính mới của quả bóng sẽ là:

a) 0,18 m

b) 0,235 m

c) 0,168 m

Tương tự như bài trên, ta chọn $T_1 = T_2$

$$d_2 = d_1 \left(\frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \right)^{\frac{1}{3}} = d_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,3 \cdot \left(\frac{1,1}{2,3} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,2346 \text{ m}$$

1.7. Một bình có thể tích 600 lít chứa 2,7 kg khí O_2 nhiệt độ của khí bằng 27°C . Nếu thay khí O_2 bằng khí CO_2 nhưng giữ nguyên các điều kiện khác thì trong bình phải chứa bao nhiêu kg CO_2 ?

a) 1,964 kg

b) 3,713 kg

c) 0,084 kg

Tóm tắt đầu bài:

$$V = 600 \text{ lít} = 0,3 \text{ m}^3, G_{O_2} = 2,7 \text{ kg}, t_1 = 27^\circ\text{C}$$

Thay khí O_2 bằng CO_2 . Hỏi lượng khí CO_2 .

Bài giải: khi thay chất môi giới, phân tử lượng của chất môi giới mới sẽ thay đổi, với điều kiện khác không thay đổi.

Ta có:

$$G_{CO_2} = G_{O_2} \frac{m_{CO_2}}{m_{O_2}} = 2,7 \frac{44}{32} = 3,713 \text{ kg}$$

1.8. Vào mùa đông nhiệt độ ở 0°C sấm lốp ô tô chỉ áp suất 2 bar nếu giả thiết van kín và nhiệt độ mùa hè là 50°C , thì áp suất trong sấm lốp ô tô là:

- a) 2,37 bar b) 0,56 bar c) 3,55 bar

Tóm tắt đầu bài:

$$t_1 = 0^{\circ}\text{C}, p_{\text{đầu}} = 2 \text{ bar}, t_2 = 50^{\circ}\text{C}. \text{ Xác định } p_2.$$

Bài giải:

Lốp ô tô có thể được xem là cứng, tức là ta có quá trình đẳng tích $v = \text{const}$ xảy ra trong lốp ô tô.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 2 \frac{(50 + 273)}{273} = 2,366 \text{ bar}$$

1.9. Máy nhiệt Các-nô dùng R12 làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 27°C để biến lỏng sôi R12 thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của R12 là -17°C thì công của quá trình giãn nở bằng:

- a) 56,77 kJ/kg b) 27,35 kJ/kg c) 42,25 kJ/kg

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy nhiệt Các-nô, nghĩa là cho chu trình Các-nô thuận chiều, với nhiệt độ nguồn nóng 27°C , nguồn lạnh -17°C . Môi chất R12 $t_1 = 27^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_1 = 300 \text{ K}$, $t_2 = -17^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_2 = 256 \text{ K}$. Xác định công của quá trình giãn nở l_{43} .

Bài giải:

Cần phân biệt đây không phải là công của chu trình.

Hiệu suất nhiệt của chu trình sẽ bằng:

$$\eta_{\text{Cacno}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{256}{300} = 0,15$$

Ta dùng đồ thị R12 để xác định các thông số ở điểm nút (xem Hình 1.1).

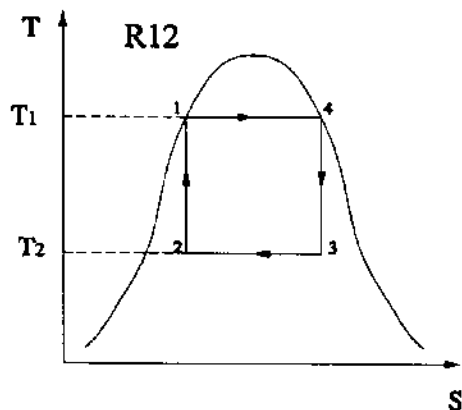
Biết $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ ta được :

$$I_1 = 524,65 \text{ kJ/kgK}, i_4 = 662,47 \text{ kJ/kgK}, s_4 = 1,5444 \text{ kJ/kgK};$$

biết $t_2 = -17^{\circ}\text{C}$, ta được $s_3' = 0,9203 \text{ kJ/kgK}$, $s_3'' = 1,5690 \text{ kJ/kgK}$

Cần phải tính độ khô ở trạng thái c qua entropy

$$x_3 = \frac{s_3 - s_3'}{s_3'' - s_3'} = \frac{s_4 - s_3'}{s_3'' - s_3'} = \frac{1,5444 - 0,9203}{1,5690 - 0,9203} = 0,962$$



Hình 1.1.

Từ đó suy ra:

$$\begin{aligned} i_3 &= i_3 + x(i''_3 - i'_3) = 479,04 - 0,962(641,31 - 479,04) \\ &= 635,16 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Công của quá trình 43 sẽ bằng:

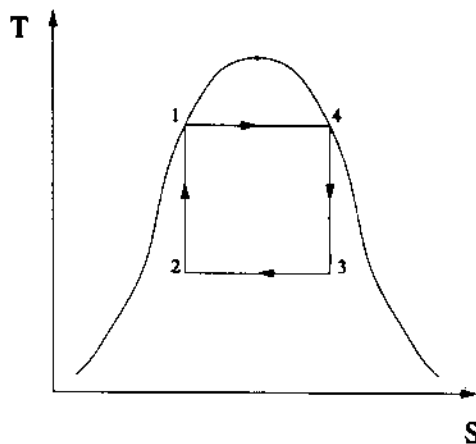
$$L_{43} = i_4 - i_3 = 662,47 - 635,16 = 27,35 \text{ kJ/kg}$$

1.10. Máy nhiệt Các-nô làm việc giữa 2 nguồn nhiệt 0°C và 100°C . Công sinh ra trong chu trình 1000 J. Tính biến thiên entropy của nguồn lạnh.

- a) 0,01 kJ/K b) 0,033 kJ/K c) 0,051 kJ/K

Tóm tắt đầu bài: Cho chu trình máy nhiệt Các-nô, nghĩa là cho chu trình Các-nô thuận chiều, với nhiệt độ nguồn nóng 100°C , nguồn lạnh 0°C . Xem hình 1.2. $t_1 = 100^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 373 \text{ K}$, $t_2 = 0^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 \text{ K}$, $L = 1000 \text{ J}$.

Tính biến thiên entropy của nguồn lạnh.



Hình 1.2.

Bài giải:

$$\eta_i^{Cacno} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = 0,27$$

$$\eta_i^{Cacno} = \frac{L}{Q_1} = 0,27 \text{ suy ra } Q_1 = \frac{L}{\eta_i^{Cacno}} = \frac{1000}{0,27} = 3730 \text{ J}$$

$$Q_2 = Q_1 - L = 3730 - 1000 = 2730 \text{ J}$$

$$\Delta s_2 = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{2730}{273} = 10 \text{ J/K}$$

1.11. Bơm nhiệt dùng chu trình Cánhô có hệ số bơm nhiệt là 10 khi bơm nhiệt vào phòng có nhiệt độ 25°C . Nhiệt độ không khí đầu vào là:

a) $268,2^\circ\text{C}$

b) $-4,8^\circ\text{C}$

c) $62,16^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Cho bơm nhiệt Cánhô, nghĩa là cho chu trình Cánhô ngược chiều, với nhiệt độ nguồn nóng 25°C , nguồn lạnh cần phải tính. Biết hệ số bơm nhiệt $\phi = 10$.

$$t_1 = 25^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 298 \text{ K. Tính } T_2.$$

Bài giải:

$$\phi^{Cacno} = \frac{Q_1}{L} = 10 \quad \phi^{Cacno} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{298}{298 - T_2} = 10$$

$$T_2 = -4,8^\circ\text{C}$$

1.12. Máy lạnh Cánhô dùng R12 làm môi chất lạnh. Trước khi nén đoạn nhiệt R12 là hơi ẩm ở áp suất 1 bar, sau khi nén đoạn nhiệt là hơi bão hoà khô ở áp suất 9 bar. Hệ số làm lạnh của chu trình là:

a) 0,28

b) 3,54

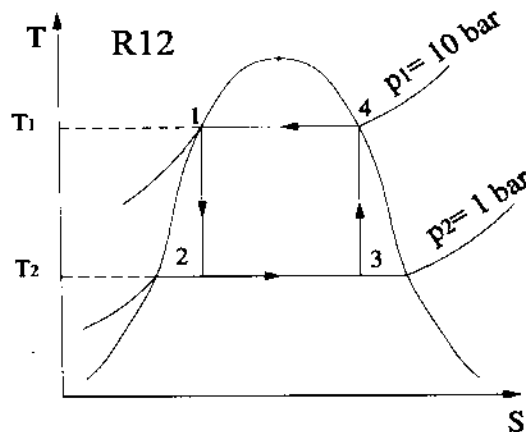
c) 5,65

Tóm tắt đầu bài:

Cho máy lạnh Cánhô, nghĩa là cho máy lạnh làm việc theo chu trình Cánhô ngược chiều với môi chất là R12, với áp suất tương ứng của nguồn nóng 9 bar, áp suất tương ứng của 1 bar. Tính hệ số làm lạnh chu trình ε .

Bài giải:

Xem hình 1.3 ta có chu trình ngược chiều Cánhô 1234 dùng khí R12. Vấn đề ở chỗ cần phải biết nhiệt độ tại nguồn nóng và nguồn lạnh của chu trình Cánhô.



Hình 1.3.

Bài giải:

Với R12 $p_2 = 1 \text{ bar}$, $t_{s2} = -31^\circ\text{C}$, $P_1 = 10 \text{ bar}$, $t_{s1} = 37,37^\circ\text{C}$

Suy ra $T_2 = T_{s2} = 242 \text{ K}$, $T_1 = T_{s1} = 310,37 \text{ K}$

$$\varepsilon^{\text{Carnot}} = \frac{Q_2}{L} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{242}{310,37 - 242} = 3,54$$

1.13. Một khối nhôm nặng 0,5 kg ở nhiệt độ 20°C rơi xuống bình chứa có thể tích vô cùng lớn ở nhiệt độ 90°C . Biến thiên entropy của miếng nhôm là bao nhiêu nếu biết nhiệt dung riêng của nhôm bằng $0,9 \text{ kJ/kgK}$.

- a) 0,193 kJ/K b) 0,677 kJ/K c) 0,096 kJ/K

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình xảy ra trong điều kiện áp suất không đổi $p = 1 \text{ at}$, $G = 0,5 \text{ kg}$, chất Al, $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, $t_2 = 90^\circ\text{C}$, $T_2 = 363 \text{ K}$, $C_{Al} = 0,9 \text{ kJ/kgK}$.

Bài giải:

$$\begin{aligned} DS_{Al} &= GC_{Al} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \\ &= 0,5 \text{ kg} \cdot 0,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \ln\left(\frac{363}{293}\right) = 0,0964 \text{ kJ/kgK} \end{aligned}$$

Bài tập về nhà:

1.14. Xác định lượng khí của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5 m, biết phân tử lượng của Argon bằng 40 kg/kmol.

- a) 644,83 kg b) 161,21 kg c) 1289,65 kg

1.15. Xác định thể tích riêng của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5m. Biết phân tử lượng của khí Argon là 40 kg/kmol.

- a) 16,24 m³/kg b) 0,28 m³/kg c) 0,41 m³/kg

1.16. Một bình kín cứng thể tích 3 m³ chứa Argon ở nhiệt độ -100°C và 1 MPa. Nhiệt được cấp cho đến khi nhiệt độ tăng đến 0°C. Xác định lượng khí argon trong bình. Coi Argon như khí lý tưởng và $\mu = 40$ kg/kmol.

- a) 83,43 kg b) 487,96 kg c) 117,39 kg

1.17. Một động cơ lý thuyết làm việc theo chu trình Cánhô ở nhiệt độ thấp nhất 25°C đã sinh công 20 kW và thải cho nguồn lạnh 12 kW. Tính lượng nhiệt cấp vào.

- a) 8 kW b) 32 kW c) 75,957 kW

1.18. Máy nhiệt Cánhô làm việc ở 2 nguồn nhiệt 500°C và 20°C sinh ra công 1 kW. Mỗi chu trình xảy ra mất 5 phút. Lượng nhiệt lấy đi từ nguồn nóng là:

- a) 8,052 kJ b) 829,282 kJ c) 483,125 kJ

1.19. Trong từng chu trình, máy nhiệt Cánhô hấp thụ 150 kJ nhiệt ở 700°C và thải nhiệt ở 25°C. Biến thiên entropy của nguồn lạnh là:

- a) 0,503 kJ/K b) 7,319 kJ/K c) 0,154 kJ/K

1.20. Máy lạnh Cánhô nhận nhiệt ở nhiệt độ -10°C cần phải tiêu hao 1 kW để lấy đi 6 kW nhiệt từ vật cần làm lạnh. Nhiệt độ của nguồn nóng là:

- a) 306,83 K b) 576,36 K c) 498,24 K

1.21. Máy lạnh Cánhô dùng R12 làm môi chất lạnh. Trước khi nén đoạn nhiệt R12 là hơi ẩm ở áp suất 1 bar, sau khi nén đoạn nhiệt là hơi bão hoà khô ở áp suất 10 bar. Tính công nén trong quá trình đoạn nhiệt.

- a) 29,86 kJ/kg b) 84,207 kJ/kg c) 38,457 kJ/kg

1.22. Máy nhiệt Cánhô dùng R12 làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 300 K để biến R12 thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của R12 là 250 K thì hiệu suất nhiệt của chu trình là:

- a) 50 % b) 16,66 % c) 25,47 %

1.23. Máy nhiệt Cánhô dùng R12 làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 27°C để biến lỏng sôi R12 thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của R12 là -23°C thì lượng nhiệt cấp cho chu trình là:

- a) 137,82 kJ/kg b) 251,86 kJ/kg c) 206,38 kJ/kg

1.24. Một bơm nhiệt lấy 10 kJ nhiệt từ nguồn lạnh có nhiệt độ 5°C và thải nhiệt cho nguồn nóng có nhiệt độ 25°C . Công tiêu hao của bơm nhiệt này là 5 kJ. Xác định hệ số bơm nhiệt.

- a) 2 b) 3 c) 2,5

1.25. Một bình kín chứa một chất lỏng được khuấy bằng một cánh khuấy, công để quay cánh khuấy là 5090 kJ. Lượng nhiệt tổn thất ra môi trường xung quanh là 1500 kJ. Biến thiên nội năng của chất lỏng trong bình là:

- a) 3590 kJ b) -4045 kJ c) -2968 kJ/K

1.26. Một tủ lạnh lấy 10 kJ nhiệt từ nguồn lạnh có nhiệt độ 5°C và thải nhiệt cho nguồn nóng có nhiệt độ 25°C . Công tiêu hao của tủ lạnh là 5 kJ. Xác định hệ số làm lạnh của tủ lạnh.

- a) 0,675 b) 3,599 c) 2

1.27. Nhiệt độ trong dàn lạnh và dàn ngưng tụ của tủ lạnh là -10°C và 25°C . Nếu tủ lạnh làm việc theo Chu trình Cácô với môi chất R12. Hãy tính lượng nhiệt thải.

- a) 127,56 kJ/kg b) 141,55 kJ/kg c) 353,89 kJ/kg

1.28. Nhiệt độ bên trong tủ lạnh làm việc theo chu trình Cácô là 5°C nếu nhiệt độ này giảm xuống -13°C trong khi giữ nguyên nhiệt độ môi trường bên ngoài 27°C thì lượng công phải tăng lên bao nhiêu để thải được cùng một lượng nhiệt ra bên ngoài.

- a) 1,82 lần b) 4,38 lần c) 2,06 lần

CHƯƠNG 2

CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN CỦA KHÍ LÝ TƯƠNG VÀ KHÍ THỰC

2.1. Các quá trình nhiệt động cơ bản của khí lý tưởng

2.1.1. Quá trình đẳng tích

$$v = \text{const}, n = \pm\infty$$

$$\Delta s_v = s_2 - s_1 = C_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}; l_{12} = 0; l_{kr} = -v(p_2 - p_1)$$

2.1.2. Quá trình đẳng áp

$$p = \text{const}, n = 0$$

$$\Delta s_p = s_2 - s_1 = C_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}; l_{kr} = 0; l_{12} = p(v_2 - v_1);$$

2.1.3. Quá trình đẳng nhiệt

$$T = \text{const}, n = 1$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}; l_{kr} = l_{12} = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$Q = L_{12} = GRT \ln \frac{p_1}{p_2}; \quad \Delta S = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

2.1.4. Quá trình đa biến

$$pv^n = \text{const}, n = \frac{(C_p - C_n)}{(C_v - C_n)}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1}; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$l_{12} = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$$

$$l_{12} = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$$

$$l_{kt} = n l_{12}$$

$$l_{kt} = \frac{n p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$$

$$C_n = C_v \frac{n-k}{n-1}$$

$$q_n = C_n \Delta T$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = C_n \ln \frac{T_2}{T_1}$$

2.1.5. Quá trình đoạn nhiệt chỉ là một trường hợp riêng của quá trình đa biến, khi $q = 0$; $n = k$

Bài tập mẫu

1.29. 1 kg khí lý tưởng thay đổi nhiệt độ từ 28°C đến 80°C, nếu quá trình cấp nhiệt đẳng áp thì phải cần 120 kJ/kg, nếu quá trình cấp nhiệt đẳng tích thì chỉ cần 90 kJ/kg. Tính hằng số chất khí của khí lý tưởng này.

- a) 0,577 kJ/kgK b) 1,283 kJ/kgK c) 2,667 kJ/kgK

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình xảy ra trong điều kiện áp suất không đổi $p = \text{const}$, $G = 1$ kg, chất khí lý tưởng, $t_1 = 28^\circ\text{C}$, $T_1 = 301$ K, $t_2 = 80^\circ\text{C}$, $T_2 = 353$ K, $q_p = 120$ kJ/kg, $q_v = 90$ kJ/kg.

Bài giải:

Biết trong quá trình đẳng áp:

$$q_p = C_p (T_2 - T_1)$$

Trong quá trình đẳng tích:

$$q_v = C_v (T_2 - T_1)$$

Lấy hai biểu thức trừ đi cho nhau, ta được:

$$q_p - q_v = (C_p - C_v)(T_2 - T_1) = R(T_2 - T_1)$$

$$R = \frac{q_p - q_v}{(T_2 - T_1)} = \frac{q_p - q_v}{(t_2 - t_1)} = \frac{(120 - 90) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{(80 - 28) \text{ K}} = 0,577 \text{ kJ/kgK}$$

1.30. Khi nén đa biến 0,2 kg không khí, công máy nén tiêu tốn bằng 143,3 kJ và nhiệt độ tăng từ 27°C đến 127°C. Số mũ đa biến khi đó bằng:

a) 1,196

b) 0,465

c) 0,962

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình nén đa biến n $G = 0,2$ kg, môi chất không khí, công máy nén $L_{kt} = 143,3$ kJ, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $T_1 = 300$ K, $t_2 = 127^\circ\text{C}$, $T_2 = 400$ K. Tính số mũ n .

Bài giải:

Công thức tính công của máy nén

$$L_{kt} = \frac{n}{n-1} GRT_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{n}{n-1} GR(T_1 - T_2)$$

$$L_{kt} = G \frac{n}{n-1} \frac{8314}{\mu} (T_1 - T_2)$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{L_{kt}}{G \frac{8314}{\mu} (T_1 - T_2)} = \frac{143,3 \cdot 1000 \text{ J}}{0,2 \text{ kg} \frac{8314}{29} \frac{\text{J}}{\text{kgK}} (300 - 400) \text{ K}} = -24,992$$

$$n = 0,962$$

1.31. Không khí có thể tích 2,48 m³, nhiệt độ 15°C, áp suất 1 bar. Khi bị nén đoạn nhiệt không khí nhận công kỹ thuật 450 kJ. Nhiệt độ không khí sau khi nén là:

a) 14,99 K

b) 437,31 K

c) 429,89 K

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình nén đoạn nhiệt $k = 1,4$ với không khí $p_1 = 1$ bar, $V = 2,48$ m³, $G = 0,2$ kg, môi chất không khí, công kỹ thuật $L_{kt} = -450$ kJ, $t_1 = 15^\circ\text{C}$, $T_1 = 288$ K. Tính t_2 .

Bài giải:

$$L_{kt} = \frac{k}{k-1} pV_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{k}{k-1} \frac{pV}{T_1} (T_1 - T_2)$$

$$(T_1 - T_2) = \frac{L_{kt}}{\frac{k}{k-1} \frac{pV}{T_1}} = \frac{-450.1000}{\frac{1,4}{1,4-1} \frac{10^5 \cdot 2,48}{288}}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{L_{kt}}{\frac{k}{k-1} \frac{pV}{T_1}} = 288 \text{ K} + \frac{-450.1000 \text{ J}}{\frac{1,4}{1,4-1} \frac{10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2,48 \text{ m}^3}{288 \text{ K}}}$$

$$= 437,3 \text{ K}$$

1.32. (MS: 030701).

5 kmol khí oxy ở 51,7°C được cung cấp một lượng nhiệt 700 kJ và đã thực hiện được công giãn nở 14 kJ. Tính nhiệt độ của khí oxy sau khi giãn nở.

- a) 1102,04°C b) 58,2°C c) 64,7°C

Tóm tắt đầu bài:

Môi chất oxy $M = 5$ kmol, $Q_1 = 700$ kJ, $L = 14$ kJ, $t_1 = 51,7^\circ\text{C}$. Tính t_2 .

Bài giải:

Theo định luật nhiệt động thứ nhất:

$$Q = DU + L$$

$$DU = Q - L$$

Nếu biết số kmol M và phân tử lượng thì khối lượng G sẽ bằng tích của hai đại lượng này:

$$G = M\mu, \text{ kg}$$

$$\Delta U = GC_v(T_2 - T_1) = GC_v(t_2 - t_1) = M\mu C_v(t_2 - t_1)$$

$$t_2 = t_1 + \frac{\Delta U}{M\mu C_v} = 51,7 + \frac{(700 - 14)}{5 \cdot 20,9} = 58,264^\circ\text{C}$$

1.33. 3,21 kg khí O_2 có nhiệt độ ban đầu là 27°C được chứa trong bình kín, áp kế chỉ 2,9 MPa. Sau khi nhận được nhiệt lượng 650 kJ, chỉ số của áp kế là:

- a) 60,96 bar b) 30,12 bar c) 59,98 bar

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình đẳng tích, môi chất oxy $G = 3,21$ kg, $Q_1 = 650$ kJ, $L = 14$ kJ, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $p_{1dh} = 2,9$ Mpa. Tính p_{2dh} .

Bài giải:

$$Q_v = Gq_v = GC_v(T_2 - T_1)$$

$$(T_2 - T_1) = \frac{Q_v}{GC_v} \quad T_2 = T_1 + \frac{Q_v}{GC_v}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{Q_v}{GC_v} = (27 + 273)\text{K} + \frac{650\text{ kJ}}{3,21\text{ kg} \cdot \frac{20,9}{32} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}} = 610\text{ K}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = (2,9 + 0,1) \frac{610}{300} = 6,096\text{ MPa}$$

$$p_{2_{\text{đt}}} = p_2 - p_k = 6,096 - 0,1 = 5,996\text{ MPa}$$

Bài tập về nhà:

1.34. 30 kg khí CO_2 chứa trong bình kín có nhiệt độ 20°C được cung cấp nhiệt lượng 586 kJ. Xác định nhiệt độ của khí CO_2 sau khi cấp nhiệt.

- a) $49,33^\circ\text{C}$ b) $35,1^\circ\text{C}$ c) $61,10^\circ\text{C}$

1.35. Để đốt nóng 2 kg N_2 ở điều kiện đẳng áp từ nhiệt độ $t_1 = 20^\circ\text{C}$ đến nhiệt độ t_2 người ta mất một nhiệt lượng 100 kJ/kg. Công giãn nở bằng:

- a) 25,72 kJ b) 28,57 kJ c) 57,14 kJ

1.36. 10 kg N_2 có nhiệt độ 7°C , áp suất 1 bar được cấp nhiệt $Q = 150\text{ kJ}$ theo quá trình đẳng áp. Xác định nhiệt độ cuối quá trình T_2 .

- a) 21,33 K b) 294,33 K c) 449,18 K

1.37. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O_2 tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,28 kJ b) 98,94 kJ c) 147,78 kJ

1.38. 4 kg khí CO giãn nở đẳng nhiệt từ trạng thái thứ nhất có nhiệt độ 140°C đến trạng thái thứ hai có thể tích tăng lên 4 lần. Công giãn nở bằng:

- a) 170003,36 J b) 702263,7 J c) 680013,43 J

1.39. Không khí trong bình có áp suất 3 bar và nhiệt độ 16°C được phơi nắng và nhiệt độ tăng đến 30°C . Nếu giữ thể tích của bình ở $0,01\text{ m}^3$, lượng nhiệt truyền cho không khí sẽ là:

- a) 10,09 kJ b) 0,365 kJ c) 0,463 kJ

1.40. Nước được đun nóng khi đi qua một điện trở công suất 1,55 kW. Nếu biết nhiệt độ nước vào là 20°C và nhiệt độ nước ra là 55°C thì lưu lượng nước sẽ là:

- a) 0,021 kg/s b) 0,011kg/s c) 0,018 kg/s

1.41. 5 kg khí CO ở nhiệt độ 450°C được làm nguội đẳng áp xuống nhiệt độ 27°C biến thiên entropy của khí CO sẽ là:

- a) -4,602 kJ/K b) -3,287 kJ/K c) -6,029 kJ/K

1.42. Một bình kín thể tích 2 m³ khí CO ở nhiệt độ 300 K và áp suất ban đầu 500 kPa được cấp một lượng nhiệt cho đến khi áp suất trong bình tăng đến 800 kPa, biến thiên entropy của khí CO sẽ là:

- a) 3,94 kJ/K b) 0,35kJ/K c) 6,23 kJ/K

1.43. Một bình kín thể tích 1,4 m³ chứa khí CO ở nhiệt độ 300 K và áp suất ban đầu 500 kPa được cấp một lượng nhiệt cho đến khi áp suất trong bình tăng đến 800 kPa, lượng nhiệt cần cấp của khí CO sẽ là:

- a) 1055,81 kJ b) 134,36kJ c) 1563,54 kJ

1.44. Một xylanh có thể tích ban đầu 2 m³ chứa khí CO ở nhiệt độ 300K và áp suất ban đầu 500 kPa. Sau đó khí được nén đẳng nhiệt đến khi thể tích còn 0,1 m³, công nén sẽ là:

- a) -2995,73 kJ b) -266,86 kJ c) -3793,55 kJ

1.45. Xác định lượng khí của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình khí cầu có đường kính 5 m.

- a) 644,83 kg b) 161,21 kg c) 1289,65 kg

2.3. Quá trình hỗn hợp của khí hoặc hơi

Hỗn hợp của khí lý tưởng:

2.3.1. Các thành phần của hỗn hợp

$$\sum g_i = \sum \frac{G_i}{G} = 1$$

$$\sum r_i = \sum \frac{V_i}{V} = 1$$

Xác định các thành phần của hỗn hợp

$$\mu = \sum r_i \mu_i$$

$$\mu = \frac{1}{\sum \frac{g_i}{\mu_i}}; \quad R = \frac{8314}{\mu}; \quad R = \sum g_i R_i \quad g_i = \frac{\mu_i r_i}{\sum \mu_i r_i}; \quad r_i = \frac{\mu_i}{\sum \mu_i}$$

$$p_i = r_i p$$

2.3.2. Quá trình hỗn hợp của chất khí

a) Hỗn hợp trong thể tích đã cho

$$U = \sum U_i$$

$$T = \frac{\sum g_i C_{vi} T_i}{\sum g_i C_{vi}} \text{ cho Khí lý tưởng}$$

b) Hỗn hợp theo dòng

$$I = \sum I_i$$

$$T = \frac{\sum g_i C_{pi} T_i}{\sum g_i C_{pi}} \text{ cho Khí lý tưởng}$$

c) Hỗn hợp khí nạp vào 1 thể tích

$$U = \sum I_i + U_1$$

$$T = \frac{g_1 C_{v1} T_1 + \sum_{i=2}^{n+1} g_i C_{pi} T_i}{\sum_{i=1}^n g_i C_{vi}} \text{ cho Khí lý tưởng}$$

Hỗn hợp của khí lý tưởng và khí thực

1.46. Nước nóng ở 78°C có lưu lượng 0,56 kg/s khi hỗn hợp với dòng nước lạnh ở 20°C. Nếu muốn nhiệt độ ra của hỗn hợp là 42°C với giả thiết chất lỏng đều ở áp suất 250 kPa thì lưu lượng của chất lỏng lạnh sẽ là:

- a) 1,091 kg/s b) 0,916 kg/s c) 1,786 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của hai dòng đẳng áp.

Môi chất nước $G_1 = 0,56 \text{ kg/s}$, $t_1 = 78^\circ\text{C}$, $t_2 = 20^\circ\text{C}$, $t_{\text{hỗn hợp}} = 42^\circ\text{C}$, $p = 250 \text{ kPa}$.

Tính lưu lượng của nước lạnh G_2 .

Bài giải:

$$I = I_1 + I_2$$

$$Gi = G_1 i_1 + G_2 i_2$$

$$GC_p T = G_1 C_p T_1 + G_2 C_p T_2$$

$$(G_1 + G_2)T = G_1 T_1 + G_2 T_2$$

$$G_2 = \frac{G_1 T_1 - G_1 T}{T - T_2} = \frac{G_1 (t_1 - t)}{t - t_2}$$

$$G_2 = \frac{G_1 (t_1 - t)}{t - t_2} = \frac{0,56 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (78 - 42)}{42 - 20} = 0,916 \text{ kg/s}$$

Chú ý: ở đây ta bỏ qua sự thay đổi của nhiệt dung riêng của nước theo nhiệt độ. Ta coi C_p đối với nước là không đổi, như vậy có thể giản ước phép tính bằng cách tính qua nhiệt độ của nước mà không cần tính qua entanpy của nước.

1.47. Dòng khí N_2 có nhiệt độ 225°C hỗn hợp với dòng khí N_2 khác có lưu lượng khối lượng gấp 3,2 lần và nhiệt độ bằng 125°C . Tính nhiệt độ của hỗn hợp.

a) $421,81 \text{ K}$

b) $213,81 \text{ K}$

c) $356,81 \text{ K}$

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của hai dòng khí N_2 đẳng áp, môi chất N_2 $G_1 = 0,56 \text{ kg/s}$, $t_1 = 225^\circ\text{C}$, $t_2 = 125^\circ\text{C}$, $G_2 = 3,2G_1$. Hãy tính nhiệt độ của hỗn hợp.

Bài giải:

$$I = I_1 + I_2$$

$$Gi = G_1 i_1 + G_2 i_2$$

$$GC_p T = G_1 C_p T_1 + G_2 C_p T_2$$

$$(G_1 + G_2)T = G_1 T_1 + G_2 T_2$$

$$(G_1 + 3,2G_1)T = G_1 T_1 + 3,2G_1 T_2$$

$$T = \frac{T_1 + 3,2T_2}{4,2} = \frac{(225 + 273) + 3,2(125 + 273)}{4,2} = 421,81 \text{ K}$$

1.48. $1,5 \text{ Kmol}$ khí O_2 chứa trong bình kín có thể tích 2 m^3 nhiệt độ 30°C . Người ta dùng máy nén đưa thêm vào bình một lượng O_2 nữa thì áp suất trong bình là 25 bar , nhiệt độ 40°C . Xác định lượng khí đưa thêm.

a) $433,12 \text{ kg}$

b) $13,48 \text{ kg}$

c) $27,88 \text{ kg}$

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của một dòng khí O_2 vào một thể tích. Môi chất O_2 ,
 $M_1 = 1,5 \text{ kmol}$, $t_1 = 30^\circ\text{C}$, $t_{hh} = 40^\circ\text{C}$, $p = 25^\circ\text{C}$. Hãy tính G_2 .

Bài giải:

$$G_1 = M \mu = 1,5 \text{ kmol} \cdot 32 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 48 \text{ kg}$$

$$G = \frac{pV}{RT} = \frac{25 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2 \text{ m}^3}{\frac{8314}{32} \frac{\text{J}}{\text{kgK}} (273 + 40) \text{ K}} = 61,4845 \text{ kg}$$

$$G_2 = G - G_1 = 61,4845 - 48 = 13,48 \text{ kg}$$

1.49. Bình kín có thể tích $0,4 \text{ m}^3$ chứa không khí ở áp suất 100 kPa và 25°C . Nén thêm vào bình một lượng không khí có áp suất 700 kPa và nhiệt độ 120°C . Xác định lượng khí đi vào bình khi áp suất trong bình đạt 500 kPa .

a) $1,32 \text{ kg}$

b) $1,01 \text{ kg}$

c) $0,32 \text{ kg}$

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của một dòng không khí vào trong một thể tích. Môi chất không khí $V = 0,4 \text{ m}^3$, $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $p_2 = 700 \text{ kPa}$, $t_2 = 120^\circ\text{C}$, $p_{hh} = 500 \text{ kPa}$.

Hãy tính G_2 .

Bài giải:

$$U = U_1 + I_2$$

$$Gu = G_1 u_1 + G_2 u_2$$

$$GC_v T = G_1 C_v T_1 + G_2 C_v T_2$$

$$GT = G_1 T_1 + k G_2 T_2$$

$$\frac{pV}{RT} T = \frac{p_1 V}{RT_1} T_1 + k G_2 T_2$$

$$\frac{pV}{R} = \frac{p_1 V}{R} + k G_2 T_2$$

$$G_2 = \frac{V(p - p_1)}{RkT_2} = \frac{V(p - p_1)\mu}{R_\mu kT_2}$$

$$= \frac{0,4\text{m}^3(500-100).1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 29 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{8314 \frac{\text{J}}{\text{kmolK}} \cdot 1,4 \cdot (120+273)\text{K}} = 1,01 \text{ kg}$$

1.50. Bình kín có thể tích $0,5 \text{ m}^3$ chứa không khí ở áp suất 100 kPa và 25°C . Nén thêm vào bình một lượng không khí có áp suất 700 kPa và nhiệt độ 120°C . Xác định nhiệt độ cuối của chất khí khi áp suất trong bình đạt 500 kPa .

a) 418 K

b) $470,55 \text{ K}$

c) $538,09 \text{ K}$

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của 1 dòng không khí vào trong một thể tích. Môi chất không khí $V = 0,5 \text{ m}^3$, $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $p_2 = 700 \text{ kPa}$, $t_2 = 120^\circ\text{C}$, $p_{hh} = 500 \text{ kPa}$. Hãy tính t_2 .

Bài giải:

Tương tự như bài trên ta tính được lượng khí nạp vào trong bình:

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{pV}{R} = \frac{p_1 V}{R} + kG_2 T_2$$

$$G_2 = \frac{V(p - p_1)}{RkT_2}$$

$$= \frac{V(p - p_1)\mu}{R_\mu kT_2} = \frac{0,5\text{m}^3(500-100).1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 29}{8314 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1,4(120+273)\text{K}}$$

$$= 1,2679 \text{ kg}$$

$$GT = G_1 T_1 + kG_2 T_2$$

$$T = \frac{G_1 T_1 + kG_2 T_2}{G_1 + G_2} = \frac{\frac{p_1 V}{R} + kG_2 T_2}{\frac{p_1 V}{RT_1} + G_2}$$

$$= \frac{100.1000.0,5.29}{8314} + 1,4.1,2679(120+273)$$

$$= \frac{100.1000.0,5.29}{8314 \cdot (25+273)} + 1,2679$$

$$= 470,55 \text{ K}$$

1.51. Bình kín có thể tích $0,01 \text{ m}^3$ ban đầu chứa R12 hơi bão hòa khô ở áp suất 1 MPa. Nếu nạp thêm một lượng R12 nhất định vào trong bình từ nguồn có áp suất 1,5 MPa, và nhiệt độ 30°C . Xác định lượng khí đi vào bình khi trong bình toàn bộ là lỏng bão hòa với áp suất trong bình đạt 1,2 MPa.

a) 0,46 kg

b) 0,78 kg

c) 3,29 kg

Tóm tắt đầu bài:

Quá trình hỗn hợp của một dòng khí R12 vào trong một thể tích. Môi chất khí thực R12 $V = 0,01 \text{ m}^3$, hơi bão hòa khô R12 ở $p_1 = 1 \text{ MPa}$, $p_2 = 1,5 \text{ MPa}$, $t_2 = 30^\circ\text{C}$, $p_{hh} = 1,2 \text{ MPa}$, lỏng bão hòa. Hãy tính lượng R12 được nạp vào trong bình.

Bài giải:

$$U = U_1 + I_2$$

$$Gu = G_1u_1 + G_2i_2$$

$$G = \frac{V}{v} = \frac{pV}{RT}$$

$$G_2 = V\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1}\right) = 0,01\left(\frac{1}{0,001} - \frac{1}{0,0174}\right) = 9,43 \text{ kg}$$

Vấn đề là xác định các giá trị nội năng tại trạng thái một trước và sau khi nạp thêm khí vào, đồng thời xác định Entanpy của R12 từ nguồn đã cho trước. Biết R12, $p_1 = 1 \text{ MPa}$, hơi bão hòa khô, nghĩa là $x = 1$, ta tra được trên đồ thị KTN.

$$v_1 = 0,0174 \text{ m}^3/\text{kg}, i_1 = 667,43 \text{ kJ/kg},$$

$$u_1 = i_1 - p_1v_1 = 667,43 - 0,0174 \cdot 10^3 = 650,03 \text{ kJ/kg}$$

$$G_1 = V/v_1 = 0,01/0,0174 = 0,5747 \text{ kg}$$

Tương tự trạng thái sau khi thêm R12 là trạng thái lỏng bão hòa với $p = 1,2 \text{ MPa}$, $x = 0$, thể tích bình vẫn như vậy, $v = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$, $u = i - pv = 548 - 0,001 \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 546,8 \text{ kJ/kg}$.

Từ nguồn có nhiệt độ 30°C , $p = 15 \text{ bar}$ ta được lỏng R12 chưa sôi $i = 528 \text{ kJ/kg}$.

$$G = V/v = 0,01/0,001 = 10 \text{ kg}$$

Lượng khí R12 nạp thêm vào là

$$G_2 = G - G_1 = 10 - 0,5747 = 9,43 \text{ kg}$$

Bài tập về nhà:

1.52. Dòng không khí thứ nhất có lưu lượng 4 kg/s, nhiệt độ 35°C được hoà trộn với dòng không khí thứ hai có nhiệt độ 373 K để nhận được dòng hỗn hợp có nhiệt độ 50°C. Lưu lượng của dòng không khí thứ hai là:

- a) 0,19 kg/s b) 1,2 kg/s c) 0,92 kg/s

1.53. Dòng không khí ẩm có lưu lượng 200 kg/h nhiệt độ 50°C độ chứa hơi 50 g/kg hỗn hợp với dòng không khí ẩm có lưu lượng 300 kg/h nhiệt độ 30°C độ chứa hơi 30g/kg (quá trình hỗn hợp đẳng áp). Xác định Entanpy của hỗn hợp:

- a) 1,1 kJ/kg b) 18,89 kJ/kg c) 1241,89 kJ/kg

1.54. Một bình vỏ cứng có bọc cách nhiệt được chia ra làm 2 phần bằng nhau bằng một vách ngăn. Lúc đầu một phần chứa 3 kg O_2 ở 800 kPa và 50°C, phần bên được hút chân không tuyệt đối. Nhiệt độ trong bình sau khi bỏ tấm vách ngăn:

- a) 50°C b) 5,33°C c) 52,08°C

1.55. Hỗn hợp khí CO_2 và hơi nước ở áp suất 100 kPa và nhiệt độ 200°C. Khi hỗn hợp được làm lạnh đẳng áp hơi nước bắt đầu ngưng tụ khi nhiệt độ đạt 70°C. Xác định thành phần khối lượng của khí CO_2 trong hỗn hợp.

- a) 0,844 b) 5,032 c) 0,964

1.56. Bình kín có thể tích 0,5 m³ chứa không khí ở áp suất 100 kPa và 29°C. Nén thêm vào bình một lượng không khí có áp suất 700 kPa, và nhiệt độ 120°C. Xác định lượng khí đi vào bình khi áp suất trong bình đạt 500 kPa.

- a) 1,32 kg b) 2,58 kg c) 1,27 kg

1.57. Bình kín có thể tích 0,5 m³ chứa không khí ở áp suất 100 kPa và 29°C. Nén thêm vào bình một lượng không khí có áp suất 700 kPa, và nhiệt độ 120°C. Xác định nhiệt độ của bình khi áp suất trong bình đạt 500 kPa.

- a) 630,79 K b) 470,55 K c) 393 K

1.58. Hai bình chứa H_2O được cách nhiệt nối với nhau qua 1 van. Bình A có áp suất 200 kPa, thể tích riêng 0,4 m³/kg, thể tích bằng 1 m³, bình B chứa 3,5 kg ở áp suất 0,5 MPa, 400°C. Khi van được mở, hai bình thông

nhau và hệ trở về trạng thái cân bằng. Xác định áp suất cuối trong quá trình hòa trộn.

a) 375 kPa

b) 185,48 kPa

c) 372,56 kPa

1.59. Hai bình chứa H_2O được cách nhiệt nối với nhau qua 1 van. Bình A có áp suất 200 kPa, thể tích riêng $0,4 \text{ m}^3/\text{kg}$, thể tích bằng 1 m^3 , bình B chứa 3,5 kg ở áp suất 0,5 MPa, 400°C . Khi van được mở, hai bình thông nhau và hệ trở về trạng thái cân bằng. Xác định nhiệt độ cuối trong quá trình hòa trộn.

a) $141,3^\circ\text{C}$

b) $68,29^\circ\text{C}$

c) $145,89^\circ\text{C}$

2.2. Bảng và đồ thị của khí thực

2.2.1. Các công thức chung xác định trạng thái của nước

$$u = i - pv$$

$$v_x = v' + x(v'' - v')$$

$$i_x = i' + x(i'' - i')$$

$$s_x = s' + x(s'' - s')$$

$$x = \frac{G_h}{G_h + G_{ns}} = \frac{v - v'}{v'' - v'} = \frac{i - i'}{i'' - i'} = \frac{s - s'}{s'' - s'}$$

Biến đổi entanpy, nội năng, entropy

$$\Delta I = G\Delta i = G(i_2 - i_1)$$

$$\Delta U = G\Delta u = G(u_2 - u_1)$$

$$\Delta S = G\Delta s = G(s_2 - s_1)$$

2.2.2. Các quá trình nhiệt động cơ bản của khí thực

a) Quá trình đẳng tích

Công thay đổi thể tích $l_{12} = 0$

Công kỹ thuật $l_k = -v(p_2 - p_1)$

Nhiệt của quá trình $Q = \Delta U = G(u_2 - u_1)$

b) Quá trình đẳng áp

Công thay đổi thể tích $l_{12} = p(v_2 - v_1)$

Công kỹ thuật $l_k = 0$

Nhiệt của quá trình $Q = \Delta I = G(i_2 - i_1)$

c) Quá trình đẳng nhiệt

Nhiệt của quá trình $Q = GT(s_2 - s_1)$

Công thay đổi thể tích $l_{12} = q - (u_2 - u_1)$

Công kỹ thuật $l_k = q - (i_2 - i_1)$

d) Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch

$$s_1 = s_2 = \text{const}$$

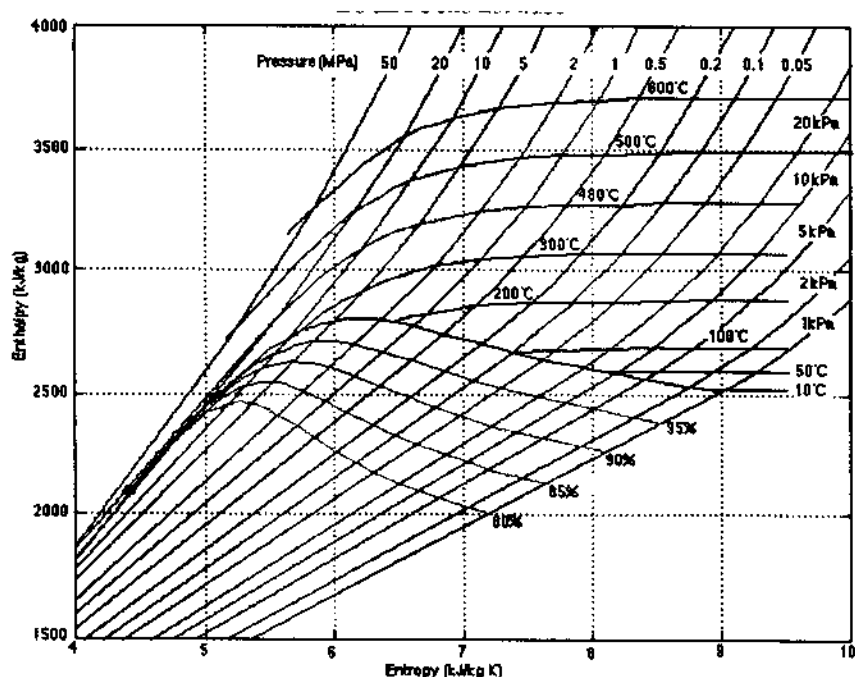
Nhiệt của quá trình $q = 0$

Công thay đổi thể tích $l_{12} = -(u_2 - u_1)$

Công kỹ thuật $l_k = -(i_2 - i_1)$

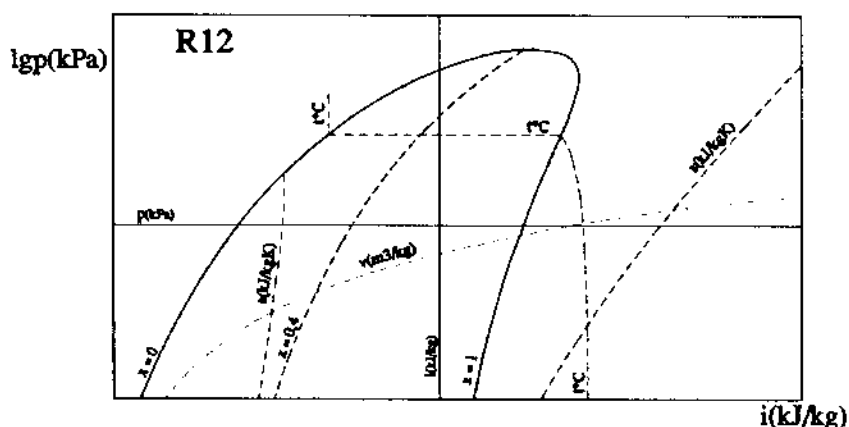
2.3 Cách tra các thông số của khí thực

Khí thực ở đây bao gồm hơi nước và môi chất lạnh. Muốn xác định được trạng thái của một chất, cần phải biết 2 thông số độc lập. Nhờ vào đồ thị của hơi nước, của môi chất lạnh ta có thể xác định được điểm cắt của các thông số này trên đồ thị, nhờ đó có thể tìm được các đại lượng hay dùng như entanpy, entropy, nội năng. Đồ thị i - s cho hơi nước được trình bày trên hình 2.1.



Hình 2.1. Đồ thị i - s cho hơi nước

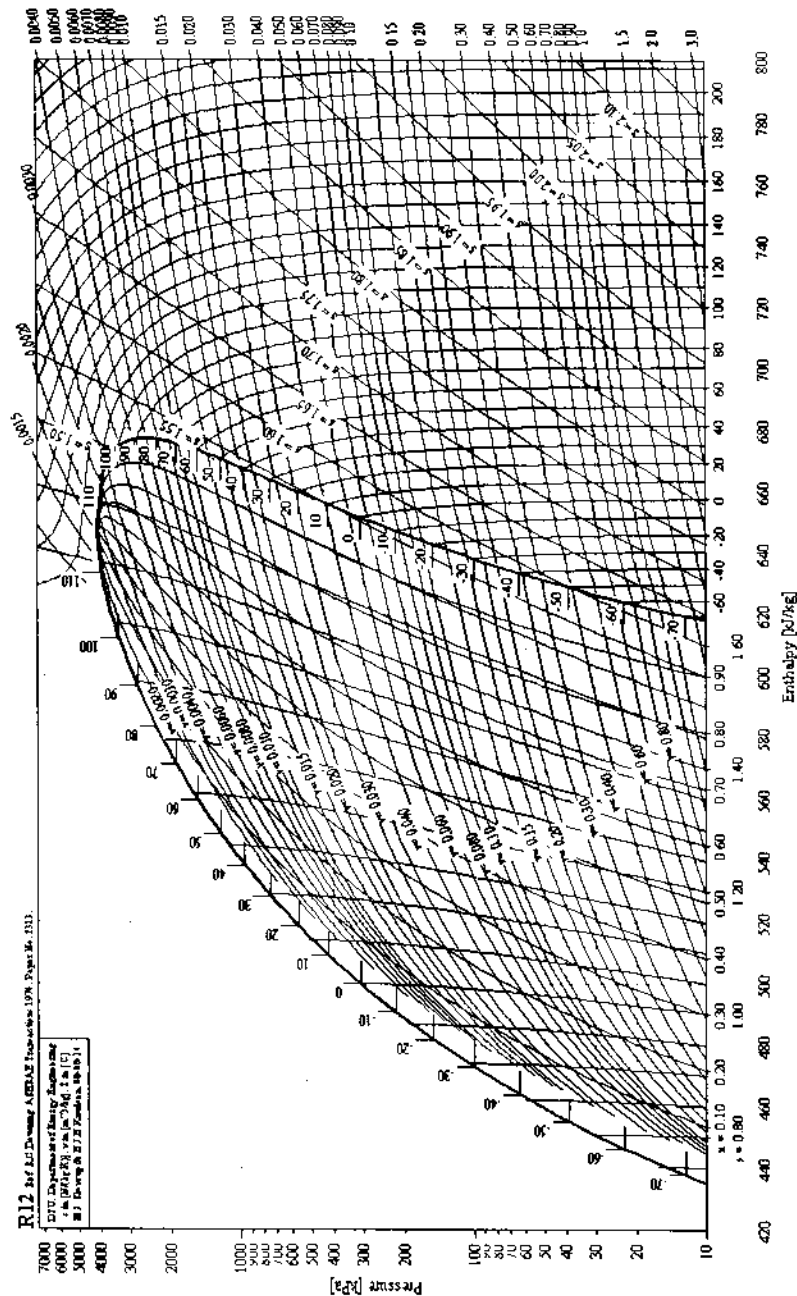
Trong vùng hơi ẩm, các đường đẳng áp trên đồ thị $i-s$ là đường thẳng tạo một góc nghiêng với tọa độ nằm ngang, áp suất càng cao thì góc càng lớn. Trong vùng hơi quá nhiệt, các đường đẳng áp là đường cong lũy thừa, trên đồ thị đường p có màu xanh nước biển. Các đường đẳng nhiệt có màu đỏ, trong vùng hơi ẩm, đường đẳng nhiệt trùng với đường đẳng áp, trong vùng hơi quá nhiệt đường $t = \text{const}$ là những đường cong có độ lồi hướng lên trên và có xu hướng tiệm cận với đường nằm ngang song song với trục hoành. Đường đẳng tích trên đồ thị có màu xanh lá cây nhạt, trong vùng hơi quá nhiệt là đường cong lũy thừa nhưng có độ dốc hơn đường đẳng áp. Giao điểm của 2 đường bất kỳ sẽ cho ta giá trị i , s , v , t . Các đường độ khô không đổi đều xuất phát từ điểm k , giá trị x nằm trong khoảng $x = 0,8$ đến $x = 1$.



Hình 2.2.

Trên hình 2.2 ta có thể thấy các đường đặc trưng p , t , v , s , x , i trên đồ thị $p-i$ hay thực chất đó là $\lg p-i$ của môi chất lạnh. Các đồ thị cho $R12$, $R22$, $R134a$, $R717$ (NH_3) đều có hình dạng tương tự, cái khác nhau là các giá trị cụ thể của từng chất. Bên trái đường $x = 0$ đường giới hạn dưới là vùng lỏng chưa sôi, bên phải đường $x = 1$ là vùng hơi quá nhiệt, nằm giữa 2 đường $x = 0$ và $x = 1$ là vùng hơi bão hoà ẩm, trên các đồ thị mẫu các đường x này có màu xanh lá cây thẫm. Các đường $v = \text{const}$ là đường cong có độ lồi hướng lên trên, có màu xanh lá cây nhạt, các đường đoạn nhiệt $s = \text{const}$ là đường cong màu xanh nước biển ví dụ: $s = 1,8$. Đường đẳng nhiệt $t = \text{const}$ có màu đỏ. Chính các đường có màu khác nhau cắt nhau tạo ra các quá trình khác

nhau, Chỉ cần nhớ 1 nguyên tắc cơ bản là giao điểm của 2 đường cho ta 1 điểm, trên đồ thị $p-i$ có thể biết được các thông số sau: p , i , v , s , x , t . Dựa vào đó ta có thể tính được công, nhiệt lượng cấp cho quá trình bất kỳ. Đồ thị chi tiết cho R12 được trình bày trên hình 2.3.



Hình 2.3.

Bài tập mẫu

2.1. Xác định các thông số của 5 kg hơi nước ở áp suất 10 bar, nhiệt độ 170°C .

Tóm tắt đầu bài: $G = 5\text{ kg}$, $p = 10\text{ bar}$, $t = 170^{\circ}\text{C}$.

Bài giải: Dùng bảng hơi nước

Tra bảng 4 theo $p = 10\text{ bar}$, ta có $t_s = 179,88^{\circ}\text{C}$.

Khi $t_s < t$ ta có trạng thái hơi quá nhiệt, nên phải tra theo bảng 5.

Theo bảng 5, ứng với hàng $p = 10\text{ bar}$ ta có:

$180^{\circ}\text{C} < t < 200^{\circ}\text{C}$, vậy phải dùng phép nội suy

Ta có bảng sau:

$p_i\text{ bar}$	$t^{\circ}\text{C}$	180	200
10	v	0,1949	0,2060
	l	2778	2827
	s	6,588	6,692
	u	2583,10	2621,00

Hay

$p_i\text{ bar}$	$t^{\circ}\text{C}$	180	197	200
10	v	0,1949	v_1	0,2060
	l	2778	i_1	2827
	s	6,588	s_1	6,692
	u	2583,10	u_1	2621,00

Ta có:

$$v_1 = 0,1949 + \frac{(197 - 180)}{(200 - 180)} (0,2060 - 0,1949) \approx 0,2043\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$i_1 = 2778 + \frac{(197 - 180)}{(200 - 180)} (2827 - 2778) = 2819,65\text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 6,588 + \frac{(197 - 180)}{(200 - 180)} (6,692 - 6,588) = 6,6764\text{ kJ/kgK}$$

$$u_1 = 2583,1 + \frac{(197 - 180)}{(200 - 180)} (2621 - 2583,1) = 2615,315\text{ kJ/kg}$$

Vì $G = 5\text{ kg}$, nên

$$V_1 = Gv_1 = 5.0,2043 = 1,0216 \text{ m}^3$$

$$I_1 = Gi_1 = 5.2819,65 = 14098,25 \text{ kJ}$$

$$S_1 = Gs_1 = 5.6,6764 = 33,382 \text{ kJ/K}$$

$$U_1 = Gu_1 = 5.2615,315 = 13076,575 \text{ kJ}$$

2.2. Xác định các thông số của 10 kg nước sôi ở áp suất 40 bar, nhiệt độ 80°C.

Tóm tắt đầu bài:

$$G = 10 \text{ kg}, p = 40 \text{ bar}, t = 80^\circ\text{C}.$$

Bài giải: Theo bảng 4 ở $p = 40 \text{ bar}$ $t_s = 250,33^\circ\text{C}$; $t = 80^\circ\text{C} < t_s$ nên phải dùng bảng nước chưa sôi – bảng 5.

Trong bảng 5 không có áp suất 40 bar nên ta phải dùng phép nội suy.

Ta có các thông số áp suất 30 bar và 80 bar.

P, bar	t°C	80
30	v	0,0010275
	i	337,0
	s	10,726
	u	333,92
40	v ₂	
	i ₂	
	s ₂	
	u ₂	
80	v	0,0010254
	i	341,2
	s	10,689
	u	333,00

Nội suy ta được

$$v_2 = 0,0010254 + \frac{(40-30)}{(80-30)}(0,0010254 - 0,0010275) = 0,0010271 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$i_2 = 337 + \frac{(40-30)}{(80-30)}(341,2 - 337) = 337,84 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 1,0726 + \frac{(40-30)}{(80-30)}(1,0689 - 1,0726) = 1,0726 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_1 = 333,92 + \frac{(40-30)}{(80-30)}(333 - 333,92) = 333,73 \text{ kJ/kg}$$

$p, \text{ bar}$	$t^{\circ}\text{C}$	80
30	v	0,0010275
	l	337,0
	s	10,726
	u	333,92
40	v	0,0010271
	l	337,840
	s	107,260
	u	333,73
80	v	0,0010254
	l	341,2
	s	10,689
	u	333,00

Kết quả cuối cùng :

$$V_2 = G.v_2 = 10. 0,0010271 = 0,010271 \text{ m}^3$$

$$I_2 = G.i_2 = 10.337,84 = 3378,4 \text{ kJ}$$

$$S_2 = G.s_2 = 10.1,0726 = 10,726 \text{ kJ/K}$$

$$U_2 = G.u_2 = 10.333,73 = 3337,3 \text{ kJ}$$

2.3. Xác định các thông số của 10 kg nước sôi ở áp suất 40 bar, nhiệt độ 90°C .

Tóm tắt đầu bài:

$$G = 10 \text{ kg}, p = 40 \text{ bar}, t = 90^{\circ}\text{C}.$$

Xác định các thông số.

Bài giải:

Với nhiệt độ 90°C ở áp suất 40 bar ta có nước chưa sôi, ta dùng bảng 5. Do không có nhiệt độ 90°C và áp suất 40 bar nên phải nội suy 2 lần: lần đầu theo áp suất và lần thứ hai theo nhiệt độ.

Ta chọn kết quả nội suy theo áp suất ở bài trên và có kết quả như sau:

p , bar	$t^{\circ}\text{C}$	100
30	v , m^3/kg	0,0010419
	i , kJ/kg	420,9
	s , kJ/kgK	13,038
	u , kJ/kgK	417,77
40	v_3	0,0010415
	i_3	421,700
	s_3	130,380
	u_3	417,54
80	v , m^3/kg	0,0010398
	i , kJ/kg	424,9
	s , kJ/kgK	12,996
	u , kJ/kgK	416,58

Kết hợp 2 kết quả trên ta được:

p , bar	t , $^{\circ}\text{C}$	80	90	100
30	v , m^3/kg	0,0010275		0,0010419
	i , kJ/kg	337,0		420,9
	s , kJ/kgK	10,726		13,038
	u	333,92		417,77
40	v_3	0,0010271		0,0010415
	i_3	337,840		421,700
	s_3	107,260		130,380
	u_3	333,73		417,54
80	v	0,0010254		0,0010398
	i	341,2		424,9
	s	10,689		12,996
	u	333,00		416,58

Hay

$p, \text{ bar}$	$t, ^\circ\text{C}$	80	90	100
40	$v \text{ m}^3/\text{kg}$	0,0010271	0,0010343	0,0010415
	$i \text{ kJ/kg}$	337,840	379,770	421,700
	$s \text{ kJ/kgK}$	107,260	11,882,000	130,380
	$u \text{ kJ/kgK}$	333,73	375,63	417,54

Nội suy tương tự như trên và nhận với khối lượng G , kg tương ứng ta được kết quả cuối cùng:

$$V_3 = 0,010343 \text{ m}^3$$

$$I_3 = 3797,7 \text{ kJ}$$

$$S_3 = 11,882 \text{ kJ/K}, U_3 = 3756,3 \text{ kJ}$$

2.4. 6 kg hơi R22 ở áp suất 1 bar có entropy 1 kJ/kgK. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, entropy tăng 1,7 lần. Lượng nhiệt Q bằng :

a) 163 kJ

b) 976 kJ

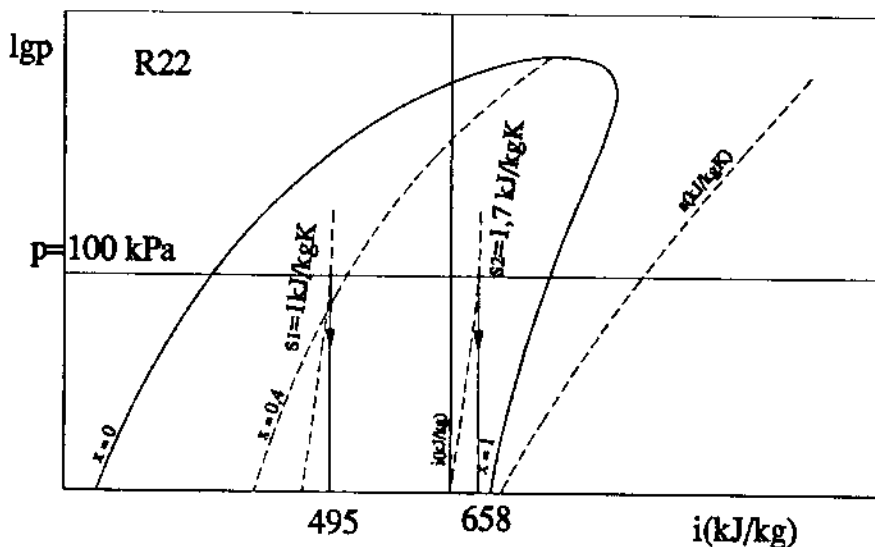
c) 4952 kJ

Tóm tắt đầu bài:

$$s_1 = 1 \text{ kJ/kgK}, p = 1 \text{ bar} = \text{const}, s_2 = 1,7 s_1 = 1,7 \text{ kJ/kgK}$$

Tra theo đồ thị R22 (đồ thị màu).

Xem hình 2.4.



Hình 2.4.

Trạng thái 1 $s_1 = 1 \text{ kJ/kgK}$; $p = 1 \text{ bar}$ hai đường s và p cắt nhau cho ta một điểm, từ đó tìm được $i_1 = 495,94 \text{ kJ/kg}$;

Trạng thái 2 $s_2 = 1,7 \text{ kJ/kgK}$; $p_2 = 1 \text{ bar}$, ta được $i_2 = 658,56 \text{ kJ/kg}$

$$Q = G(i_2 - i_1) = 6(658,56 - 495,94) = 976 \text{ kJ}$$

Chú ý: Nếu ta quên không nhân hiệu entanpy với lượng $G = 6 \text{ kg}$ thì sẽ được đáp số sai a).

2.5. Nhiệt lượng cần cấp để đốt nóng đẳng áp 20 kg nước từ trạng thái hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,1$, áp suất 20 bar, đến nhiệt độ 350°C bằng:

a) 58017,5 kJ

b) 40729 kJ

c) 225529,37 kJ

Tóm tắt đầu bài:

Ta có quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 20 \text{ bar}$ để biến hơi ẩm có độ khô $x = 0,1$ thành hơi quá nhiệt có nhiệt độ 350°C .

Lượng nhiệt cấp được tính bằng công thức: $Q = G(i_2 - i_1)$

i_2 entanpy của hơi quá nhiệt xác định theo $p = 20 \text{ bar}$, 350°C .

(Bảng 5) $i = 3134 \text{ kJ/kg}$ trạng thái hơi ẩm tra theo bảng 4 theo áp suất

i_{1x} : entanpy của hơi ẩm

$$i_{1x} = i' + x(i'' - i') = 908,5 + 0,1(2799 - 908,5) = 1097,6 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = G(i_2 - i_{1x}) = 20(3134 - 1097,6) = 40729 \text{ kJ}$$

2.6. Khi làm lạnh đẳng áp 5 kg hơi nước quá nhiệt có áp suất 1,2 bar, nhiệt độ 120°C thành hơi bão hoà ẩm, lượng nhiệt toả ra trong quá trình là 3450 kJ.

Xác định độ khô của hơi.

a) 0,68

b) 0,31

c) 0,71

Tóm tắt đầu bài:

$$p_1 = 1,2 \text{ bar} = \text{const}, Q = 3450 \text{ kJ}, t_1 = 120^\circ\text{C}, G = 5 \text{ kg}.$$

Xác định độ khô của hơi ẩm.

Bài giải:

Đây là quá trình thải nhiệt đẳng áp, với lượng nhiệt thải đã biết, muốn xác định độ khô của hơi, ta phải xác định được entanpy của hơi ở trạng thái 2, từ đó dễ dàng tìm được độ khô x .

Theo bảng 5, biết $p = 1,2 \text{ bar}$, $t = 120^\circ\text{C}$ ta được $i_1 = 2715 \text{ kJ/kg}$.

$$Q = G(i_1 - i_{2,x}) \gg i_{2,x} = i_1 - \frac{Q}{G} = 2715 - \frac{3450}{5} = 2025 \text{ kJ/kg}$$

Ở áp suất $p = 1,2 \text{ bar}$, theo bảng 4 ta được:

$$i_2' = 439,4 \text{ kJ/kg}; i_2'' = 2683 \text{ kJ/kg}.$$

$$\text{suy ra độ khô của hơi ẩm bằng } x = \frac{i_{2,x} - i'}{i'' - i'} = \frac{2025 - 439,4}{2683 - 439,4} = 0,71$$

2.7. 5kg hơi nước quá nhiệt có áp suất 100 kPa nhiệt độ 400°C bị làm lạnh đẳng áp để trở thành hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,4$. Xác định tỷ lệ giữa nhiệt ngưng tụ và nhiệt làm lạnh hơi quá nhiệt trở thành hơi bão hoà khô.

a) 2,25

b) 0,79

c) 3,65

Tóm tắt đầu bài:

$$p_1 = 100 \text{ kPa} = \text{const}, t_1 = 400^\circ\text{C}, x_2 = 0,4.$$

Bài giải:

Nhiệt ngưng tụ

$$q_1 = r = i'' - i' = 2675 - 417,4 \text{ kJ/kg}$$

$$q_2 = i_1 - i''$$

Thông số hơi quá nhiệt tra theo bảng 5: $p = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$, $t = 400^\circ\text{C}$, $i = 3278 \text{ kJ/kg}$.

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{i_1 - i''}{i'' - i'} = \frac{3278 - 417,4}{2675 - 417,4} = 2,25$$

2.8. Hơi nước chứa trong bình kín dung tích $0,5 \text{ m}^3$, áp kế chỉ $0,9 \text{ MPa}$, độ khô của hơi là $0,8$. Biết rằng áp suất khí quyển bằng 1 bar . Lượng hơi bão hoà khô chứa trong bình là.

a) 3,21 kg

b) 2,57 kg

c) 6,75 kg

Tóm tắt đầu bài:

$$V = 0,5 \text{ m}^3, \text{ hơi bão hoà ẩm } H_2O, x = 0,8, \text{ áp kế chỉ } 0,9 \text{ MPa}.$$

Xác định lượng hơi bão hoà khô.

Bài giải:

Tra theo bảng 4 theo $p = 1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$ ta được:

$$v' = 0,0011273 \text{ m}^3/\text{kg}; v'' = 0,1946 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Áp suất tuyệt đối:

$$p = p_{dt} + p_k = 0,9 \text{ MPa} + 0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$v_x = v' + x(v'' - v') = 0,0011273 + 0,8(0,1946 - 0,0011273)$$

$$= 0,01559 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$G = \frac{V}{v_x} = \frac{0,5}{0,01559} = 3,207 \text{ kg}; G_h = xG = 0,8 * 3,207 = 2,57 \text{ kg}$$

2.9. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô R12 ở áp suất ban đầu 20 kPa.
Hãy tính entanpy của R12.

a) 1246 kJ

b) 780,5 kJ

c) 623 kJ

Tóm tắt đầu bài: $G = 2 \text{ kg}$ chất R12 $p = 20 \text{ kPa}$, hơi bão hòa khô $x = 1$.

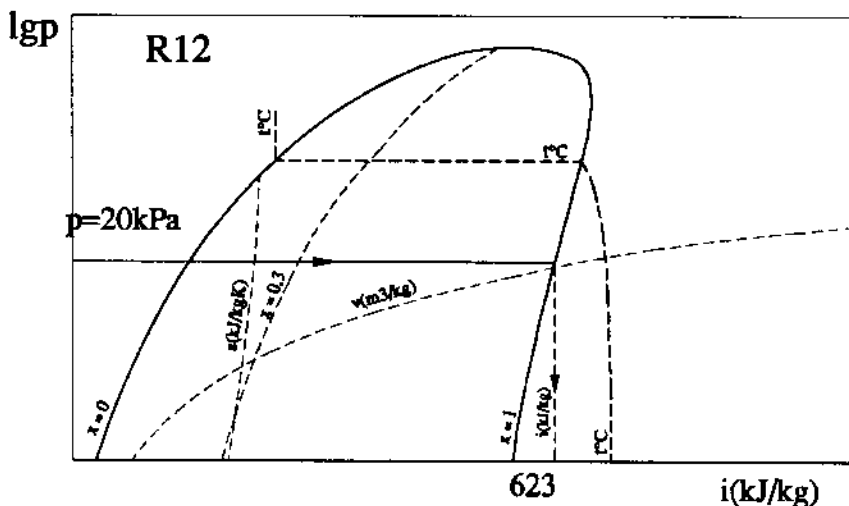
Xác định entanpy của hơi bão hòa khô R12.

Bài giải:

Trên đồ thị $\lg p-i$ (xem hình 2.5) ta xác định giao điểm của đường đẳng áp $p = 20 \text{ kPa}$ và đường $x = 1$, dóng xuống trục entanpy ta xác định được entanpy cần tìm $i = 623 \text{ kJ/kg}$.

$$I = G.i = 2.623 = 1246 \text{ kJ}$$

Lưu ý: nếu đầu bài cho lượng khí R12 thì khi tính toán ta phải tính I chứ không phải i , nếu chọn i ta sẽ có đáp án sai (đáp án c), đây là lỗi sinh viên hay gặp.



Hình 2.5.

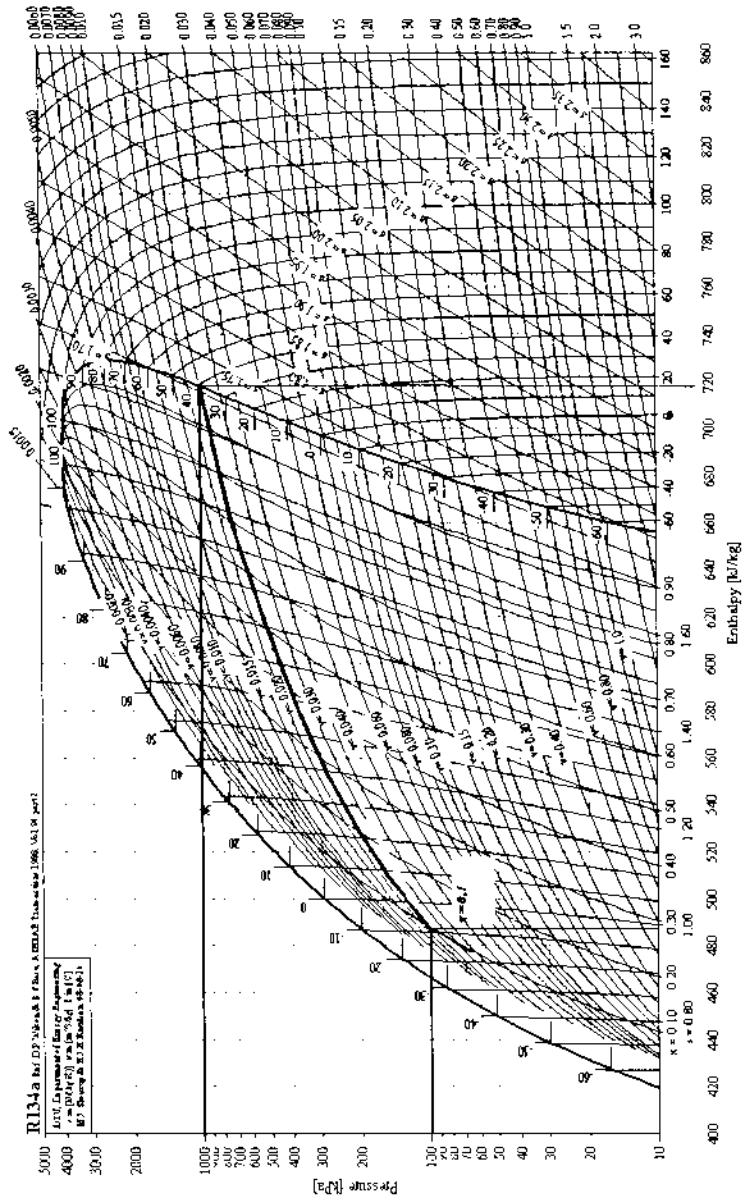
2.10. Bình kín chứa 2 kg hơi ẩm *R134a* với độ khô 0,1 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng *R134a* hóa hơi thì áp suất trong bình khi đó là bao nhiêu?

- a) 1000 kPa b) 321.7 kPa c) 218.8 kPa

Tóm tắt đầu bài:

$G = 2$ kg chất *R134a* $p = 100$ kPa, hơi bão hoà khô $x = 0,1$.

Xác định áp suất khi toàn bộ hơi trong bình là hơi bão hoà khô *R134a*.



Hình 2.6.

Bài giải:

Đây là quá trình đẳng tích vì ta có bình kín. Với 2 thông số ban đầu $x = 0,1$ và $p = 100 \text{ kPa}$ ta có thể xác định được trạng thái ban đầu của hơi ẩm. Bài này nên giải bằng đồ thị $R134a$. Xem hình 2.6. Dựa vào 2 thông số trên ta có thể xác định được trạng thái ban đầu:

$$v_1 = 0,02 \text{ m}^3/\text{kg}, i_1 = 488 \text{ kJ/kg}, s_1 = 0,957 \text{ kJ/kgK}, p_1 = 1 \text{ bar}$$

Quá trình là đẳng tích nên để tìm áp suất cuối ta cho đường $v_1 = \text{const}$ cắt đường $x = 1$, đó sẽ là trạng thái cuối $i_2 = 724,8 \text{ kJ/kg}, p_2 = 10 \text{ bar}$.

Để tính toán lượng nhiệt cần để cấp trong quá trình này ta tính theo công thức sau:

$$Q_v = G(u_2 - u_1) = G[(i_2 - i_1) - v(p_2 - p_1)]$$

$$Q_v = 2[(724,8 - 488) - 0,02(10 - 1)10^3] = 437,6 \text{ kJ}$$

2.11. Một bình kín thể tích 100 lít chứa 10 g hơi ẩm với độ khô 35%. Xác định nhiệt độ và nội năng của hơi ẩm.

Tóm tắt đầu bài: $V = 100 \text{ lít} = 0,1 \text{ m}^3$, $G = 10 \text{ g} = 0,01 \text{ kg}$, $x = 35\%$.
Tính nội năng và nhiệt độ của hơi.

Bài giải:

$$v = V/G = 0,1/0,01 = 10 \text{ m}^3/\text{kg}, v = xv'' + (1 - x)v'$$

$$v \sim xv'' \text{ hay } v'' = v/x = 10 \text{ m}^3/\text{kg} / 0,35 = 28,6 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Trong bảng 3 ta chọn hàng T có giá trị v'' nằm giữa

$$v''(T_1) < v'' < v''(T_2):$$

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ bar}$	$v', \text{ m}^3/\text{kg}$	$v'', \text{ m}^3/\text{kg}$	$u', \text{ kJ/kg}$	$u'', \text{ kJ/kg}$
30	0,04241	0,001004	32,93	125,7057	2416,344
$t, ^\circ\text{C}$			28,6		
35	0,05622	0,001006	25,24	146,5943	2423,101

Ta có Bảng (đã làm tròn)

t	$v'', \text{ m}^3/\text{kg}$	$u'', \text{ kJ/kg}$	$u', \text{ kJ/kg}$
35	25,2	2423	147
t	28,6	u''	u'
30	32,9	2416	126

Dùng phép nội suy ta được:

$$\frac{t - 30}{35 - 30} = \frac{28,6 - 32,9}{25,2 - 32,9}$$

$$t = 32,8^{\circ}\text{C}$$

Nội suy tương tự với u ta thu được:

$$u'' = 2420 \text{ kJ/kg}; u' = 138 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Nên } u_x = 0,35 \cdot 2420 + 0,65 \cdot 138 = 937 \text{ kJ/kg}$$

2.12. Một bình kín thể tích 2 m^3 chứa hơi bão hòa khô H_2O ở áp suất 14 bar. Sau một thời gian nhất định để ở ngoài trời, độ khô của hơi trong bình lúc này là 0,8. Xác định lượng nhiệt thải ra.

$$\text{a) } -5231,68 \text{ kJ} \quad \text{b) } -449,15 \text{ kJ} \quad \text{c) } -2934,71 \text{ kJ}$$

Tóm tắt đầu bài: $V = 2 \text{ m}^3$, hơi bão hòa khô $x_1 = 1$, $p_1 = 14 \text{ bar}$, $x_2 = 0,8$. Xác định lượng nhiệt thải ra.

Bài giải:

Đây là quá trình đẳng tích, lượng nhiệt thải ra chính là biến thiên nội năng. Ta sẽ dùng bảng 4 để tính toán.

Tra bảng 4 ta được theo $p = 14 \text{ bar}$, $x = 1$, $u_1'' = 2592,88 \text{ kJ/kg}$, $v'' = 0,1408 \text{ m}^3/\text{kg}$. Trước hết ta tính lượng hơi có trong bình kín

$$G = \frac{V}{v''} = \frac{2 \text{ m}^3}{0,1408 \text{ m}^3/\text{kg}} = 14,2 \text{ kg}$$

$$v_{2x} = v'' = 0,1408 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{2x} = v_2' + x_2(v_2'' - v_2') \approx x v_2'' \text{ do } v_2' < v_2'',$$

$$v_2'' = \frac{v_{2x}}{x_2} = \frac{0,1408 \text{ m}^3/\text{kg}}{0,8} = 0,176 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Trong Bảng 4 ta chọn hàng p có giá trị

$$v''(p_1) < v'' < v''(p_2):$$

$p, \text{ bar}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$v', \text{ m}^3/\text{kg}$	$v'', \text{ m}^3/\text{kg}$	$u', \text{ kJ/kg}$	$u'', \text{ kJ/kg}$
11,0	184,1	0,0011	0,1775	779,9	2585,8
p Bar			0,1760		
12,0	179,0	0,0011	0,1633	796,9	2589,0

$$\frac{p - 11}{12 - 11} = \frac{0,176 - 0,1775}{0,1633 - 0,1775} = 0,1056 \text{ bar}$$

$p_2 \approx 11,1 \text{ bar}$, *noi suy*

$$\frac{u' - 779,9}{796,9 - 779,9} = \frac{0,176 - 0,1775}{0,1633 - 0,1775} \quad u' = 781,7 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{u'' - 2585,8}{2589 - 2585,8} = \frac{0,176 - 0,1775}{0,1633 - 0,1775} \quad u'' = 2586,1 \text{ kJ/kg}$$

$$u_{2v} = u'_2 + x_2(u'' - u'_2) = 781,7 \text{ kJ/kg} - 0,8(2586,1 - 781,7) \\ = 2224,57 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta U = G\Delta u = G(u_{2v} - u_1'') = 14,2 \text{ kg}(2224,57 \text{ kJ/kg} - 2592,88 \text{ kJ/kg}) \\ = -5231,68 \text{ kJ}$$

Bài tập về nhà

2.13. 6 kg hơi R22 ở áp suất 1 bar có thể tích riêng 0,01 m³/kg. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, thể tích riêng tăng gấp 5 lần. Lượng nhiệt Q bằng :

- a) 37 kJ b) 529,6 kJ c) 222 kJ

2.14. 6 kg hơi R22 ở áp suất 0,5 bar có thể tích riêng 0,2 m³/kg. Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q , kJ, thể tích riêng giảm 2 lần. Lượng nhiệt Q bằng:

- a) -60 kJ b) -876,3 kJ c) -359,8 kJ

2.15. Một bình kín thể tích 0,03 m³/kg chứa 2 kg R22 ở áp suất 1 bar. Sau khi nhận một lượng nhiệt, áp suất của hơi tăng đến 2 bar. Hỏi lượng nhiệt cấp cho 2 kg khí nằm trong bình kín.

- a) 87,8 kJ/kg b) 81,8 kJ c) 228,3 kJ

2.16. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 1 \text{ bar}$ thể tích của 2 kg khí R22 tăng từ 0,025 m³/kg lên 0,04 m³/kg. Tính lượng nhiệt cấp cho khí R22.

- a) 29,7 kJ/kg b) 32,7 kJ c) 300 kJ

2.17. 1,5 kg hơi ẩm R22 ở nhiệt độ -15°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entanpy sau khi khí R22 nhận một lượng nhiệt là 116,1 kJ.

- a) 602,2 kJ/kg b) 576,4 kJ/kg c) 648,7 kJ/kg

2.18. Sau khi được nén đoạn nhiệt đến áp suất 7 bar, ga R22 đạt đến nhiệt độ 70°C . Nhờ thải nhiệt trong dàn ngưng tụ R22 trở thành lỏng bão hòa. Lượng nhiệt thải cho môi trường xung quanh là bao nhiêu nếu biết lưu lượng ga R22 trong máy điều hòa nhiệt độ là 2 kg/s.

- a) -240 kJ b) -480 kJ c) -540 kJ

2.19. 2 kg hơi ẩm R22 ở nhiệt độ -10°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entropy sau khi khí R22 nhận một lượng nhiệt là 157,8 kJ.

- a) 1,4 kJ/kgK b) 1,3 kJ/kgK c) 1,5 kJ/kgK

2.20. 1,3 kg hơi bão hoà khô ở R22 nhiệt độ $t_1 = 2^{\circ}\text{C}$ được hút vào máy nén và được nén đến áp suất $p_2 = 1191$ kPa. Công của máy nén sẽ bằng?

- a) 24,8 kJ/kg b) 32,2 kJ/kg c) 344,4 kJ/kg

2.21. Nếu biết công của máy nén để nén 2,5 kg hơi bão hoà khô R22 ở $t_1 = 6^{\circ}\text{C}$ đến áp suất cao là 60,25 kJ thì áp suất của hơi khi ra khỏi máy nén sẽ là bao nhiêu?

- a) 528,3 kPa b) 1320 kPa c) 502,8 kPa

2.22. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi R22 có 0,18 kg/s hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = 16^{\circ}\text{C}$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1688$ kPa. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 178,1 kW b) 32,1 kW c) 124,7 kW

2.23. Máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1459$ kPa. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 18,5 kW b) 3,3 kW c) 68,8 kW

2.24. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi R22, nếu biết nhiệt độ bay hơi 2°C và nhiệt độ ngưng tụ 30°C thì độ khô của hơi R22 sau khi tiết lưu là bao nhiêu?

- a) 0,8 b) 0,7 c) 0,2

2.25. 1,2 kg hơi ẩm R22 ở áp suất $p_1 = 20$ kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,8$. Sau khi thải đi được một lượng nhiệt Q , độ khô của hơi R22 giảm còn 0,2. Hãy tính lượng nhiệt hơi R22 thải?

- a) 187,6 kJ b) 18,9 kJ c) 0,9 kJ

2.26. Hơi ẩm $R22$ ở 20°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm có thể tích bằng $0,04\text{ m}^3$. Xác định lượng hơi bão hòa khô.

- a) 1,5259 kg b) 0,6103 kg c) 15,9656 kg

2.27. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 0,2\text{ bar}$ thể tích của 2 kg khí $R22$ tăng từ $0,06\text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,4\text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí $R22$.

- a) 174 kJ b) 137,8 kJ c) 189,1 kJ

2.28. 8 kg hơi ẩm $R22$ ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R22$ nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

2.29. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ với độ khô 0,6 với entropy ban đầu $1,4\text{ kJ/kgK}$. Tính lượng nhiệt cần cấp cho $R22$ để biến toàn bộ lỏng $R22$ thành hơi?

- a) 282,6 kJ b) 94,2 kJ c) 350,6 kJ

2.30. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ với độ khô 0,15 ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu?

- a) 282,6 kJ b) 224,6 kJ c) 309 kJ

2.31. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ với độ khô 0,15 ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì áp suất ở trạng thái cuối là bao nhiêu?

- a) 52 kPa b) 277,5 kPa c) 309 kPa

2.32. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ có entropy $1,25\text{ kJ/kgK}$ ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì áp suất ở trạng thái cuối là bao nhiêu?

- a) 70 kPa b) 292,5 kPa c) 426 kPa

2.33. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ có entropy $1,25\text{ kJ/kgK}$ ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu?

- a) 390 kJ b) 130 kJ c) 426 kJ

2.34. Tính nhiệt lượng cần cấp cho 11 kg hơi nước bão hòa ẩm ở $p = 7\text{ bar}$ và độ khô $x_1 = 0,75$ để trở thành hơi có độ khô $x_2 = 1$. Biết quá trình cấp nhiệt là quá trình đẳng áp.

- a) 5683,7 kJ b) 516,7 kJ c) 28472,84 kJ

2.35. Nhiệt lượng cần cấp để đốt nóng đẳng áp 35 kg nước từ trạng thái hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,8$, áp suất 20 bar, đến nhiệt độ 350°C bằng:

- a) 32798,98 kJ b) 713,1 kJ c) 24958,5 kJ

2.36. Bình kín thể tích 9 m^3 chứa 80 kg hơi nước ở áp suất 5 bar. Do bị làm nguội, áp suất giảm xuống còn 3 bar. Tính lượng hơi nước đã ngưng tụ trong quá trình làm nguội?

- a) 9,11 kg b) 14,74 kg c) 15,67 kg

2.37. 40 kg nước sôi ở áp suất 14 bar được đốt nóng đẳng áp tới nhiệt độ 350°C . Nhiệt của quá trình bằng:

- a) 14280 kJ b) 92680 kJ c) 174031,87 kJ

2.38. 7 kg hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,7$ được cấp nhiệt đẳng áp $p = 100 \text{ kPa}$ để trở thành hơi bão hoà khô. Tính nhiệt lượng cấp vào.

- a) 4741,8 kJ b) 1580,6 kJ c) 13052,45 kJ

2.39. Một bình chứa nước bão hoà ở áp suất 100 kPa. Thể tích của hơi gấp 2 lần thể tích của nước. Tính độ khô của hơi:

- a) 0,031 b) 0,001 c) 0,013

2.40. 180 g nước bão hoà bay hơi hoàn toàn ở áp suất 100 kPa. Xác định sự thay đổi thể tích.

- a) $0,305 \text{ m}^3$ b) $1,821 \text{ m}^3$ c) $3,305 \text{ m}^3$

2.41. 150 g nước bão hoà bay hơi hoàn toàn ở áp suất 100 kPa. Xác định lượng nhiệt cấp cho nước.

- a) 234,519 kJ b) 338,7 kJ c) 1812,924 kJ

2.42. Một bình kín thể tích 100 lít chứa hơi bão hoà khô H_2O ở áp suất 200 kPa được làm lạnh đến nhiệt độ -20°C . Phần nước trở thành băng ở nhiệt độ này là bao nhiêu?

- a) 0,011 kg b) 0,576 kg c) 0,113 kg

2.43. Một bình kín thể tích $0,002 \text{ m}^3$ chứa 0,5 kg hơi ẩm ở 150°C . Thể tích hơi chiếm là bao nhiêu?

- a) $0,00146 \text{ m}^3$ b) $0,00054 \text{ m}^3$ c) $0,01504 \text{ m}^3$

2.44. Một bình kín thể tích $0,002 \text{ m}^3$ chứa 0,5 kg hơi ẩm ở 150°C . Độ khô của hơi là bao nhiêu ?

- a) 0,0074 b) 0,0541 c) 0,0787

2.45. Hơi ẩm H_2O ở 300°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm có thể tích là $0,05\text{ m}^3$. Xác định lượng nước sôi.

- a) $0,8172\text{ kg}$ b) $0,9806\text{ kg}$ c) $8,2496\text{ kg}$

2.46. Hơi ẩm H_2O ở 260°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm có thể tích là $0,05\text{ m}^3$. Xác định lượng hơi bão hòa khô.

- a) $1,0775\text{ kg}$ b) $0,431\text{ kg}$ c) $11,6008\text{ kg}$

2.47. Một bình kín thể tích 2 m^3 chứa hơi bão hòa khô ở áp suất 14 bar. Sau một thời gian nhất định để ở ngoài trời, độ khô của hơi trong bình lúc này là 0,8. Xác định áp suất ở trạng thái cuối.

- a) $11,1\text{ bar}$ b) $2,84\text{ bar}$ c) $7,26\text{ bar}$

2.48. Entanpy của 3 kg nước sôi ở áp suất $0,5\text{ bar}$ là:

- a) $1021,8\text{ kJ}$ b) $2386,19\text{ kJ}$ c) $992,6\text{ kJ}$

2.49. Entanpy của 2 kg hơi bão hòa khô ở áp suất $0,5\text{ bar}$ là:

- a) $681,2\text{ kJ}$ b) 5290 kJ c) $3524,7\text{ kJ}$

2.50. 10 kg hơi $R12$ ở áp suất 1 bar có thể tích $0,2\text{ m}^3$. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , entropy tăng 2 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng :

- a) $271,4\text{ kJ}$ b) $5533,4\text{ kJ}$ c) $2713,5\text{ kJ}$

2.51. 10 kg hơi $R12$ ở áp suất $0,5\text{ bar}$ có thể tích 2 m^3 . Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , entropy giảm đi 2 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) $-56,5\text{ kJ}$ b) $-564,8\text{ kJ}$ c) $-2977,8\text{ kJ}$

2.52. 10 kg hơi $R12$ ở áp suất $0,5\text{ bar}$ có entropy 7 kJ/K . Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , entropy chỉ còn 3 kJ/K . Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) $-91,2\text{ kJ}$ b) -912 kJ c) $-5461,7\text{ kJ}$

2.53. Trong dàn bay hơi của tủ lạnh dùng $R12$ biết áp suất bay hơi là $219,1\text{ kPa}$, nhiệt ẩn hóa hơi ở áp suất này là $156,2\text{ kJ/kg}$. Nếu biết áp suất ngưng tụ là 600 kPa thì lưu lượng môi chất lạnh phải là bao nhiêu để đảm bảo năng suất lạnh của tủ là 3 kW ?

- a) $0,024\text{ kg/s}$ b) $0,019\text{ kg/s}$ c) $0,122\text{ kg/s}$

2.54. Một bình kín thể tích $0,03\text{ m}^3$ chứa 1 kg $R12$ ở áp suất $0,5\text{ bar}$. Sau khi nhận một lượng nhiệt, áp suất của hơi tăng đến 1 bar . Hỏi lượng nhiệt cấp cho 2 kg khí nằm trong bình kín.

- a) $27,2\text{ kJ/kg}$ b) $51,4\text{ kJ}$ c) $108,9\text{ kJ}$

2.55. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 1$ bar thể tích của 2 kg khí R12 tăng từ $0,03 \text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,05 \text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí R12.

- a) 41,5 kJ/kg b) 37,5 kJ c) 220,5 kJ

2.56. Bình ga R12 chứa 2 lít ga R12 được đặt ở ngoài trời. Nếu công suất nhiệt cấp cho bình là 1 kW thì thời gian để làm bay hơi toàn bộ lượng lỏng bão hòa R12 nói trên là bao nhiêu (ở áp suất $p = 1$ at, nhiệt ẩn hóa hơi của R12 là 165 kJ/kg).

- a) 235,714 s b) 6,061 s c) 1307,345 s

2.57. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi R12, nếu biết nhiệt độ bay hơi -6°C và nhiệt độ ngưng tụ 30°C thì độ khô của hơi R12 sau khi tiết lưu là bao nhiêu?

- a) 0,711 b) 0,21 c) 0,8

2.58. $0,015 \text{ kg}$ hơi bão hoà khô ở R12 nhiệt độ $t_1 = -6^\circ\text{C}$ được hút vào máy nén và được nén đến áp suất $p_2 = 744,3 \text{ kPa}$. Công của máy nén sẽ bằng:

- a) 28,9 kJ b) 0,4 kJ c) 264,3 kJ

2.59. Nếu biết công của máy nén để nén $2,5 \text{ kg}$ hơi bão hoà R12 khô ở $t_1 = -10^\circ\text{C}$ đến áp suất cao là $74,5 \text{ kJ}$ thì áp suất của hơi khi ra khỏi máy nén sẽ là:

- a) 396,2 kPa b) 825,7 kPa c) 380,8 kPa

2.60. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi R12 có $0,18 \text{ kg/s}$ hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -14^\circ\text{C}$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 913,6 \text{ kPa}$. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 143,4 kW b) 25,8 kW c) 100,4 kW

2.61. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi R12 có $0,025 \text{ kg/s}$ hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -20^\circ\text{C}$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1058 \text{ kPa}$. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 14,3 kW b) 3,6 kW c) 58,1 kW

2.62. 5 kg hơi ẩm R12 ở áp suất 1000 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 3 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R12 nhận.

- a) 190,8 kJ b) 63,9 kJ c) 182,9 kJ

2.63. Hơi ẩm R12 ở 20°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm có thể tích $0,05\text{ m}^3$. Xác định lượng hơi bão hòa khô R12.

- a) 1,6113 kg b) 0,6445 kg c) 17,5472kg

2.64. Hơi ẩm R12 ở nhiệt độ 25°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm R12 có thể tích là $0,05\text{ m}^3$. Xác định lượng nước sôi R12.

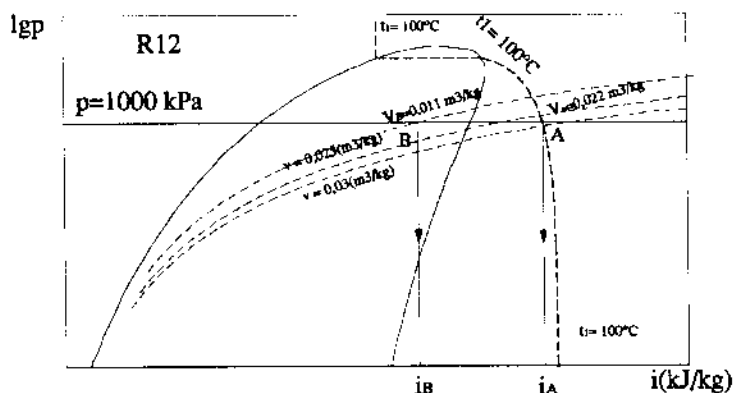
- a) 0,6149 kg b) 0,7379 kg c) 6,3256kg

2.65. 2 kg R12 ở trạng thái ban đầu 1 MPa, 100°C thải nhiệt ra môi trường xung quanh cho đến khi thể tích cuối cùng của chất khí bằng 0,5 thể tích ban đầu. Nếu bỏ qua biến thiên động năng và thế năng thì công sẽ là bao nhiêu?

- a) $-23,1\text{ kJ}$ b) $297,12\text{ kJ}$ c) $-250,286\text{ kJ}$

2.66. 2 kg R12 ở trạng thái ban đầu 1 MPa, 100°C được nén trong quá trình đẳng áp cho đến khi thể tích cuối bằng 0,5 thể tích ban đầu. Bỏ qua ngoại động năng và thế năng. Xác định lượng nhiệt trao đổi. Xem các tra các thông số trên hình 2-7.

- a) $-23,1\text{ kJ}$ b) $297,12\text{ kJ}$ c) $-231,1115\text{ kJ}$



Hình 2.7.

2.67. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 0,2\text{ bar}$ thể tích của 3 kg khí R12 tăng từ $0,04\text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,2\text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí R12.

- a) 93 kJ b) 86 kJ c) 84,6 kJ

2.68. 4 kg hơi ẩm R12 ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 4 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R12 nhận.

- a) 489,5 kJ b) 220 kJ c) 340,3 kJ

2.69. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R12$ với độ khô 0,15 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Tính áp suất trong bình khi toàn bộ lỏng $R12$ hóa hơi.

- a) 700 kPa b) 202,2 kPa c) 492,1 kPa

2.70. Bình kín chứa 2 kg hơi ẩm $R12$ với độ khô 0,15 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R12$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu ?

- a) 298 kJ b) 358,1 kJ c) 328 kJ

2.71. 10 kg hơi $R12$ ở áp suất 20 kPa có entropy 8 kJ/K. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, entropy tăng đến 16 kJ/K. Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) 1700 kJ b) 4407,4 kJ c) 9031,2 kJ

2.72. 6 kg hơi $R22$ ở áp suất 0,5 bar có entropy 1,8 kJ/kgK. Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, entropy chỉ còn 1,25 kJ/kgK. Lượng nhiệt Q bằng:

- a) -720,6 kJ b) -1526,3 kJ c) -3658,8 kJ

2.73. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R717$ có entropy 1,6 kJ/kgK ở áp suất ban đầu 200 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R717$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp cho $R717$ là bao nhiêu?

- a) 2973,1 kJ b) 942,4 kJ c) 991 kJ

2.74. Hơi bão hoà ẩm có lưu lượng 25 kg/s ở áp suất 1,2 bar, độ ẩm bằng 0,2 được đốt nóng đẳng áp đến 160°C . Nhiệt lượng cần cấp bằng:

- a) 14018 kJ b) 560,72 kJ c) 47672 kJ

2.75. 5 kg hơi nước bão hoà có độ khô $x = 1$, ở áp suất 1,2 bar, được làm lạnh đẳng áp thành hơi bão hoà có độ ẩm bằng 0,6. Xác định lượng hơi nước đã ngưng tụ.

- a) 2,01 kg b) 3 kg c) 1,9 kg

2.76. Bình kín thể tích 9 m^3 chứa 80 kg hơi nước ở áp suất 5 bar. Do bị làm nguội, áp suất giảm xuống còn 3 bar. Tính lượng hơi nước đã ngưng tụ trong quá trình làm nguội.

- a) 9,11 kg b) 14,74 kg c) 16,27 kg

2.77. Để 14 kg hơi bão hoà ẩm có áp suất 15 bar trở thành hơi bão hoà khô, người ta cấp nhiệt đẳng áp $Q = 8800$ kJ. Độ khô ban đầu của hơi bão hoà ẩm là:

- a) 0,32 b) 0,15 c) 0,68

2.78. Một bình chứa nước bão hoà ở áp suất 100 kPa. Thể tích của hơi gấp 2 lần thể tích của nước. Tính độ khô của hơi:

- a) 0,031 b) 0,001 c) 0,013

2.79. 180 g nước bão hoà bay hơi hoàn toàn ở áp suất 100 kPa. Xác định sự thay đổi thể tích.

- a) $0,305 \text{ m}^3$ b) $1,757 \text{ m}^3$ c) $3,226 \text{ m}^3$

2.80. Một bình kín thể tích 100 lít chứa hơi bão hoà khô H_2O ở áp suất 200 kPa được làm lạnh đến nhiệt độ -20°C . Phần nước trở thành băng ở nhiệt độ này là bao nhiêu?

- a) 0,03 kg b) 0,667 kg c) 0,113 kg

2.81. 10 kg hơi R12 ở áp suất 20 kPa có entropy 8 kJ/K. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, entropy tăng đến 16 kJ/K. Lượng nhiệt Q_p bằng :

- a) 1700 kJ b) 4281,2 kJ c) 9520 kJ

2.82. 4 kg hơi ẩm R12 ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 4 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R12 nhận.

- a) 489,5 kJ b) 220 kJ c) 340,3 kJ

2.83. Hơi ẩm R12 ở nhiệt độ 25°C và độ khô 0,75. Hơi ẩm R12 có thể tích là $0,05 \text{ m}^3$. Xác định lượng nước sôi R12.

- a) 0,6149 kg b) 0,7379 kg c) 6,6424 kg

2.84. Bình kín chứa 2 kg hơi ẩm R134a với độ khô 0,1 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng R134a hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu?

- a) 437,6 kJ b) 304,7 kJ c) 218,8 kJ

2.85. 1,5 kg Hơi ẩm R134a ở nhiệt độ -10°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entanpy sau khi khí R134a nhận một lượng nhiệt là 118,35 kJ.

- a) 305,2 kJ/kg b) 278,9 kJ/kg c) 260 kJ/kg

2.86. Nếu biết công của máy nén để nén 2,5 kg hơi bão hoà R134a khô ở $t_1 = -10^\circ\text{C}$ đến áp suất cao là 93 kJ thì áp suất của hơi khi ra khỏi máy nén sẽ là bao nhiêu?

- a) 521,2 kPa b) 963,5 kPa c) 500,3 kPa

2.87. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R717$, nếu biết nhiệt độ bay hơi -5°C và nhiệt độ ngưng tụ 40°C thì độ khô của hơi $R717$ sau khi tiết lưu là bao nhiêu?

- a) 0,17 b) 0,66 c) 0,93

2.88. Hơi NH_3 đi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở áp suất 50 kPa thực hiện quá trình nén đoạn nhiệt thuận nghịch đến áp suất 600 kPa sau đó được làm lạnh để biến thành hơi bão hoà có độ khô $x = 0$ và tiếp tục đi vào van tiết lưu. Năng suất lạnh tính cho 1 kg NH_3 sẽ là bao nhiêu?

- a) 630,75 kJ/kg b) 128,42 kJ/kg c) 1156 kJ/kg

2.89. 10 kg hơi $R134a$ ở áp suất 1 bar có entropy 10 kJ/K. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, entropy tăng 1,6 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng :

- a) 1480 kJ b) 3839,8 kJ c) 8651,5 kJ

2.90. 10 kg hơi $R134a$ ở áp suất 1 bar có thể tích $0,1 \text{ m}^3$. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, thể tích tăng gấp 10 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) 780 kJ b) 1000 kJ c) 5154,3 kJ

2.91. 10 kg hơi $R134a$ ở áp suất 1 bar có thể tích $0,2 \text{ m}^3$. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, entropy tăng 1,2 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng :

- a) 47,5 kJ b) 1414,6 kJ c) 475 kJ

2.92. 10 kg hơi $R134a$ ở áp suất 0,5 bar có thể tích 2 m^3 . Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, thể tích giảm đi 2 lần. Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) $-564,8 \text{ kJ}$ b) 600 kJ c) 3035,5 kJ

2.93. 10 kg hơi $R12$ ở áp suất 0,5 bar có entropy 18 kJ/K. Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q_p kJ, entropy chỉ còn 12,5 kJ/K. Lượng nhiệt Q_p bằng:

- a) $-135,2 \text{ kJ}$ b) $-1351,7 \text{ kJ}$ c) $-7819,6 \text{ kJ}$

2.94. Một bình kín thể tích $0,03 \text{ m}^3$ chứa 1 kg $R134a$ ở áp suất 0,5 bar. Sau khi nhận một lượng nhiệt, áp suất của hơi tăng đến 2 bar. Hỏi lượng nhiệt cấp cho 2 kg khí nằm trong bình kín.

- a) 77,4 kJ/kg b) 154,8 kJ c) 212,9 kJ

2.95. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 1$ bar thể tích của 2 kg khí $R134a$ tăng từ $0,025 \text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí $R134a$.

- a) 31 kJ/kg b) 34 kJ c) 0,1 kJ

2.96. 2 kg Hơi ẩm $R134a$ ở nhiệt độ -10°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK , Hãy tính entropy sau khi khí $R134a$ nhận một lượng nhiệt là $157,8 \text{ kJ}$ trong quá trình đẳng áp.

- a) $1,4 \text{ kJ/kgK}$ b) $1,3 \text{ kJ/kgK}$ c) $1,5 \text{ kJ/kgK}$

2.97. Sau khi được nén đoạn nhiệt đến áp suất 7 bar, ga $R134a$ đạt đến nhiệt độ 70°C . Nhờ thải nhiệt trong dàn ngưng tụ $R134a$ trở thành lỏng bão hòa. Lượng nhiệt thải cho môi trường xung quanh là bao nhiêu nếu biết lưu lượng ga $R134a$ trong máy điều hòa nhiệt độ là 2 kg/s .

- a) $-219,5 \text{ kJ}$ b) -439 kJ c) $-634,2 \text{ kJ}$

2.98. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R134a$, nếu biết nhiệt độ bay hơi -26°C và nhiệt độ ngưng tụ 54°C thì độ khô của hơi $R134a$ sau khi tiết lưu là bao nhiêu?

- a) 0,49 b) 0,51 c) 0,55

2.99. 2,5 kg hơi bão hoà khô ở $R134a$ nhiệt độ $t_1 = -2^\circ\text{C}$ được hút vào máy nén và được nén đến áp suất $p_2 = 770,6 \text{ kPa}$. Công của máy nén sẽ bằng?

- a) $26,8 \text{ kJ/kg}$ b) 67 kJ/kg c) $340,4 \text{ kJ/kg}$

2.100. Nếu biết công của máy nén để nén 2,5 kg hơi bão hoà $R134a$ khô ở $t_1 = -10^\circ\text{C}$ đến áp suất cao là 93 kJ thì áp suất của hơi khi ra khỏi máy nén sẽ là bao nhiêu?

- a) $521,2 \text{ kPa}$ b) $963,5 \text{ kPa}$ c) $500,3 \text{ kPa}$

2.101. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R134a$ có $0,18 \text{ kg/s}$ hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -14^\circ\text{C}$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1072 \text{ kPa}$. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) $178,1 \text{ kW}$ b) $32,1 \text{ kW}$ c) $124,7 \text{ kW}$

2.102. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R134a$ có $0,025 \text{ kg/s}$ hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -20^\circ\text{C}$, áp suất ngưng

tự của hơi là $p_2 = 1253 \text{ kPa}$, Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 17,6 kW b) 4,4 kW c) 84,2 kW

2.103. 1,5 kg hơi ẩm $R134a$ ở nhiệt độ -10°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entanpy sau khi khí $R134a$ nhận một lượng nhiệt là 118,35 kJ.

- a) 305,2 kJ/kg b) 278,9 kJ/kg c) 260 kJ/kg

2.104. 4 kg hơi ẩm $R134a$ ở áp suất 60 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 4 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R134a$ nhận.

- a) 508,5 kJ b) 268 kJ c) 359,7 kJ

2.105. Bình kín chứa 2 kg hơi ẩm $R134a$ với độ khô 0,1 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R134a$ hóa hơi thì áp suất trong bình khí đó là bao nhiêu?

- a) 1000 kPa b) 165,6 kPa c) 218,8 kPa

2.106. Bình kín chứa 2 kg hơi ẩm $R134a$ với độ khô 0,1 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R134a$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu ?

- a) 437,6 kJ b) 154,4 kJ c) 218,8 kJ

2.107. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ có entropy 1,15 kJ/kgK ở áp suất ban đầu 90 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì áp suất ở trạng thái cuối là bao nhiêu?

- a) 286,7 kPa b) 452,8 kPa c) 489 kPa

2.108. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ có entropy 1,15 kJ/kgK ở áp suất ban đầu 90 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu?

- a) 447,7 kJ b) 71,8 kJ c) 149,2 kJ

2.109. Một bình kín chứa 3,2 kg $R134a$ ở nhiệt độ ban đầu 26°C , áp suất 140 kPa. Môi chất lạnh được làm lạnh đến khi áp suất đạt 100 kPa. Xác định biến thiên entropy của môi chất lạnh.

- a) $-0,6 \text{ kJ/K}$ b) $-0,75 \text{ kJ/K}$ c) $-0,53 \text{ kJ/K}$

2.110. Hơi $R134a$ đi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở áp suất 50 kPa thực hiện quá trình nén đoạn nhiệt thuận nghịch đến áp suất 600 kPa sau đó được làm lạnh để biến thành hơi bão hoà có độ khô $x = 0$ và tiếp tục đi vào van tiết lưu. Sau khi tiết lưu độ khô $R134a$ sẽ là bao nhiêu?

- a) 0,39 b) 0,2 c) 0,35

2.111. 6 kg hơi NH_3 ở áp suất 1 bar có entropy 1 kJ/kgK. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, entropy tăng 1,7 lần. Lượng nhiệt Q bằng :

- a) 1002 kJ b) 2722,5 kJ c) 5199,5 kJ

2.112. 6 kg hơi NH_3 ở áp suất 0,5 bar có thể tích riêng 0,1 m³/kg. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, thể tích riêng tăng gấp 2 lần. Lượng nhiệt Q bằng :

- a) 420 kJ b) 1245,8 kJ c) 2464,5 kJ

2.113. 6 kg hơi NH_3 ở áp suất 0,5 bar có thể tích riêng 0,2 m³/kg. Sau khi thải một lượng nhiệt đẳng áp Q kJ, thể tích riêng giảm 2 lần. Lượng nhiệt Q bằng :

- a) -420 kJ b) -935,9 kJ c) -2327,8 kJ

2.114. 5 kg hơi NH_3 ở áp suất 0,5 bar có entropy 2 kJ/kgK. Sau khi thải một lượng nhiệt Q kJ, entropy chỉ còn 1 KJ/kgK. Lượng nhiệt Q bằng :

- a) -1150 kJ b) -2435,2 kJ c) -6264,5 kJ

2.115. NH_3 có áp suất 150 kPa, $t = 0^\circ\text{C}$ nằm trong vùng hơi quá nhiệt có thể tích riêng 0,08697 m³/kg và entanpy bằng 1469,8 kJ/kg. Nội năng của 8 kg NH_3 trên bằng bao nhiêu?

- a) 1456,8 kJ b) 11654 kJ c) 60570,6 kJ

2.116. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R717$ (NH_3), nếu biết nhiệt độ bay hơi -15°C và nhiệt độ ngưng tụ 30°C thì độ khô của hơi $R717$ (NH_3) sau khi tiết lưu là bao nhiêu?

- a) 0,16 b) 0,672 c) 0,945

2.117. 2,5 kg hơi bão hoà khô ở $R717$ (NH_3) nhiệt độ $t_1 = 8^\circ\text{C}$ được hút vào máy nén và được nén đến áp suất $p_2 = 1393$ kPa. Công của máy nén sẽ bằng?

- a) 154 kJ/kg b) 385 kJ/kg c) 2010 kJ/kg

2.118. Nếu biết công của máy nén để nén 2,5 kg hơi bão hoà $R717(NH_3)$ khô ở $t_1 = 16^\circ C$ đến áp suất cao là 365 kJ thì áp suất của hơi khi ra khỏi máy nén sẽ là bao nhiêu?

- a) 3066 kPa b) 1738 kPa c) 2920 kPa

2.119. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R717(NH_3)$ có 0,18 kg/s hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -14^\circ C$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1738$ kPa, Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 1403,5 kW b) 252,6 kW c) 982,5 kW

2.120. Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R717(NH_3)$ có 0,025 kg/s hơi bão hoà khô, hơi khi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở $t_1 = -2^\circ C$, áp suất ngưng tụ của hơi là $p_2 = 1241$ kPa. Lượng nhiệt do hơi ngưng tụ tại dàn ngưng tụ là bao nhiêu?

- a) 130,9 kW b) 335,3 kW c) 32,7 kW

2.121. Một bình kín thể tích 0,4 m³ chứa 4 kg hơi quá nhiệt $R717(NH_3)$ ở áp suất 1200 kPa, thể tích riêng bằng 0,1 m³/kg. Sau khi thải nhiệt cho môi trường xung quanh áp suất trong bình chỉ còn 400 kPa. Hãy tính lượng nhiệt môi trường nhận.

- a) 3242,8 kW b) 2922,4 kW c) 1570,1 kW

2.122. 4,4 kg hơi ẩm $R717(NH_3)$ ở áp suất 1000 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt Q , độ khô của hơi tăng gấp 3 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi NH_3 nhận.

- a) 949,5 kJ b) 513,5 kJ c) 926,6 kJ

2.123. Hơi bão hoà khô ở $R717(NH_3)$ nhiệt độ $-5^\circ C$ được nén đoạn nhiệt đến áp suất 1102 kPa. Nhiệt độ của hơi quá nhiệt sau khi được nén

- a) $197,4^\circ C$ b) $90,3^\circ C$ c) $452,2^\circ C$

2.124. Hơi bão hoà khô ở $R717(NH_3)$ nhiệt độ $-5^\circ C$ được nén đoạn nhiệt đến áp suất 1102 kPa. Nhiệt độ của hơi quá nhiệt sau khi được nén

- a) $90,3^\circ C$ b) $113,5^\circ C$ c) $469,7^\circ C$

2.125. Một bình kín thể tích 0,8 m³ chứa 4 kg hơi ẩm $R717(NH_3)$ ở áp suất 100 kPa. Sau khi nhận một lượng nhiệt từ môi trường xung quanh áp suất trong bình tăng đến 400 kPa. Hãy tính lượng lỏng $R717$ đã biến thành hơi trong bình.

- a) 0,5 kg b) 1,9 kg c) 0,6 kg

2.126. Một bình kín thể tích $0,036 \text{ m}^3$ chứa 1 kg hơi ẩm $R22$ ở 0°C . Thể tích hơi chiếm là bao nhiêu?

- a) $27,44 \text{ m}^3$ b) $35,81 \text{ m}^3$ c) $382,12 \text{ m}^3$

2.127. Hơi ẩm $R717$ ở 20°C và độ khô $0,75$. Hơi ẩm có thể tích là $0,05 \text{ m}^3$. Xác định lượng hơi bão hoà khô $R717$.

- a) $0,3335 \text{ kg}$ b) $0,1334 \text{ kg}$ c) $3,5325 \text{ kg}$

2.128. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 0,2 \text{ bar}$ thể tích của 3 kg khí $R717$ tăng từ $0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí $R717$.

- a) 1365 kJ b) $830,7 \text{ kJ}$ c) $974,6 \text{ kJ}$

2.129. 4 kg hơi ẩm $R717$ ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 4 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R717$ nhận.

- a) $587,5 \text{ kJ}$ b) 1740 kJ c) $639,1 \text{ kJ}$

2.130. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R717$ với độ khô $0,1$ ở áp suất ban đầu 100 kPa . Tính áp suất trong bình khi toàn bộ lỏng $R717$ hóa hơi.

- a) 2175 kPa b) $1431,1 \text{ kPa}$ c) $1177,7 \text{ kPa}$

2.131. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R717$ với độ khô $0,1$ ở áp suất ban đầu 100 kPa . Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R717$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là bao nhiêu?

- a) $3735,9 \text{ kJ}$ b) $903,1 \text{ kJ}$ c) $1245,3 \text{ kJ}$

2.132. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R717$ có entropy $1,6 \text{ kJ/kgK}$ ở áp suất ban đầu 200 kPa . Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R717$ hóa hơi thì áp suất ở trạng thái cuối là bao nhiêu?

- a) 1027 kPa b) 1597 kPa c) $3283,2 \text{ kPa}$

2.133. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R717$ có entropy $1,6 \text{ kJ/kgK}$ ở áp suất ban đầu 200 kPa . Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R717$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp cho $R717$ là bao nhiêu?

- a) $2973,1 \text{ kJ}$ b) $671,6 \text{ kJ}$ c) 991 kJ

CHƯƠNG 3

KHÔNG KHÍ ẨM

Nếu gọi p áp suất không khí ẩm, P_k áp suất không khí khô, p_h áp suất hơi nước.

Ta có: $p = p_k + p_h$

$$T = t_k = t_h$$

$$V = V_k = V_h$$

$$G = G_k + G_h$$

Một số công thức cơ bản của không khí ẩm

$$\rho_h = \frac{G_h}{V_h} = \frac{G_h}{V} \text{ kg/m}^3$$

$$\varphi = \frac{\rho_h}{\rho_{h\max}} = \frac{p_h}{p_{h\max}}$$

$$d = \frac{G_h}{G_k} = 0,622 \frac{p_h}{p - p_h}$$

$$I = t + d(2500 + 1,93t) \text{ kJ/kg}$$

3.1. Không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , độ ẩm tương đối 80%, áp suất 1 bar. Xác định lượng hơi nước chứa trong 100 m^3 không khí ẩm:

a) 2,42 kg

b) 1,66 kg

c) 6,03 kg

Tóm tắt đầu bài:

Không khí ẩm $t = 30^\circ\text{C}$, $p = 100 \text{ kPa}$, $\varphi = 80\%$, $V = 100 \text{ m}^3$. Tính G_h .

Bài giải:

$$T = 30^\circ\text{C}, p_s = p_{h\max} = 0,0422 \text{ bar}$$

Trước hết ta tính G_k

$$t = 30^\circ\text{C}, p_s = p_{h\max} = 0,0422 \text{ bar},$$

$$p_h = \varphi \cdot p_{h\max} = 80\% \cdot 0,0422 \text{ bar} = 0,0338 \text{ bar}$$

$$d = \frac{G_h}{G_k} = 0,622 \frac{p_h}{p - p_h} = 0,622 \frac{0,0338}{1 - 0,0338} = 0,0217 \text{ kg / kg}$$

$$G_h = d \cdot G_k = 0,0217 \cdot 111,23 \text{ kg} = 2,417 \text{ kg}$$

3.2. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ 30°C, áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

a) 7,24 %

b) 73,83 %

c) 81,72 %

Tóm tắt đầu bài:

Không khí ẩm $t = 30^\circ\text{C}$, $p = 100 \text{ kPa}$, $= 80\%$, $G = 5,1 \text{ kg}$, $G_h = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$. Tính φ .

Bài giải:

$$G_k = G - G_h,$$

$$d = \frac{G_h}{G_k} = \frac{G_h}{G - G_h} = \frac{0,1}{5,1 - 0,1} = 0,2 \text{ kg / kg}$$

$$d = \frac{G_h}{G_k} = 0,622 \frac{p_h}{p - p_h} = 0,2. \quad \frac{p_h}{p - p_h} = \frac{d}{0,622}, \quad p_h = \frac{pd}{0,622} - \frac{p_h d}{0,622}$$

$$p_h \left(1 + \frac{d}{0,622}\right) = \frac{pd}{0,622}, \quad p_h = \frac{\frac{pd}{0,622}}{\left(1 + \frac{d}{0,622}\right)} = \frac{\frac{1,0,2}{0,622}}{\left(1 + \frac{0,2}{0,622}\right)} = 0,031 \text{ bar}$$

$$\varphi = \frac{p_h}{p_{h \max}} = \frac{p_h}{p_s(t)} = \frac{0,031 \text{ bar}}{0,0422 \text{ bar}} = 73,82\%$$

3.3. Không khí ẩm có entanpy bằng 9193 kJ. Nếu cấp cho 82 kg không khí ẩm một lượng nhiệt bằng 1677,2 kJ thì nhiệt độ của không khí sẽ bằng bao nhiêu ? Biết trong 82 kg không khí ẩm có 2 kg hơi nước ?

a) 50°C

b) 31,68°C

c) 70°C

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $G = 82 \text{ kg}$, $G_h = 2 \text{ kg}$, $I_1 = 9193 \text{ kJ/kg}$, $\Delta I = 1677,2 \text{ kJ}$, $G = 82 \text{ kg}$. Tính t .

Bài giải:

$$d = \frac{G_h}{G_k} = \frac{G_h}{G - G_h} = \frac{2}{82 - 2} = 0,025 \text{ kg / kg}$$

$$I_2 = I_1 + \Delta I = 9193 \text{ kJ} + 1677,2 \text{ kJ} = 10870,2 \text{ kJ}$$

$$i_2 = \frac{I_2}{G_k} = \frac{10870,2 \text{ kJ}}{80} = 135,88 \text{ kJ/kg}$$

$$i_2 = t_2 + d(2500 + 1,93t_2) \text{ kJ/kg}$$

$$i_2 - 2500d = t_2(1 + 1,93d),$$

$$t_2 = \frac{i_2 - 2500d}{(1 + 1,93d)} = \frac{135,88 - 2500 \cdot 0,025}{(1 + 1,93 \cdot 0,025)} = 70^\circ \text{C}$$

$$i_2 = t_2 + d(2500 + 1,93t_2) \text{ kJ/kg}$$

$$i_1 = t_1 + d(2500 + 1,93t_1) \text{ kJ/kg}$$

3.4. Không khí ẩm có độ ẩm tương đối bằng 10%, độ chứa hơi bằng 22 g/kg, áp suất bằng 1 bar. Áp suất riêng phần cực đại của hơi nước bằng:

a) 972,505 kPa

b) 34,161 kPa

c) 58,318 kPa

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $\varphi = 10\%$, $d = 22 \text{ g/kg} = 0,022 \text{ kg/kg}$, $p = 1 \text{ bar}$.

Tính $p_{h\max}$.

Bài giải:

$$d = \frac{G_h}{G_k} = 0,622 \frac{p_h}{p - p_h} = 0,022 \text{ kg/kg}. \quad \frac{p_h}{p - p_h} = \frac{d}{0,622}, \quad p_h = \frac{pd}{0,622} - \frac{p_h d}{0,622}$$

$$p_h \left(1 + \frac{d}{0,622}\right) = \frac{pd}{0,622}, \quad p_h = \frac{\frac{pd}{0,622}}{\left(1 + \frac{d}{0,622}\right)} = \frac{\frac{1 \cdot 0,022}{0,622}}{\left(1 + \frac{0,022}{0,622}\right)} = 0,0341 \text{ bar}$$

$$\varphi = \frac{p_h}{p_{h\max}} \quad p_{h\max} = \frac{p_h}{\varphi} = \frac{0,0341 \text{ bar}}{10\%} = 0,341 \text{ bar}$$

3.5. Khi bị làm nguội đi 5°C nhưng vẫn chưa đạt đến trạng thái bão hoà, lượng không khí ẩm tương ứng với 1 kg không khí khô toả ra một lượng nhiệt bằng 5300J. Hãy xác định độ chứa hơi của không khí ẩm này ?

a) 0,12 g/kg

b) 0,031 g/kg

c) 2,11 g/kg

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $\Delta t = 5^\circ \text{C}$, $\Delta I = 5300 \text{ J/kg} = 5,3 \text{ kJ/kg}$.

Tính d .

Bài giải:

$$I_2 = t_2 + d(2500 + 1,93t_2) \text{ kJ/kg}$$

$$I_1 = t_1 + d(2500 + 1,93t_1) \text{ kJ/kg}$$

$$I_2 - I_1 = t_2 - t_1 + d \cdot 1,93(t_2 - t_1) \quad d = \frac{I_2 - I_1 - (t_2 - t_1)}{1,93(t_2 - t_1)} = \frac{5,3 - 5}{1,93 \cdot 5} = \frac{0,3}{1,93 \cdot 5}$$

$$d = 0,031 \text{ kg/kg}$$

3.6. Đốt nóng không khí với điều kiện áp suất không đổi, độ chứa hơi không đổi $d = 0,02 \text{ kg/kg}$ từ trạng thái 1 có độ ẩm tương đối bằng 60%, nhiệt độ t_1 đến trạng thái 2 có độ ẩm tương đối bằng 30%, nhiệt độ t_2 . Tỷ số phân áp suất bão hoà của hơi nước ứng với trạng thái 1 và trạng thái 2 là:

a) 0,5

b) 0,79

c) 0,81

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $d = 0,02 \text{ kg/kg}$, $\varphi_1 = 60\%$, $\varphi_2 = 30\%$. Tính $p_{\text{bão hoà 1}}/p_{\text{bão hoà 2}}$

Bài giải:

$$\varphi = \frac{p_h}{p_{h\max}} = \frac{p_h}{p_s(t)}$$

$$\varphi_1 = \frac{p_h}{p_{h\max 1}} = \frac{p_h}{p_s(t_1)}, \quad \varphi_2 = \frac{p_h}{p_{h\max 2}} = \frac{p_h}{p_s(t_2)}$$

$$\text{Khi } d = 0,02 \text{ kg/kg} = \text{const} \gg \gg p_h = \text{const}$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\frac{p_h}{p_{h\max 1}}}{\frac{p_h}{p_{h\max 2}}} = \frac{p_{h\max 2}}{p_{h\max 1}} = \frac{60\%}{30\%} = 2$$

$$\frac{p_{h\max 1}}{p_{h\max 2}} = 0,5$$

3.7. Không khí ẩm có nhiệt độ 50°C , áp suất 1 bar, độ ẩm tương đối 20%. Xác định nhiệt độ đọng sương:

a) 50°C

b) $21,09^\circ\text{C}$

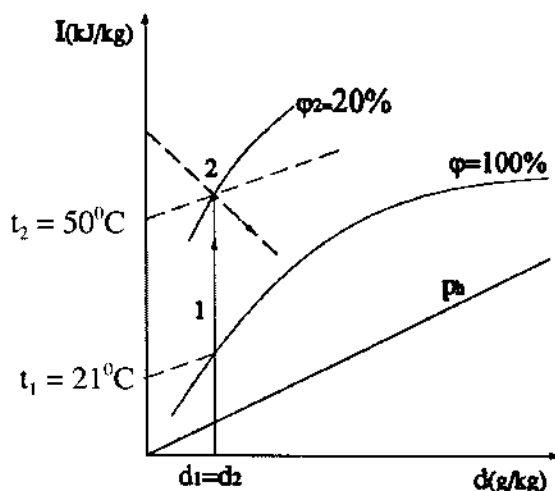
c) $45,74^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $t = 50^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 20\%$.

Tính t_{ds} .

Bài giải:



Hình 3.1.

Có 2 cách giải bài này

a) Bằng đồ thị $t-d$ (xem hình 3.1), ta cho đường t cắt đường độ ẩm tương đối φ , từ giao điểm này ta kẻ đường vuông góc với trục d ta tìm được giá trị d ; đường d cắt đường tại 1 điểm, đây chính là điểm mà khi nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ này sẽ có hiện tượng đọng sương. Ta vẽ đường đẳng nhiệt qua điểm này, đây chính là nhiệt độ đọng sương, và $t_s = 21^\circ\text{C}$.

b) Tính bằng bảng hơi nước bảng 3.

Biết $t = 50^\circ\text{C}$, ta tra được $p_{h\max} = p_s = 0,12335$ bar, $p_h = \varphi$, $p_{h\max} = 0,02467$ bar. Muốn có nhiệt độ bão hoà tại điểm này, thì áp suất $p = 0,02467$ bar sẽ là áp suất bão hoà ứng với nhiệt độ đọng sương, nên $p_{s2} = 0,02467$ bar.

Ta dùng Bảng 3, áp dụng phép nội suy, ta được $t = 21,09^\circ\text{C}$ ứng với $p_{2s} = 0,02467$ bar.

Chú ý: dùng đồ thị nhanh hơn dùng bảng, nhưng tính bằng bảng thì chính xác hơn, tuy nhiên khi giải bài toán trắc nghiệm, với giá trị đáp số đã cho, thì lời khuyên là nên dùng đồ thị.

3.8. Mỳ ống được sấy bằng không khí ẩm ở nhiệt độ 25°C và độ ẩm tương đối 50%. Không khí được đốt nóng đến nhiệt độ 90°C và đi vào buồng sấy, khi ra khỏi buồng sấy, không khí có nhiệt độ 35°C . Xác định độ ẩm tương đối của không khí khi ra khỏi buồng sấy:

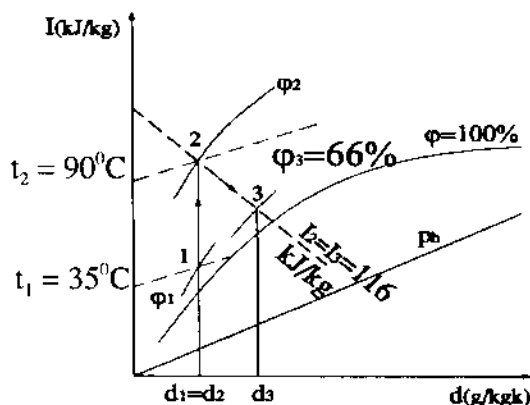
a) 60,5%

b) 66,86%

c) 73,1%

Tóm tắt đầu bài:

Không khí $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 50\%$, $t_2 = 90^\circ\text{C}$, $t_3 = 35^\circ\text{C}$. Tính φ_3 .



Hình 3.2.

Bài giải:

Bài này nên dùng đồ thị $I-d$. Xem hình 3.2.

Biết 2 thông số $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 50\%$, ta tra được $I_1 = 50 \text{ kJ/kg}$, $d_1 = 10 \text{ g/kg}$.

Vì quá trình cấp nhiệt là quá trình có độ chứa hơi không đổi $d = \text{const}$ nên cho d và $t = 90^\circ\text{C}$ cắt nhau ta được $I_2 = 116 \text{ kJ/kg}$, quá trình sấy là quá trình $I = \text{const}$, vì vậy giao điểm của đường I_2 và $t = 35^\circ\text{C}$ sẽ cho điểm 3, ta dễ dàng xác định được $\varphi_3 = 66\%$.

Bài tập về nhà:

3.9. Dòng không khí ẩm có lưu lượng 200 kg/h , nhiệt độ 50°C , độ chứa hơi 50 g/kg hỗn hợp đẳng áp với dòng không khí ẩm có lưu lượng 300 kg/h , nhiệt độ 30°C , độ chứa hơi 26 g/kg . Xác định entanpy của hỗn hợp.

- a) $129,83 \text{ kJ/kg}$ b) $27,4 \text{ kJ/kg}$ c) $190,31 \text{ kJ/kg}$

3.10. Không khí ẩm có thể tích 200 lít , độ ẩm tương đối 70% , nhiệt độ 25°C , áp suất 1 bar . Xác định lượng không khí khô có trong không khí ẩm.

- a) $2,34 \text{ kg}$ b) $0,24 \text{ kg}$ c) $0,23 \text{ kg}$

3.11. Không khí ẩm có nhiệt độ 25°C , độ chứa hơi 8 g/kg được đốt nóng rồi đưa vào buồng sấy. Sau khi sấy không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , độ chứa hơi 20 g/kg . Nhiệt lượng cần để bay hơi 1 kg nước trong vật sấy là:

- a) $335,46 \text{ kJ/kg}$ b) $3159,81 \text{ kJ/kg}$ c) 2981 kJ/kg

3.12. Không khí ẩm có độ ẩm tương đối bằng 10%, độ chứa hơi bằng 0,022 kg/kg, áp suất không khí ẩm bằng 1 bar. Áp suất riêng phần cực đại của hơi nước ứng với nhiệt độ không khí là:

- a) 0,34 bar b) 0,73 bar c) 0,87 bar

3.13. 18 kg không khí ẩm có độ chứa hơi $d = 0,02$ kg/kg khi làm nguội xuống 20°C thì lượng nước đã ngưng là bao nhiêu biết áp suất khí quyển bằng 1 bar

- a) 0,09 g b) 80,05 g c) 92,09 g

3.14. Phòng có thể tích 100 m^3 chứa không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , độ ẩm tương đối 80%, áp suất 1 bar. Xác định lượng hơi nước chứa trong không khí ẩm:

- a) 2424,25 gam b) 2002,25 gam c) 3495,89 gam

3.15. Mỳ ống được sấy bằng không khí ẩm ở nhiệt độ 25°C và độ ẩm tương đối 60%. Không khí được đốt nóng đến nhiệt độ 90°C và đi vào buồng sấy, khi ra khỏi buồng sấy, không khí có nhiệt độ 35°C . Xác định lượng nhiệt cần làm bay hơi 1 kg hơi ẩm:

- a) 3033,7 kJ b) 3555,64 kJ c) 6495,09 kJ

CHƯƠNG 4

QUÁ TRÌNH LƯU ĐÔNG VÀ TIẾT LƯU

4.1. Quá trình lưu động của khí và hơi

$$f \omega \rho = \text{const} \text{ hay } \frac{f \omega}{v} = \text{const}$$

$$a = \sqrt{k p v} = \sqrt{k R T}$$

$$M = \frac{\omega}{a}; \quad \omega d\omega = -v dp; \quad \frac{df}{f} = \frac{d\omega}{\omega} (M^2 - 1)$$

4.2. Công thức tính tốc độ tại cửa ra của ống tăng tốc

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R T \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad m/s \quad \text{cho khí lý tưởng}$$

$$\omega_2 = \sqrt{2(i_2 - i_1)}, m/s \quad \text{cho khí thực,}$$

đơn vị của entanpy: J/kg

4.3. Tốc độ tới hạn

$$\beta_k = \frac{p_k}{p_1} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\omega_k = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R T \left[1 - \beta_k^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad m/s$$

$$\omega_2 = \sqrt{2(i_2 - i_k)}, m/s$$

$$\omega_k = \sqrt{\frac{2k}{k+1} R T}$$

4.4. Lưu lượng lớn nhất

$$G_{\max} = \frac{f_2 \omega_k}{v_k}, \text{ kg/s}$$

$$G_{\max} = \frac{f_{\min} \omega_k}{v_k}, \text{ kg/s} \quad \text{ống tăng tốc hỗn hợp}$$

4.1. Không khí có áp suất 10 bar, nhiệt độ 300°C, tốc độ 100 m/s đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất sau ống là 5 bar. Xác định tốc độ không khí ra khỏi ống tăng tốc.

- a) 437,78 m/s b) 997,25 m/s c) 1006,67 m/s

Tóm tắt đầu bài:

$P_1 = 10 \text{ bar}$, $t_1 = 300^\circ\text{C}$, $w_1 = 100 \text{ m/s}$, $p_2 = 5 \text{ bar}$. Xác định w_2 .

Bài giải:

Đối với ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần, để tính tốc độ tại cửa ra của ống, phải so sánh tỷ số tăng áp với tỷ số tăng áp tối hạn để chọn công thức tính tốc độ w_2

$$\beta = \frac{p_2}{p_1} = \frac{5}{10} = 0,5 < \beta_k = 0,527 (k=1,4)$$

$$w_2 = w_k = \sqrt{\frac{2kRT}{k+1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,4 \cdot \frac{8314}{29} (300 + 273)}{1,4 + 1}} = 437,78 \text{ m/s}$$

Chú ý: Ở đây không cần để ý đến w_1 vì tốc độ lớn nhất ở cửa ra là tốc độ tới hạn, dù tốc độ ban đầu là bao nhiêu. Công thức tính w_2 nói trên là công thức dùng cho khí lý tưởng.

4.2. Hơi nước lưu động qua ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần tốc độ tại cửa ra 650 m/s, entanpy ở cửa vào bằng 2500 kJ/kg. Entanpy tại cửa ra bằng:

- a) 2288,75 kJ/kg b) 1396,76 kJ/kg c) 5203,75 kJ/kg

Tóm tắt đầu bài:

$i_1 = 2500 \text{ kJ/kg}$, $w_2 = 650 \text{ m/s}$. Xác định i_2 .

Bài giải:

$$w_2 = \sqrt{2(i_1 - i_2) + \omega_1^2} \Rightarrow$$

$$(i_1 - i_2) = \frac{\omega_2^2}{2} - \frac{\omega_1^2}{2} \approx \frac{\omega_2^2}{2}$$

$$i_2 = i_1 - \frac{\omega_2^2}{2} = 2500 * 1000 - \frac{650^2}{2}$$

$$= 2288750 \text{ J / kg} = 2288,75 \text{ kJ / kg}$$

4.3. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar, nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần được giãn nở đoạn nhiệt tới trạng thái có entanpy bằng 3143 kJ/kg. Biết rằng tốc độ khi vào ống không đáng kể, tốc độ tại cửa ra là:

- a) 632,456 m/s b) 910,946 m/s c) 1059,13 m/s

Tóm tắt đầu bài:

Hơi quá nhiệt $p = 30 \text{ bar}$, $t = 450^\circ\text{C}$, $i_2 = 3143 \text{ kJ/kg}$, $w_1 = 0 \text{ m/s}$. Xác định w_2 .

Bài giải: Tra Bảng 5 ta được $i_1 = 3343 \text{ kJ/kg}$

$$w_2 = \sqrt{2(i_1 - i_2) + \omega_1^2} \Rightarrow$$

$$\omega_2 = \sqrt{2(3343 - 3143) * 1000} = 632,46 \text{ m / s}$$

4.4. (MS: 091001).

Hơi nước có áp suất 30 bar, nhiệt độ 400°C lưu động qua ống tăng tốc nhỏ dần vào môi trường có áp suất 20 bar. Biết thể tích của hơi và đường kính của ống khi ra là 0,1358 m³/kg và 15 mm. Xác định lượng hơi qua ống:

- a) 0,198 kg/s b) 1352,21 kg/s c) 0,289 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Hơi quá nhiệt $p = 30 \text{ bar}$, $t = 400^\circ\text{C}$, $i_1 = 3229 \text{ kJ/kg}$, $s_1 = 6,916$, $v_2 = 0,1358 \text{ m}^3/\text{kg}$, $d_2 = 15\text{mm} = 0,015 \text{ m}$. Quá trình lưu động là đoạn nhiệt, nên $s_1 = s_2$, với $p_2 = 20 \text{ bar}$, ta tra được $i_2 = 3115 \text{ kJ/kg}$. Xác định G_2 .

Bài giải:

Đối với ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần, để tính tốc độ tại cửa ra của ống, phải so sánh tỷ số tăng áp với tỷ số tăng áp tới hạn để chọn công thức tính tốc độ w_2

$$\beta = \frac{p_2}{p_1} = \frac{20}{30} = 0,666 > \beta_k = 0,527 (k = 1,4)$$

$$\omega_2 = \sqrt{2(i_1 - i_2) + \omega_1^2} \Rightarrow \omega_2 \approx \sqrt{2(i_1 - i_2)}$$

$$\omega_2 = \sqrt{2(3229 - 3115) * 1000} = 477,49 \text{ m / s}$$

$$G_2 = \frac{\omega_2 f_2}{v_2} = \frac{\omega_2 \frac{\pi}{4} d_2^2}{v_2} = \frac{\omega_2 \pi d_2^2}{4 v_2}$$

$$= \frac{477,49 \cdot 0,015^2}{4 \cdot 0,1358} = 0,1977 \text{ kg/s}$$

4.5. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,95 đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất ra 1 bar. Xác định tốc độ tại cửa ra:

- a) 222,84m/s b) 469,46m/s c) 996,59 m/s

Tóm tắt đầu bài:

Hơi ẩm $p = 22 \text{ bar}$, $x = 0,95$, $P_2 = 1 \text{ bar}$. Xác định w_2 .

Bài giải:

$$\beta = \frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{22} = 0,045 < \beta_k = 0,55$$

$$w_2 = w_k = \sqrt{2(i_1 - i_k)}$$

Ta xác định các thông số ban đầu:

$$P_1 = 22 \text{ bar}, i_1' = 930,9 \text{ kJ/kg}, i''_1 = 2801,$$

$$i_{1x} = 930,9 + 0,95(2801 - 930,9) = 2707,49 \text{ kJ/kg}$$

$$P_2 = 1 \text{ bar}, s_1' = 2,492, s''_1 = 6,305,$$

$$s_{1x} = 2,492 + 0,95(6,305 - 2,492) = 6,114 \text{ kJ/kgK}$$

Quá trình lưu động là đoạn nhiệt nên $s_2 = s_{1x} = 6,114 \text{ kJ/kgK}$

$$p_k = p_1 \beta_k = 22 \cdot 0,55 = 12,1 \text{ bar}$$

Biết $p_k = 12,1 \text{ bar}$ và $s_2 = 6,114 \text{ kJ/kgK}$

Ta tra nội suy được $i_k = 2597,3 \text{ kJ/kg}$, $v_k = 0,1469 \text{ m}^3/\text{kg}$.

$$w_2 = w_k = \sqrt{2(i_1 - i_k)}$$

$$w_2 = \sqrt{2(i_1 - i_k)} = \sqrt{2(2707,49 - 2597,3)1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

$$= 469,46 \text{ m/s}$$

Bài tập về nhà:

4.6. Khí CO_2 có áp suất 10 bar, nhiệt độ 300°C , tốc độ 100 m/s đi vào ống phun nhỏ dần, áp suất sau ống phun là 5 bar. Xác định tốc độ khí CO_2 ra khỏi ống phun.

- a) 427,45 m/s b) 349,85 m/s c) 814,45 m/s

4.7. Không khí có áp suất tuyệt đối 10 bar, nhiệt độ 300°C qua ống tăng tốc, áp suất sau ống phun là 5 bar. Xác định tốc độ không khí ra khỏi ống phun:

- a) 441,52 m/s b) 437,78 m/s c) 700,01 m/s

4.8. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar, nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần. Tốc độ tại cửa ra bằng bao nhiêu nếu biến thiên entanpy trong ống bằng 143 kJ/kg.

- a) 16,92 m/s b) 602,94 m/s c) 534,79 m/s

4.9. Một dòng khí có áp suất 10 bar, nhiệt độ 127°C giãn nở đoạn nhiệt qua ống tăng tốc nhỏ dần tới áp suất 4 bar. Biết hằng số chất khí $R = 300 \text{ J/kgK}$ và số mũ đoạn nhiệt $k = 1,5$. Tốc độ khí tại cửa ra bằng:

- a) 379,473 m/s b) 364,574 m/s c) 782,616 m/s

4.10. Không khí ra khỏi ống phun tăng tốc nhỏ dần có tốc độ 250 m/s, đường kính cửa ra là 50 mm. Xác định lưu lượng không khí (m^3/s):

- a) 490625 m^3/s b) 0,491 m^3/s c) 0,712 m^3/s

4.11. Không khí có áp suất 9 bar nhiệt độ 300°C , tốc độ 100 m/s đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất sau ống là 5 bar. Xác định tốc độ không khí ra khỏi ống tăng tốc:

- a) 316,767 m/s b) 356,451 m/s c) 433,325 m/s

4.12. Một kg CO_2 có nhiệt độ 850°C đi vào ống tăng tốc, áp suất cửa ra bằng 0,25 áp suất cửa vào. Tốc độ CO_2 ở cửa ra bằng:

- a) 489,77 m/s b) 747,54 m/s c) 862,64 m/s

4.13. Nước ở nhiệt độ 80°C , áp suất 1 bar tiết lưu từ tới áp suất 0,04 bar. Độ ẩm của H_2O sau tiết lưu bằng:

- a) 0,088 b) 0,354 c) 0,912

4.14. Hơi nước chuyển động qua ống tăng tốc nhỏ dần. Tốc độ ở cửa ra bằng 300 m/s. Entanpy của hơi thay đổi là:

- a) 450 kJ/kg b) 62,438 kJ/kg c) 45 kJ/kg

4.15. Không khí có áp suất 10 bar, nhiệt độ 300°C , tốc độ 100 m/s đi vào ống phun nhỏ dần, áp suất sau ống phun là 5 bar. Xác định tốc độ không khí ra khỏi ống phun.

- a) 437,78 m/s b) 657,93 m/s c) 465,4 m/s

4.16. Sau khi đã tiết lưu đoạn nhiệt, hơi nước có áp suất $p = 1$ bar và nhiệt độ bằng 140°C . Trước khi tiết lưu hơi nước có áp suất bằng 10 bar. Tính độ khô của hơi nước trước khi tiết lưu.

- a) 0,01 b) 0,43 c) 0,99

4.17. Khí CO_2 có nhiệt độ bằng 72°C , áp suất 7 bar được lưu động đoạn nhiệt qua ống tăng tốc có tiết diện thu hẹp dần để vào môi trường có áp suất 2 bar. Tính tốc độ khí CO_2 tại cửa ra.

- a) 124 m/s b) 271,5 m/s c) 118,5 m/s

4.18. Hơi nước lưu động qua ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần tốc độ tại cửa ra 650 m/s, entanpy ở cửa vào bằng 2500 kJ/kg. Entanpy tại cửa ra bằng:

- a) 1026,87 kJ/kg b) 2288,75 kJ/kg c) 2080,15 kJ/kg

4.19. Hơi nước lưu động qua ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần. Entanpy giảm 279 kJ/kg. Tốc độ tại cửa ra:

- a) 23,62 m/s b) 746,99 m/s c) 642,19 m/s

4.20. Không khí có áp suất tuyệt đối 6 bar, nhiệt độ 200°C qua ống phun tăng tốc, áp suất sau ống phun là 5 bar. Xác định tốc độ khí ra khỏi ống phun:

- a) 219,5 m/s b) 99,82 m/s c) 150,97 m/s

4.21. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar, nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần được giãn nở đoạn nhiệt tới trạng thái có entanpy bằng 3143 kJ/kg. Biết rằng tốc độ khi vào ống không đáng kể, tốc độ tại cửa ra là:

- a) 632,46 m/s b) 823,8 m/s c) 636,69 m/s

4.22. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,95 đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất ra 1 bar. Xác định tiết diện cửa ra nếu biết lưu lượng là 3 kg/s :

- a) $9,39\text{cm}^2$ b) $17,76\text{cm}^2$ c) $0,01\text{cm}^2$

4.23. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,9 đi vào ống tăng tốc Laval áp suất ra 1 bar. Xác định tốc độ tại cửa ra :

- a) 182,7 m/s b) 1070 m/s c) 187,43 m/s

4.24. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,9 đi vào ống tăng tốc Laval áp suất ra 1 bar. Xác định tiết diện cửa ra nếu biết lưu lượng là 2,8 kg/s :

- a) $37,22\text{cm}^2$ b) $182,7\text{cm}^2$ c) $69,39\text{cm}^2$

CHƯƠNG 5

MÁY NÉN KHÍ

$$L_{mn} = -\frac{np_1V_1}{n-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]; \quad L_{mn} = -\frac{nG_1RT_1}{n-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$$L_{mcap_{mn}} = m.L^{1cap}_{mn} = -m \frac{np_1V_1}{n-1} \left[\pi^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

trong đó $\pi = \sqrt[n]{\frac{p_c}{p_d}}$; m số cấp

5.1. Mỗi giờ cần nén 100 kg không khí từ áp suất 1 bar, nhiệt độ 27°C lên áp suất 10 bar trong máy nén piston lý tưởng. Hãy xác định công suất của máy nén, biết số mũ đa biến của quá trình bằng 1,25.

a) -6986,78 W b) -13763,0 W c) -73740,38 W

Tóm tắt đầu bài:

Lượng khí cần nén $G = 100 \text{ kg/h} = 100/3600 \text{ kg/s}$, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $p_2 = 10 \text{ bar}$, $n = 1,25$, quá trình nén đa biến. Tính công suất của máy nén.

Bài giải:

Công của máy nén tức là công kỹ thuật trong quá trình nén nào đó, áp dụng công thức tính công kỹ thuật trong quá trình nén đa biến ta được:

$$L_{mn} = \frac{n}{n-1} GRT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$$

$$L_{mn} = \frac{n}{n-1} G \frac{8314}{\mu} T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$$

$$L_{mn} = \frac{1,25}{(1,25-1)} \frac{100}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{8314}{29} \frac{\text{J}}{\text{kgK}} 300\text{K} \left[1 - \left(\frac{10}{1} \right)^{\frac{1,25-1}{1,25}} \right]$$

$$= -6986,78 \text{ W}$$

Chú ý: Cần để ý đến lượng khí nén trong 1 h, nếu ta quên điều này, thì giá trị công sẽ tăng 3600 lần. Đây là lỗi sinh viên hay gặp phải.

5.2. Không khí vào máy nén khí đoạn nhiệt 2 cấp có áp suất 1 bar, nhiệt độ 27°C. Khí thoát ra khỏi cấp nén thứ nhất, có áp suất 6 bar, được làm mát đẳng áp xuống nhiệt độ bằng 27°C. Sau đó khí được nén đến áp suất 36 bar ở cấp nén thứ 2. Xác định công suất lý thuyết của máy nén, biết lưu lượng khí vào máy nén là 0,02 kg/s.

- a) -724,456 W b) -8049,511 W c) -5905,629 W

Tóm tắt đầu bài:

Máy nén 2 cấp, không khí, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $p_2 = 6 \text{ bar}$, quá trình nén đoạn nhiệt $k = 1,4$, $p_3 = 36 \text{ bar}$. Tính công suất lý thuyết của máy nén biết $G = 0,02 \text{ kg/s}$.

Bài giải:

Đây là máy nén 2 cấp tỷ số tăng áp ở từng cấp là $\pi = 6$, số cấp $m = 2$.

$$L_{mn} = \frac{m \cdot k}{k-1} G R T_1 \left[1 - (\pi)^{\frac{k-1}{k}} \right]$$

$$L_{mn} = L_{mn} = \frac{m \cdot k}{k-1} G \frac{8314}{\mu} T_1 \left[1 - (\pi)^{\frac{k-1}{k}} \right]$$

$$L_{mn} = \frac{2 \cdot 1,4}{(1,4-1)} 0,02 \frac{8314}{29} 300 \left[1 - (6)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right] = -8049,51 \text{ W}$$

5.3. Lưu lượng khí N_2 vào máy nén khí 2 cấp là 1400 kg/h. Nhiệt độ vào và ra mỗi cấp tương ứng là 27°C và 127°C. Xác định công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian nếu coi quá trình làm mát là quá trình đẳng áp.

- a) 140000 kW b) 40,694 kW c) 23,784 kW

Tóm tắt đầu bài:

Máy nén 2 cấp, khí N_2 $G = 1400 \text{ kg/h} = 1400/3600 \text{ kg/s}$, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $t_2 = 127^\circ\text{C}$, quá trình làm mát trung gian là đẳng áp. Tính công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian.

Bài giải:

Trong máy nén 2 cấp, trong thiết bị làm mát trung gian, khí nén được làm mát xuống đến nhiệt độ vào ban đầu của cấp nén thứ nhất, nghĩa là khí Nitơ được làm mát từ nhiệt độ 127°C xuống nhiệt độ 27°C. Công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian chính là lượng nhiệt khí Nitơ thải ra:

$$Q_{mn} = GC_p(t_2 - t_1) = \frac{1400}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{29,3}{28} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (127 - 27) \text{K} \\ = 40,69 \text{ kW}$$

5.4. Máy nén không khí 3 cấp, các cấp có cùng tỷ số nén π và số mũ đa biến $n = 1,2$, áp suất đầu bằng 1 at, áp suất cuối bằng 27 at. Nhiệt độ không khí vào mỗi cấp nén bằng 27°C, lưu lượng bằng 200 kg/h. Tổng lượng nhiệt toả ra trong các bình làm mát trung gian (coi nhiệt dung riêng của không khí $C_p = 1 \text{ kJ/kgK}$) là:

- a) 24112,435 kW b) 10,37 kW c) 6,698 kW

Tóm tắt đầu bài:

Máy nén 3 cấp $m = 3$, không khí $G = 200 \text{ kg/h} = 200/3600 \text{ kg/s}$, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $p_4 = 27 \text{ bar}$, quá trình làm mát trung gian là đẳng áp. Tính công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian.

Bài giải:

$$\pi = \sqrt[n]{\frac{p_4}{p_1}} = \sqrt[1,2]{\frac{27}{1}} = 3, \quad \frac{T_2}{T_1} = \pi^{\frac{n-1}{n}} = 3^{\frac{1,2-1}{1,2}}$$

$$T_2 = T_1(27 + 273)3^{\frac{1,2-1}{1,2}} = 360,3 \text{ K}$$

$$Q_{mn} = (m-1)GC_p(T_2 - T_1) \\ = 2 * \frac{200}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{29,3}{29} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (360,3 - 300) \text{K} = 6,698 \text{ kW}$$

Chú ý: Vì máy nén 3 cấp nên sẽ có 2 bình làm mát trung gian, vì vậy lượng nhiệt cần phải nhận với $(m-1)$ lần, tức là 2 lần.

5.5. Công nén để tiến hành nén đoạn nhiệt 24 kg/ph không khí từ $p_1 = 100 \text{ kPa}$, 22°C lên áp suất cao hơn là 38 kW. Nếu coi quá trình nén là thuận nghịch thì nhiệt độ cuối là bao nhiêu:

- a) 154,55°C b) 241,9°C c) 143,46°C

Tóm tắt đầu bài:

Máy nén 1 cấp, không khí $G = 24 \text{ kg/phút} = 24/60 \text{ kg/s}$, $p_1 = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 22^\circ\text{C}$, $T_1 = 295 \text{ K}$, $N = -38 \text{ kW}$, quá trình nén đoạn nhiệt. Tính nhiệt độ cuối quá trình nén.

Bài giải:

$$N_{mn} = \frac{k}{k-1} GRT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = \frac{k}{k-1} GRT_1 \left[1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right] = \frac{k}{k-1} GR[T_1 - T_2]$$

$$N_{mn} = \frac{k}{k-1} G \frac{8314}{\mu} (T_1 - T_2), \quad (T_1 - T_2) = \frac{N_{mn} \mu (k-1)}{G * 8314 * k}$$

$$(T_1 - T_2) = \frac{-38000 * 29(1,4 - 1)}{\frac{24}{60} * 8314 * 1,4} = -132,54 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 + 132,54 = 295 + 132,54 = 427,54 \text{ K}$$

5.6. Khí O_2 đi vào máy nén hai cấp ở nhiệt độ 300 K và áp suất 100 kPa và được nén đến áp suất 900 kPa . Nếu coi tỷ số tăng áp ở từng cấp là như nhau và một lượng nhiệt 80 kW được khí O_2 thải ra giữa 2 cấp nén. Giả thiết hiệu suất nén đoạn nhiệt của máy nén là $0,85$ thì công suất của máy nén là bao nhiêu ?

a) $-625494,24 \text{ W}$ b) $-1226219,58 \text{ W}$ c) $-509489,2 \text{ W}$

Tóm tắt đầu bài:

Máy nén 2 cấp, O_2 , $p_1 = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 22^\circ\text{C}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $Q = -80 \text{ kW}$. Hiệu suất nén đoạn nhiệt $\psi = 0,85$. Tính công suất máy nén.

Bài giải:

$$\pi = \sqrt[2]{\frac{p_3}{p_1}} = \sqrt[2]{\frac{900}{100}} = 3, \quad \frac{T_2}{T_1} = \pi^{\frac{n-1}{n}} = 3^{\frac{1,4-1}{1,4}}$$

$$T_2 = 3003^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 330,27 \text{ K}$$

$$Q_{mn} = (m-1)GC_p(T_2 - T_1)$$

$$= 1 * G \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{29,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}}}{32 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} (330,27 - 300) \text{ K} = 80 \text{ kW}$$

$$G = 2,643 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{m}} &= \frac{k}{k-1} G R T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \\ &= \frac{k}{k-1} G R T_1 \left[1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right] = \frac{k}{k-1} G R [T_1 - T_2] \\ N_{\text{m}} &= \frac{k}{k-1} G \frac{8314}{\mu \psi} (T_1 - T_2) \\ &= \frac{1,4}{1,4-1} 2,643 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{8314}{32 \cdot 0,85} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (300 - 330,27) \text{K} \\ &= -625494,24 \text{ W} \end{aligned}$$

Bài tập về nhà:

5.7. Khí O_2 đi vào máy nén hai cấp ở nhiệt độ 300 K và áp suất 100 kPa và được nén đến áp suất 900 kPa. Nếu coi tỷ số tăng áp ở từng cấp là như nhau và một lượng nhiệt 80 kW được khí O_2 thải ra giữa 2 cấp nén. Giả thiết hiệu suất nén đoạn nhiệt của máy nén là 0,85 thì công suất của máy nén trong trường hợp trên sẽ là bao nhiêu ?

- a) -625494,24W b) -889053,04W c) -177632,37 W

5.8. Không khí vào máy nén khí đoạn nhiệt 2 cấp có áp suất 1 bar, nhiệt độ 27°C. Khí thoát ra khỏi cấp nén thứ nhất, có áp suất 5 bar, được làm mát đẳng áp xuống nhiệt độ bằng 27°C. Sau đó khí được nén đến áp suất 5 bar ở cấp nén thứ 2. Xác định công suất lý thuyết của máy nén, biết lưu lượng khí vào máy nén là 0,05 kg/s.

- a) -622,902 W b) -11692,901W c) -6921,138 W

5.9. Một máy nén có năng suất 7 kg/s, không khí hút vào máy nén có nhiệt độ 20°C, áp suất 100 kPa được nén đa biến ($n = 1,3$) đến áp suất 0,8 MPa. Nhiệt toả ra trong quá trình nén:

- a) -20,71 kW b) -303,44 kW c) -91,5 kW

5.10. Máy nén khí O_2 hai cấp; ở mỗi cấp ta đều có nhiệt độ oxy khí vào máy nén là 27°C; khí ra khỏi máy nén là 127°C. Quá trình nén có số mũ đa biến $n = 1,25$. Nếu năng suất của máy nén bằng 1000 kg/h thì công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian (làm mát đẳng áp và coi $C_p = 1 \text{ kJ/kgK}$) bằng bao nhiêu?

- a) 27,778 kW b) 37,889 kW c) 20,651 kW

5.11. Máy nén thực hiện nén đoạn nhiệt không khí có nhiệt độ 20°C , áp suất 100 kPa tới áp suất 1 MPa. Năng suất của máy nén tính tại đầu hút là $20 \text{ m}^3/\text{phút}$. Tính công suất của máy nén.

- a) $-91,208 \text{ kW}$ b) $-122,738 \text{ kW}$ c) $-108,581 \text{ kW}$

5.12. Máy nén không khí 2 cấp, áp suất đầu 1 at, áp suất cuối 36 at, nén đa biến $n = 1,3$, nhiệt độ ban đầu 27°C . Tổng nhiệt của các quá trình nén là:

- a) $-73,809 \text{ kJ/kg}$ b) $-79,88 \text{ kJ/kg}$ c) $-36,905 \text{ kJ/kg}$

5.13. Công nén để tiến hành nén đoạn nhiệt 24 kg/phút không khí từ 102 kPa, $26,6^{\circ}\text{C}$ lên áp suất cao hơn là 45,1 kW. Nếu coi quá trình nén là thuận nghịch thì áp suất cuối là bao nhiêu:

- a) 310,97 kPa b) 446,81 kPa c) 815,68 kPa

5.14. 24 kg/phút CO_2 được nén đoạn nhiệt từ 35°C , $p = 107,2 \text{ kPa}$ đến khi áp suất tăng 7 lần. Tính công của máy nén:

- a) $-40,83 \text{ kW}$ b) $-57,18 \text{ kW}$ c) $-131,215 \text{ kW}$

5.15. Một máy nén một phút nén được $112,8 \text{ m}^3$ Nitơ từ áp suất $p_1 = 97,2 \text{ kPa}$, $26,7^{\circ}\text{C}$ đến áp suất $p_2 = 310,3 \text{ kPa}$. Hãy tính nhiệt độ cuối nếu quá trình nén là đoạn nhiệt:

- a) $155,209^{\circ}\text{C}$ b) $144,561^{\circ}\text{C}$ c) $372,35^{\circ}\text{C}$

5.16. Một máy nén một phút nén được 100 m^3 Nitơ từ áp suất $p_1 = 90 \text{ kPa}$, 27°C đến áp suất $p_2 = 330 \text{ kPa}$. Hãy tính nhiệt độ cuối nếu quá trình nén là đa biến $n = 1,34$.

- a) $452,123^{\circ}\text{C}$ b) $144,152^{\circ}\text{C}$ c) $372,35^{\circ}\text{C}$

5.17. Một máy nén một phút nén được 60 m^3 Nitơ từ áp suất $p_1 = 100 \text{ kPa}$, 25°C đến áp suất $p_2 = 400 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đa biến $n = 1,34$.

- a) $-177,05 \text{ kW}$ b) $-16,61 \text{ kW}$ c) $-562,86 \text{ kW}$

5.18. Một máy nén một phút nén được 110 m^3 O_2 từ áp suất $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $26,7^{\circ}\text{C}$ đến áp suất $p_2 = 600 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đẳng nhiệt.

- a) $-221,013 \text{ kW}$ b) $-328,489 \text{ kW}$ c) $-586,532 \text{ kW}$

5.19. Một máy nén một phút nén được $100 \text{ m}^3 \text{ N}_2$ từ áp suất $p_1 = 90 \text{ kPa}$, 27°C đến áp suất $p_2 = 330 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đoạn nhiệt.

- a) $-235991,34 \text{ W}$ b) $-129701,13 \text{ W}$ c) $-433101,59 \text{ W}$

5.20. Một máy nén một phút nén được $110 \text{ m}^3 \text{ N}_2$ từ áp suất $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $26,7^\circ\text{C}$ đến áp suất $p_2 = 600 \text{ kPa}$. Hãy tính công suất của máy nén nếu quá trình nén là đẳng nhiệt.

- a) $-328,49 \text{ kW}$ b) $-19,71 \text{ kW}$ c) $-586,53 \text{ kW}$

CHƯƠNG 6

CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG

6.1. Các khái niệm cơ bản

$$l_0 = \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n l_{kt,i}$$

$$l_0 = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n l_{kt,i}$$

máy lạnh và bơm nhiệt: $|l_0| = |q_1| - q_2$

động cơ nhiệt: $|l_0| = q_1 - |q_2|$

Hiệu suất của chu trình nhiệt động

máy lạnh: $\varepsilon = \frac{q_2}{|l_0|} = \frac{q_2}{|q_1| - q_2}$

bơm nhiệt: $\varphi = \frac{q_1}{|l_0|} = \frac{q_1}{|q_1| - q_2} = \frac{q_2 + |l_0|}{|l_0|} = \frac{q_2 + l_0}{l_0} = \varepsilon + 1$

động cơ nhiệt: $\eta_t = \frac{l_0}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1}$

6.2. Chu trình Cárnot

Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{|q_1| - q_2} = \frac{T_2 (s_c - s_d)}{T_1 (s_b - s_a) - T_2 (s_c - s_d)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}$$

Hệ số bơm nhiệt:

$$\varphi = \frac{|q_1|}{|q_1| - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_1}} = \varepsilon + 1$$

Hiệu suất nhiệt:

$$\eta = \frac{l}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

6.3. Các chu trình chất khí

6.3.1. Chu trình động cơ đốt trong

Chu trình cấp nhiệt đẳng tích (Otto)

$$\text{Hệ số nén } \varepsilon = \frac{v_1}{v_2} ;$$

$$\text{Tỷ số tăng áp } \lambda = \frac{p_3}{p_2} ;$$

$$\text{Hiệu suất nhiệt } \eta_i^v = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} .$$

Chu trình cấp nhiệt đẳng áp (Diesel)

$$\text{Hệ số nén } \varepsilon = \frac{v_1}{v_2} ;$$

$$\text{Hệ số dẫn nở sớm } \rho = \frac{v_3}{v_2} ;$$

$$\text{Hiệu suất nhiệt } \eta_i^p = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)} .$$

Chu trình cấp nhiệt hỗn hợp

$$\eta_i^{v,p} = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\lambda \rho^k - 1}{[(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)]}$$

6.3.2. Chu trình tuabin khí

$$\beta = \frac{p_2}{p_1} \text{ hệ số tăng áp}$$

a) Chu trình tuabin khí cấp nhiệt đẳng áp Brighton

$$\beta = \frac{p_2}{p_1} \text{ là tỉ số tăng áp trong quá trình nén}$$

$$\rho = \frac{v_3}{v_2} \text{ là hệ số giãn nở sớm}$$

Hiệu suất nhiệt của chu trình:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{\beta^{(k-1)/k}}$$

Bài tập mẫu

6.1. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng áp có công suất 16 kW mỗi giờ thải ra môi trường 240 m³_{tc} (tiêu chuẩn) sản phẩm cháy ở nhiệt độ 220°C, nhiệt dung riêng thể tích đẳng áp của sản phẩm cháy $C'_p = 1,5 \text{ kJ/m}^3_{tc} \cdot K$, $k = 1,4$. Tính hiệu suất nhiệt của động cơ khi nhiệt độ môi trường là 20°C.

a) 52,83 %

b) 53,33 %

c) 37,04%

Tóm tắt đầu bài:

Cho động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng áp – chu trình Diesel – $N = 16 \text{ kW}$, $V = 240 \text{ m}^3_{tc}/\text{h}$, $C'_p = 1,5 \text{ kJ/m}^3_{tc} \cdot K$, $k = 1,4$. Tính hiệu suất nhiệt của động cơ.

Bài giải:

$$\eta_t^p = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}$$

$$\eta_t^p = \frac{l}{q_1} = \frac{N}{Q_1} = 1 - \frac{(\rho^k - 1)}{\varepsilon^{k-1} k(\rho - 1)}$$

$$\eta_t^p = \frac{l}{q_1} = \frac{N}{Q_{2v} + N}, C'_v = \frac{C'_p}{k} = \frac{1,5}{1,4} \text{ kJ/m}^3_{tc} \cdot K$$

$$Q_{2v} = V_{tc} C'_v (t_2 - t_1) = \frac{240}{3600} \text{ m}^3_{tc} \frac{1,5}{1,4} \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3_{tc} \cdot K} (220 - 20) K$$

$$= 14,286 \text{ kW}$$

$$\eta_t^p = \frac{N}{Q_{2v} + N} = \frac{16}{14,286 + 16} = 52,83\%$$

6.2. Động cơ đốt trong cháy cưỡng bức, môi chất coi là không khí, tỷ số nén 8 công suất động cơ 10 kW. Nhiệt cấp vào là:

a) 17,71 kW

b) 9,26 kW

c) 26,84 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích – chu trình Otto – $N = 10 \text{ kW}$, $\varepsilon = 8$. Tính Q_1 .

Bài giải:

Nếu xem xét các loại động cơ đốt trong thì động cơ đốt trong cháy cưỡng bức chính là động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích.

$$\eta_i^v = \frac{l}{q_1} = \frac{N}{Q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{8^{1,4-1}} = 0,5647$$

$$Q_1 = \frac{N}{\eta_i^v} = \frac{10}{0,5647} = 17,71 \text{ kW}$$

6.3. Động cơ xăng có hiệu suất nhiệt bằng 45% khi hoạt động tiêu hao 5 lít xăng trong 1 giờ. Khi cháy 1 lít xăng toả ra lượng nhiệt là 40 MJ/lít. Hãy tính lượng nhiệt mà động cơ thải ra môi trường trong 1 giây.

a) 110 kW

b) 200 kW

c) 30,56 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích – chu trình Otto – $N = 10 \text{ kW}$, $\eta_i = 0,45$, $G = 5 \text{ lít xăng/h}$, nhiệt trị của xăng 40 MJ/lít. Tính Q_2 .

Bài giải:

Lượng xăng đốt trong quá trình cấp nhiệt đẳng tích

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 40}{3600} = 55,55 \text{ kW}$$

$$\eta_i^v = \frac{l}{q_1} = \frac{N}{Q_1} = 0,45$$

$$Q_2 = Q_1 - N = Q_1 - 0,45Q_1 = 0,55Q_1 = 30,56 \text{ kW}$$

6.4. 1kg không khí thực hiện chu trình tuabin khí cấp nhiệt đẳng áp (chu trình Brighton) với tỷ số tăng áp $\beta = 9$. Hiệu suất nhiệt bằng:

a) 0,47

b) 0,31

c) 0,53

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình tuabin khí cấp nhiệt đẳng áp (chu trình Brighton), $\beta = 9$.
Tính η_i .

Bài giải:

$$\eta_i^p = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$\eta_i^p = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{9^{\frac{1,4-1}{1,4}}} = 46,62\%$$

6.5. Chu trình động cơ Diesel cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt là 60%. Công của chu trình là 400 kJ/kg, quá trình cháy đẳng tích nhiệt độ tăng 580°C. Xác định nhiệt sinh ra ở quá trình cháy đẳng áp: môi chất là không khí.

- a) 248,67 kJ/kg b) 666,67 kJ/kg c) 915,33 kJ/kg

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Diesel cấp nhiệt hỗn hợp, $\eta_i = 0,6$, $l = 400$ kJ/kg, $\Delta t = 580^\circ\text{C}$. Tính q_p .

Bài giải:

$$\eta_i^{v,p} = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\lambda \rho^k - 1}{[(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)]}$$

$$\eta_i^{v,p} = \frac{l}{q_1} = 0,6, \quad q_1 = \frac{l}{\eta_i^{v,p}} = \frac{400}{0,6} = 666,66 \text{ kJ/kg}$$

$$q_1 = q_{1v} + q_{1p}$$

$$q_{1p} = q_1 - q_{1v} = q_1 - C_v \Delta t$$

$$\begin{aligned} q_{1p} &= q_1 - \frac{C_{\mu v}}{\mu} \Delta t = 666,66 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - \frac{20,9}{29} \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 580 \text{K} \\ &= 248,66 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

6.6. Một động cơ đốt trong dùng nhiên liệu là xăng (cấp nhiệt đẳng tích) có tỷ số nén của quá trình nén bằng 5,3. Coi số mũ đoạn nhiệt $k = 1,4$. Trong 3 giờ động cơ đã thực hiện một công bằng 102000 kJ. Hỏi trong thời gian này động cơ đã đốt cháy bao nhiêu lít xăng (biết khi cháy mỗi lít xăng toả ra 41860 kJ).

- a) 5,01 lít b) 4 lít c) 7,51 lít

Tóm tắt đầu bài:

Cho động cơ đốt trong dùng nhiên liệu là xăng, đây là chu trình Otto cấp nhiệt đẳng tích, $\varepsilon = 5,3$; $k = 1,4$, $l = 102000$ kJ trong 3 h. Nhiệt trị của xăng là $C_{xăng} = 41860$ kJ. Tính lượng xăng tiêu thụ.

Bài giải:

Ta cần tính lượng nhiệt cần cấp cho động cơ biết

$$\eta_i^v = \frac{l}{q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{5,3^{1,4-1}} = 0,4867$$

$$q_1 = \frac{l}{\eta_i^v} = \frac{102000}{0,4867} = 209533 \text{ kJ}$$

$$G_{xăng} = \frac{q_1}{C_{xăng}} = \frac{209533}{41860} = 5,005 \text{ lít}$$

Chú ý: 5 lít là lượng xăng tiêu thụ trong 3 tiếng, nếu cần tính lượng xăng tiêu thụ trong 1 tiếng thì chỉ cần chia cho 3 là đủ.

6.7. Công suất của động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích bằng 50 kW, nhiệt toả ra môi trường xung quanh trong 1 giờ bằng 145000 kJ, số mũ đoạn nhiệt $k = 1,4$. Tỷ số nén của quá trình nén là:

a) 7,52

b) 0,72

c) 4,38

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Otto cấp nhiệt đẳng tích, $k = 1,4$, $N = 50$ kW, $q_2 = 145000$ kJ/h = 145000/3600 kW. Tính tỷ số nén của quá trình nén.

Bài giải:

$$q_1 = l + |q_2|$$

$$q_1 = l + |q_2| = 50 + \frac{145000}{3600} = 90,28 \text{ kW}$$

$$\eta_i^v = \frac{l}{q_1} = \frac{50}{90,28} = 55,38\%$$

$$\eta_i^v = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 0,5538 \gg \varepsilon^{k-1} = \frac{1}{1 - \eta_i^v} \gg \varepsilon = \left(\frac{1}{1 - \eta_i^v}\right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{1 - \eta_i^v}\right)^{\frac{1}{k-1}} = \left(\frac{1}{1 - 0,5538}\right)^{\frac{1}{1,4-1}} = \left(\frac{1}{0,4462}\right)^{\frac{1}{1,4-1}} = 7,52$$

Bài tập về nhà:

6.8. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích, coi môi chất là không khí. Tỷ số nén $\varepsilon = 7,2$; công suất của động cơ bằng 5000 W. Nhiệt lượng khối thải vào môi trường trong 0,5 giờ là:

- a) 2078,85 kJ b) 7483,87 kJ c) 3966,71 kJ

6.9. Nhiệt lượng toả ra khi đốt cháy nhiên liệu ở động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích trong thời gian 1 giờ là 54000 kJ; tỉ số nén bằng 9, số mũ đoạn nhiệt bằng 1,4. Công suất của động cơ là:

- a) 31576,84 kW b) 31,58 kW c) 8,77 kW

6.10. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích, coi môi chất là không khí. Tỷ số nén $\varepsilon = 7$, công suất của động cơ bằng 4800 W. Nhiệt lượng khối thải vào môi trường trong 0,5 giờ là:

- a) 14670,1 kJ b) 7335,05 kJ c) 24615,05 kJ

6.11. Công suất của động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích bằng 50 kW, nhiệt toả ra môi trường xung quanh trong 1 giờ bằng 145000 kJ, số mũ đoạn nhiệt $k = 1,4$. Tỷ số nén của quá trình nén là:

- a) 7,52 b) 0,72 c) 4,38

6.12. Chu trình động cơ diesel cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt $\eta_i = 60\%$, nhiệt độ cuối quá trình nén là 500°C , nhiệt độ cuối quá trình cháy đẳng tích là 1000°C và cuối quá trình cháy đẳng áp là 1200°C . Xác định công suất lý thuyết của chu trình. Giả thiết môi chất là không khí có lưu lượng là 0,02 kg/s.

- a) 339,93 kW b) 6,8 kW c) 2,47 kW

6.13. Chu trình động cơ xăng có nhiệt độ khí sau quá trình nén là 300°C , sau quá trình cháy là 1200°C . Biết hiệu suất nhiệt của chu trình là 50%. Xác định công của chu trình lý tưởng với môi chất là không khí.

- a) 324,31 kJ/kg b) 648,62 kJ/kg c) 270,26 kJ/kg

6.14. Trong chu trình động cơ đốt trong mỗi giờ tiêu thụ 10 lít xăng (một lít xăng cháy hết toả ra 41800 KJ). Công suất động cơ 30 KW. Hiệu suất của động cơ là:

- a) 0,26 b) 0,21 c) 0,31

6.15. Trong chu trình động cơ xăng, hỗn hợp khí vào xi lanh có áp suất 1 bar, sau quá trình nén đoạn nhiệt áp suất là 8 bar. Xác định hiệu suất nhiệt (coi môi chất là không khí).

- a) 0,448 b) 0,95 c) 0,56

6.16. Tính công của 1 kg không khí trong chu trình tua bin khí khi cấp nhiệt đẳng áp nếu biết tỷ số tăng áp của quá trình nén $\beta = 8$, nhiệt độ không khí tăng 450°C trong quá trình cấp nhiệt (coi nhiệt dung riêng của không khí $C_p = 1 \text{ kJ/kgK}$).

- a) 450kJ/kg b) 248,42 kJ/kg c) 201,58 kJ/kg

6.17. Động cơ đốt trong thực hiện chu trình cấp nhiệt đẳng tích. Môi chất là khí 3 nguyên tử, tỷ số nén bằng 6. Hiệu suất nhiệt của chu trình là:

- a) 0,42 b) 0,66 c) 0,3

6.18. Động cơ xăng có hiệu suất nhiệt bằng 45% khi hoạt động tiêu hao 5 lít xăng trong 1 giờ. Khi cháy 1 lít xăng toả ra lượng nhiệt là 40 MJ/lít. Hãy tính lượng nhiệt mà động cơ toả ra môi trường qua khối thải trong 1 giây.

- a) 25 kW b) 30,56 kW c) 48,89 kW

6.19. Chu trình động cơ diesel cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt $\eta_i = 60\%$, nhiệt độ cuối quá trình nén là 500°C , nhiệt độ cuối quá trình cháy đẳng tích là 1100°C và cuối quá trình cháy đẳng áp là 1350°C . Xác định công suất lý thuyết của chu trình. Giả thiết môi chất là không khí có lưu lượng là 0,02 kg/s.

- a) 8,28 kW b) 5,19 kW c) 3,09 kW

6.20. Chu trình động cơ Diesel cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt là 60%. Công của chu trình là 400 kJ/kg, quá trình cháy đẳng tích nhiệt độ tăng 580°C . Xác định nhiệt sinh ra ở quá trình cháy đẳng áp: môi chất là không khí.

- a) 418 kJ/kg b) 248,67 kJ/kg c) 915,33 kJ/kg

6.21. Một động cơ đốt trong dùng nhiên liệu là xăng (cấp nhiệt đẳng tích) có tỷ số nén của quá trình nén bằng 5,3. Coi số mũ đoạn nhiệt $k = 1,4$. Trong 3 giờ động cơ đã thực hiện một công bằng 102000 kJ. Hỏi trong thời

gian này động cơ đã đốt cháy bao nhiêu lít xăng (biết khi cháy mỗi lít xăng toả ra 41860 kJ/l lít xăng).

- a) 7,51 lít b) 5,01 lít c) 6,51 lít

6.22. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng áp có công suất 16 kW mỗi giờ thải ra môi trường 240 m^3 (tiêu chuẩn) sản phẩm cháy ở 220°C , nhiệt dung riêng thể tích đẳng áp của sản phẩm cháy $C_p' = 1,5 \text{ kJ/m}^3_{\text{ic}}\cdot\text{K}$. Tính hiệu suất nhiệt của động cơ khi nhiệt độ môi trường là 20°C .

- a) 61,54% b) 44,44% c) 34,19%

6.23. Nhiệt lượng toả ra khi đốt cháy nhiên liệu ở động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích trong thời gian 1 giờ là 54000kJ; tỉ số nén bằng 9, số mũ đoạn nhiệt bằng 1,5. Công suất của động cơ là:

- a) 36000 kW b) 36 kW c) 10kW

6.24. Trong chu trình động cơ xăng, hỗn hợp khí vào xi lanh có áp suất 1 bar, sau quá trình nén đoạn nhiệt áp suất là 8 bar. Xác định hiệu suất nhiệt (coi môi chất là không khí).

- a) 0,56 b) 0,95 c) 0,34

CHƯƠNG 7

CHU TRÌNH THIẾT BỊ ĐỘNG LỰC HƠI NƯỚC RANKINE

Nhiệt lượng cấp vào:

$$q_1 = i_1 - i_3, \text{ j/kg}$$

Nhiệt lượng nhả ra:

$$q_2 = i_2' - i_2 = - (i_2 - i_2'), \text{ j/kg}$$

Công môi chất đã sinh ra trong 1 chu trình là:

$$l \approx - (i_1 - i_2)$$

$$q_1 = i_1 - i_2', \text{ j/kg}$$

Hiệu suất nhiệt của chu trình:

$$\eta_{\text{Rankin}} = \frac{l}{q_1} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'}$$

7.1. Hơi nước vào tuabin có nhiệt độ 450°C và áp suất 80 bar. Áp kế bình ngưng chỉ độ chân không 0,8 bar, áp suất khí quyển 750 mmHg. Hiệu suất nhiệt của chu trình Rankin bằng:

a) 36,86 %

b) 28,77%

c) 48,19%

Tóm tắt đầu bài:

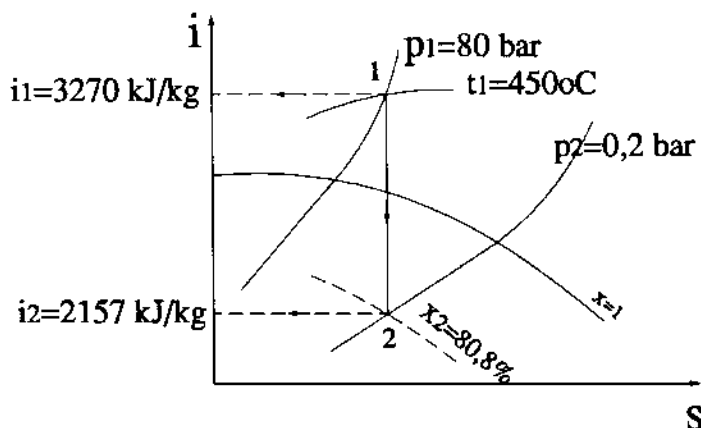
Cho chu trình Rankine, $p_1 = 80 \text{ bar}$, $t_1 = 450^\circ\text{C}$, $p_{ck} = 0,8 \text{ bar}$, $p_k = 750 \text{ mmHg}$. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình.

Bài giải:

$$p_2 = p_k - p_{ck} = 750.133,3 - 0,8.10^5 = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,2 \text{ bar}$$

Dựa vào bảng 5, biết $p_1 = 80 \text{ bar}$, $t_1 = 450^\circ\text{C}$ ta tra được $i_1 = 3270 \text{ kJ/kg}$, $s_1 = 6,552 \text{ kJ/kgK}$.

Quá trình dẫn nở đoạn nhiệt trong tuabin là quá trình đoạn nhiệt nên $s_2 = s_1 = 6,552 \text{ kJ/kgK}$, từ đó suy ra độ khô của hơi nước sau khi ra khỏi tuabin hơi.



Hình 7.1.

Biết áp suất ngưng tụ là 0,2 bar, dựa vào Bảng 4 có thể tra được các thông số của nước sôi và hơi bão hòa khô: $p = 0,2 \text{ bar}$, $s' = 0,8321 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 7,907 \text{ kJ/kgK}$, $i' = 251,4 \text{ kJ/kg}$, $i'' = 2609 \text{ kJ/kg}$.

$$x = \frac{s_2 - s_2'}{s_2'' - s_2'} = \frac{6,552 - 0,8321}{7,907 - 0,8321} = 0,808$$

$$i_{2s} = i_2' + x(i_2'' - i_2') = 251,4 - 0,808(2609,1 - 251,4) = 2157 \text{ kJ/kg}$$

Nếu bỏ qua công của bơm nước cấp, ta sẽ tính được hiệu suất nhiệt của chu trình:

$$\eta_{\text{Rankin}} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} = \frac{i_1 - i_{2s}}{i_1 - i_2'} = \frac{3270 - 2157}{3270 - 251,4} = 36,86 \%$$

7.2. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình Rankin, biết quá trình hoá hơi được thực hiện ở áp suất 20 bar. Hơi trước tuabin là hơi quá nhiệt có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ sôi bằng $67,63^\circ\text{C}$, áp suất hơi sau tuabin bằng 0,15 bar.

a) 34,1%

b) 29,47%

c) 48,38%

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $p_1 = 20 \text{ bar}$, độ quá nhiệt $67,63^\circ\text{C}$, $p_m = 0,15 \text{ bar}$. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình.

Bài giải:

Bài này tương tự như bài trên, tuy nhiên chỉ có một sự khác biệt là ta không biết t_1

$t_1 = t_s + \text{độ quá nhiệt} = \text{nhiệt độ bão hòa ở áp suất } p_1 + \text{độ quá nhiệt}$

$$p = 20 \text{ bar}, t_s = 212,37^\circ\text{C} \text{ suy ra } t_1 = 212,37 + 67,63 = 280^\circ\text{C}$$

Biết $p_1 = 20 \text{ bar}$, $t_1 = 280^\circ\text{C}$, ta tra được $i_1 = 2972 \text{ kJ/kg}$, $s_1 = 6,674 \text{ kJ/kgK}$, $p = 0,15 \text{ bar}$, $s' = 0,755 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,007 \text{ kJ/kgK}$, $i' = 226,1 \text{ kJ/kg}$, $i'' = 2599 \text{ kJ/kg}$.

Tương tự như bài trên ta dễ dàng tính được độ khô của hơi khi ra khỏi tuabin $x_2 = 0,816$. Và entanpy của hơi $i_{2v} = 2163 \text{ kJ/kg}$.

Hiệu suất nhiệt của chu trình Rankine bằng $\eta_t = 29,47\%$.

7.3. Trong chu trình Rankin lý tưởng nước vào lò hơi có nhiệt độ 120°C , áp suất 20 bar , hơi quá nhiệt ra khỏi lò hơi có nhiệt độ 300°C . Trong tuabin hơi nước giãn nở đoạn nhiệt entanpy giảm 1000 kJ/kg . Xác định hiệu suất nhiệt:

- a) $39,77\%$ b) $40,46\%$ c) $19,06\%$

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $p_1 = 20 \text{ bar}$, $t_3 = 120^\circ\text{C}$, $t_1 = 300^\circ\text{C}$, $i_1 - i_2 = 1000 \text{ kJ/kg}$. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình.

Bài giải:

Theo Bảng 5 tra các thông số $p_1 = 20 \text{ bar}$, $t = 120^\circ\text{C}$, $i_3 = 504,7 \text{ kJ/kg}$, $p_1 = 20 \text{ bar}$, $t = 300^\circ\text{C}$, $i_1 = 3019 \text{ kJ/kg}$.

Nếu bỏ qua công bơm nước cấp, ta tính được hiệu suất nhiệt của chu trình:

$$\eta_t^{\text{Rankin}} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} = \frac{1000}{3019 - 504,7} = 39,77 \%$$

7.4. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, hơi nước ở bình ngưng nhả ra cho nước làm mát nhiệt lượng 50000 kW , ở lò hơi nước vào có nhiệt độ 180°C , áp suất 90 bar , lưu lượng 42 kg/s , ra khỏi lò hơi, hơi quá nhiệt có nhiệt độ 500°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình:

- a) $83,36 \%$ b) $54,54 \%$ c) $53,12 \%$

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $p_1 = 90 \text{ bar}$, $t_3 = 180^\circ\text{C}$, $t_1 = 500^\circ\text{C}$, $G = 42 \text{ kg/s}$. $Q_2 = -50000 \text{ kW}$. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình.

Bài giải:

Tương tự như bài trên dùng Bảng 5 ta xác định các thông số:

$$p_1 = 90 \text{ bar}, t_1 = 180^\circ\text{C}, i_3 = 767,4 \text{ kJ/kg}$$

$$p_1 = 90 \text{ bar}, t_1 = 500^\circ\text{C}, i_1 = 3386 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = G(i_1 - i_3) = 42(3386 - 767,4) = 109981,2 \text{ kW}$$

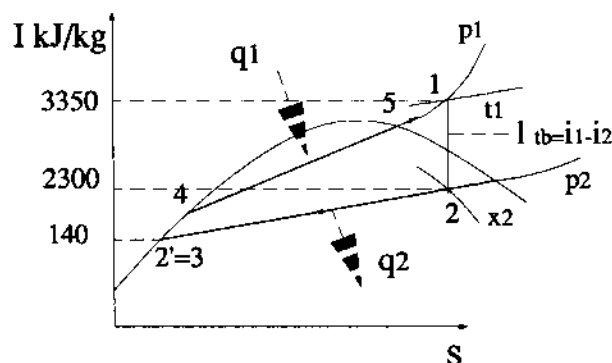
$$\eta_{li}^{\text{Rankine}} = \frac{N}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = \frac{109981,2 - 50000}{109981,2} = 54,54 \%$$

7.5. Hơi vào tuabin có entanpy bằng 3350 kJ/kg, ra khỏi tuabin có entanpy bằng 2300 kJ/kg. Entanpy của nước ngưng bằng 140 kJ/kg. Sản lượng hơi bằng 3600 kg/h. Xác định công suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ:

a) 1050 kW

b) 2262,42 kW

c) 2160 kW



Hình 7.2.

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $i_1 = 3350 \text{ kJ/kg}$, $i_2 = 2300 \text{ kJ/kg}$, $i_3 = 140 \text{ kJ/kg}$, $G_{\text{hơi}} = 3600 \text{ kg/h}$. Tính công suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ.

Bài giải:

Công suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ chính là lượng nhiệt thiết bị ngưng tụ nhận từ hơi ngưng tụ

$$Q_2 = G(i_3 - i_2) = 3600(140 - 2300)/3600 = -2160 \text{ kW}$$

Vậy công suất của thiết bị ngưng tụ bằng 2160 kW

7.6. Hơi vào tuabin có entanpy bằng 3350 kJ/kg, ra khỏi tuabin có entanpy bằng 2300 kJ/kg. Entanpy của nước ngưng bằng 140 kJ/kg. Sản lượng hơi bằng 36000 kg/h. Xác định công suất của tuabin:

a) 21600 kW

b) 8980,5 kW

c) 10500 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $i_1 = 3350$ kJ/kg, $i_2 = 2300$ kJ/kg, $i_3 = 140$ kJ/kg, $G_{\text{hơi}} = 36000$ kg/h. Tính công suất nhiệt của tuabin.

Bài giải:

Công suất nhiệt của tuabin chính là công do tuabin sinh ra trong một đơn vị thời gian

$$L = G(i_1 - i_2) = 36000(3350 - 2300)/3600 = 10500 \text{ kW}$$

Vậy công suất của tuabin bằng 10500 kW

7.7. Tuabin hơi trong chu trình Rankin lý tưởng của hơi nước có công suất 100 MW. Hơi vào tuabin có entanpy $i_1 = 3159$ kJ/kg và entropy $s_1 = 7,563$ kJ/kgK. Sau khi giãn nở hơi có áp suất $p_2 = 0,04$ bar. Hãy tính lưu lượng khối lượng hơi đi qua tuabin.

a) 0,11 kg/s

b) 113,69 kg/s

c) 61 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình Rankine, $i_1 = 3159$ kJ/kg, $s_1 = 7,563$ kJ/kgK, $N = 100$ MW. Tính G hơi đi qua tuabin.

Bài giải:

Quá trình giãn nở trong tuabin là quá trình đoạn nhiệt $s_1 = s_2$, ở $p = 0,04$ bar, $s_2' = 0,4225$ kJ/kgK, $s_2'' = 8,473$ kJ/kgK, $s_2 = 7,563$ kJ/kgK.

Như vậy ta có $s_2' < s_2 < s_2''$, vậy đây là hơi ẩm, cần phải xác định x để tìm i_{2x} tương ứng

$$x = \frac{s_2 - s_2'}{s_2'' - s_2'} = \frac{7,563 - 0,4225}{8,473 - 0,4225} = 0,887$$

$$i_{2x} = i_2' + xr = 121,42 - 0,808(2433) = 2279,4 \text{ kJ/kg}$$

$$N = G(i_1 - i_{2x}) \text{ suy ra}$$

$$G = N/(i_1 - i_{2x}) = 100.1000 / (3159 - 2279,4) = 113,69 \text{ kg/s}$$

Bài tập về nhà:

7.8. Hơi nước vào tuabin có entanpy bằng 3350 kJ/kg. Entanpy của nước ngưng bằng 140 kJ/kg. Hơi vào thiết bị ngưng tụ có entanpy bằng 2300 kJ/kg. Công suất của tuabin bằng bao nhiêu khi lưu lượng hơi nước là 36000 kg/h:

a) 32100 kW

b) 10500kW

c) 16489,11 kW

7.9. Chu trình Rankin làm việc với hơi quá nhiệt đi vào tua bin có entanpy $i_1 = 3343 \text{ kJ/kg}$, hơi đi vào bình ngưng có áp suất 0,06 bar và độ khô $x = 0,8$. Hiệu suất nhiệt của chu trình bằng:

- a) 39,45 % b) 50,28% c) 70,97 %

7.10. Nhà máy nhiệt điện làm việc theo chu trình Rankin. Hơi vào tuabin có áp suất 8 MPa, nhiệt độ 300°C , áp suất ngưng tụ 40 kPa. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin sẽ là:

- a) 0,28 b) 0,72 c) 0,43

7.11. (MS: 120801).

Tuabin hơi trong chu trình Rankin lý tưởng của hơi nước có công suất 100 MW. Hơi vào tuabin có entanpy $i_1 = 3459 \text{ kJ/kg}$ và entropy $s_1 = 7,563 \text{ kJ/kgK}$. Sau khi giãn nở hơi có áp suất $p_2 = 0,04 \text{ bar}$. Hãy tính lưu lượng khối lượng hơi đi qua tuabin.

- a) 46,34 kg/s b) 102,83 kg/s c) 84,77 kg/s

7.12. Xác định nội năng của dòng hơi nước bão hoà ẩm có lưu lượng 36 T/h từ tuabin vào bình ngưng tụ. áp suất chân không của bình ngưng tụ bằng 450 mmHg và độ khô của hơi sau tuabin bằng 0,85. Biết áp suất khí quyển bằng 1 bar.

- a) 21521,98 kW b) 20818,16 kW c) 26154,16 kW

7.13. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước. Hơi nước qua tuabin entanpy giảm 1000 kJ/kg. Trong bơm entanpy tăng 50 kJ/kg. Trong bình ngưng hơi nước thải nhiệt là 900 kJ/kg. Hãy xác định hiệu suất nhiệt:

- a) 51,35% b) 18,05% c) 38,31%

7.14. Hơi nước đi vào tuabin có nhiệt độ 600°C và áp suất 30 bar. Biết áp suất ngưng tụ là 0,04 bar. Hãy xác định công của tuabin:

- a) 1419,31 kJ/kg b) 1926,7 kJ/kg c) 1435,84 kJ/kg

7.15. Nhà máy nhiệt điện làm việc theo chu trình Rankin. Hơi vào tuabin có áp suất 8 MPa, nhiệt độ 400°C , áp suất ngưng tụ 40 kPa. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin sẽ là:

- a) 0,68 b) 0,8 c) 0,41

7.16. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, lưu lượng hơi vào tuabin là 36 T/h. Hơi nước ra khỏi tuabin đi vào bình ngưng và ngưng tụ thành nước bão hoà toả ra nhiệt lượng 2111,5 kJ/kg. Xác định công suất của

tuabin biết hiệu suất nhiệt của chu trình là 0,5 (Bỏ qua công nén nước trong bơm).

- a) 21115 kW b) 22427,03 kW c) 23529,93 kW

7.17. Chu trình Rankin của hơi nước: Quá trình hoá hơi được thực hiện ở áp suất 20 bar. Hơi trước tuabin là hơi quá nhiệt có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ sôi bằng $67,63^{\circ}\text{C}$, áp suất hơi sau tuabin bằng 0,15 bar. Tính hiệu suất nhiệt của chu trình:

- a) 29,47% b) 31,69 % c) 37,03 %

7.18. Hơi nước đi vào tuabin có nhiệt độ 500°C và áp suất 30 bar. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin bằng 0,95. Công tuabin bằng:

- a) 429,64 kJ/kg b) 859,89 kJ/kg c) 920,5 kJ/kg

7.19. Chu trình Rankin làm việc với hơi quá nhiệt đi vào tuabin có entanpy $i_1 = 3343$ kJ/kg, hơi đi vào bình ngưng có áp suất 0,06 bar và độ khô $x = 0,8$. Hiệu suất nhiệt của chu trình bằng:

- a) 39,46 % b) 33,44 % c) 56,1 %

7.20. Trong chu trình Rankin lý tưởng nước vào lò hơi có nhiệt độ 120°C , áp suất 20 bar, hơi quá nhiệt ra khỏi lò hơi có nhiệt độ 300°C . Trong tuabin hơi nước giãn nở đoạn nhiệt entanpy giảm 1000 kJ/kg. Hãy xác định hiệu suất nhiệt.

- a) 39,35% b) 39,77% c) 59,55%

7.21. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, hơi nước ở bình ngưng nhả ra cho nước làm mát nhiệt lượng 50000 kW, ở lò hơi nước vào có nhiệt độ 180°C , áp suất 90 bar, lưu lượng 42 kg/s. Ra khỏi lò hơi là hơi quá nhiệt có nhiệt độ 500°C . Hãy xác định hiệu suất nhiệt.

- a) 15,76% b) 28,69% c) 54,54%

7.22. Nếu trong một chu trình Rankin lý tưởng của hơi nước, quá trình hoá hơi được thực hiện ở áp suất 20 bar, hơi đi vào tuabin có độ quá nhiệt $67,63^{\circ}\text{C}$, đi vào bình ngưng là hơi bão hoà khô thì hiệu suất nhiệt của chu trình sẽ bằng:

- a) 9,02% b) 7,98 % c) 6,79%

7.23. Nhà máy nhiệt điện làm việc theo chu trình Rankin. Nhiệt độ trong bình ngưng 90°C , áp suất tại đầu ra của bơm nước cấp 3 MPa, nhiệt độ đầu vào tuabin 400°C . Công của chu trình sẽ là:

- a) 3230 kJ/kg b) 773,1 kJ /kg c) 948 kJ/kg

CHƯƠNG 8

CHU TRÌNH NGƯỢC CHIỀU

8.1. Chu trình máy lạnh và bơm nhiệt dùng không khí

Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{|l_0|} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{T_4}{T_3 - T_4}$$

Hệ số bơm nhiệt:

$$\varphi = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{T_3}{T_3 - T_4} = \varepsilon + 1$$

8.2. Chu trình máy lạnh và bơm nhiệt dùng hơi

Công cung cấp cho máy nén:

$$|l_0| = |q_1| - q_2 = i_2 - i_3 - i_1 + i_4 = i_2 - i_1, \text{ J/kg}$$

Công suất máy nén: $L = G \cdot |l_0|$, W

Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l_0} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}$$

Hệ số bơm nhiệt:

$$\varphi = \varepsilon + 1$$

Bài tập mẫu:

8.1. Chu trình máy lạnh dùng môi chất lạnh $NH_3(R717)$ có nhiệt lượng nhả ra ở bình ngưng tụ trong 1 giờ là 2200000 kJ. Entanpy của hơi khi vào máy nén là 1790 kJ/kg; khi ra khỏi máy nén là 2600 kJ/kg, sau van tiết lưu là 700 kJ/kg. Lưu lượng khối lượng của môi chất qua máy nén là:

- a) 0,75 kg/s b) 0,32 kg/s c) 0,67 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dung NH_3 , $q_1 = 22000000 \text{ kJ/h}$, $i_1 = 1790 \text{ kJ/kg}$, $i_2 = 2600 \text{ kJ/kg}$, $i_3 = 700 \text{ kJ/kg}$. Xác định G lưu lượng NH_3 đi qua máy nén.

Bài giải:

Đây là chu trình ngược chiều dòng hơi $R717$ hay gọi là NH_3 , do các thông số đã cho sẵn nên không cần tra bảng nữa.

$Q_1 = G(i_3 - i_2)$ là nhiệt lượng nhả ra ở bình ngưng tụ

$$G = \frac{Q_1}{i_3 - i_2} = \frac{-22000000}{(700 - 2600)3600} = 0,32164 \text{ kg/s}$$

8.2. Chu trình máy lạnh nén hơi dùng $R22$, hơi hút vào là hơi bão hoà khô ở áp suất 5 bar. Biết rằng tỉ số nén của máy nén lạnh bằng 3, lưu lượng hơi qua máy nén là 0,1 kg/s. Năng suất lạnh của chu trình bằng:

- a) 15,7 kW b) 20,41 kW c) 13,08 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R22$, $p_1 = 5 \text{ bar}$, $x = 1$, $p_2 = 3p_1$, $G = 0,1 \text{ kg/s}$. Xác định năng suất lạnh của chu trình.

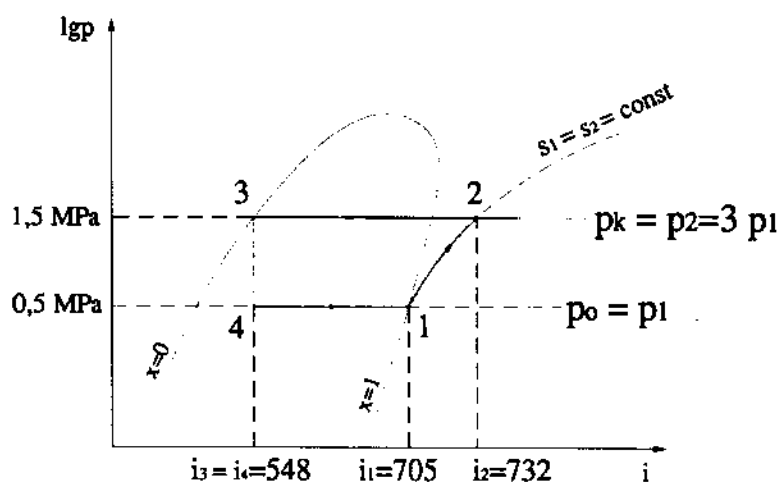
Bài giải:

Dùng đồ thị mẫu Kỹ thuật nhiệt, theo đồ thị $R22$ ta có:

$$i_1 = 705 \text{ kJ/kg}, i_2 = 732 \text{ kJ/kg}, i_3 = 548 \text{ kJ/kg}$$

Năng suất lạnh của chu trình bằng

$$Q_0 = G(i_1 - i_3) = 0,1(705 - 548) = 15,7 \text{ kW}$$



Hình 8.1.

8.3. Máy điều hoà dùng môi chất lạnh $R12$. Hơi hút vào máy nén là hơi bão hoà khô có áp suất bằng 1,5695 bar. Nhiệt độ ngưng tụ bằng 50°C . Lưu lượng không khí (coi là không khí khô) được làm lạnh là bao nhiêu biết rằng nhiệt độ của không khí qua dàn bay hơi bị giảm đi 10 K (coi áp suất của không khí không đổi), lưu lượng $R12$ bằng 0,42 kg/s; nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí bằng 1 kJ/kgK.

a) 3,95 kg/s

b) 3,29 kg/s

c) 5,92 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R12$, $p_1 = 1,5695$ bar, $x = 1$, nhiệt độ ngưng tụ 50°C , $\Delta t_{\text{không khí}} = 10$ K. Xác định lưu lượng không khí được làm lạnh.

Bài giải:

Dùng đồ thị Kỹ thuật nhiệt, theo đồ thị $R12$ ta có:

$$i_1 = 644 \text{ kJ/kg}, i_3 = 550 \text{ kJ/kg}$$

Lượng nhiệt $R12$ thải cho không khí khi đi qua dàn lạnh chính là:

$$Q_0 = G(i_3 - i_1) = 0,42(644 - 550) = 39,48 \text{ kW}$$

Lượng nhiệt không khí thải cho $R12$ khi đi qua dàn lạnh bằng:

$$Q_k = G_k C_p \Delta t_{\text{không khí}} = Q_0$$

Biết $C_{p\text{không khí}} = 1$ kJ/kgK, $\Delta t = 10$ K, ta tính được $G_k = 3,948$ kg/s

8.4. Máy điều hoà nhiệt độ dùng môi chất $R22$ có năng suất lạnh là 7,5 KW. Không khí qua giàn ngưng có nhiệt độ vào 30°C , nhiệt độ ra 35°C với lưu lượng 2 kg/s. Hệ số làm lạnh là:

a) 3

b) 4

c) 2

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dùng hơi $R22$, $Q_0 = 7,5$ kW, nhiệt độ không khí vào dàn lạnh 30°C , nhiệt độ ra khỏi dàn lạnh 35°C , $G_k = 2$ kg/s. Xác định hệ số làm lạnh.

Bài giải:

Không khí khi đi qua dàn ngưng nhận của $R22$ một lượng nhiệt Q ngưng tụ hay là Q_1 .

$$\text{Vậy } Q_1 = G_k C_{pk} (t_{2k} - t_{1k}) = 2 \cdot 1 \cdot (35 - 30) = 10 \text{ kW}$$

$$\varepsilon = \frac{q_2}{|j_0|} = \frac{q_2}{|q_1| - q_2} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2} = \frac{7,5}{10 - 7,5} = 3$$

8.5. Máy lạnh có năng suất lạnh 50 kW. Công suất nhiệt của bình ngưng bằng 1,5 năng suất lạnh. Công suất của máy nén bằng:

a) 25kW

b) 35 kW

c) 20 kW

Bài giải:

Cho chu trình máy lạnh $Q_2 = 50 \text{ kW}$, công suất nhiệt của bình ngưng gấp 1,5 công suất lạnh nghĩa là $Q_1 = 1,5 Q_2$.

$$|Q_1| = 1,5 Q_2$$

$$N = |Q_1| - Q_2$$

$$N = 1,5 Q_2 - Q_2 = 0,5 Q_2 = 25 \text{ kW}$$

8.6. Máy lạnh dùng máy nén không khí có nhiệt độ vào máy nén là -1°C , ra khỏi máy nén là 123°C nhiệt độ vào buồng lạnh là -43°C . Xác định công trong chu trình (coi không khí là khí lý tưởng).

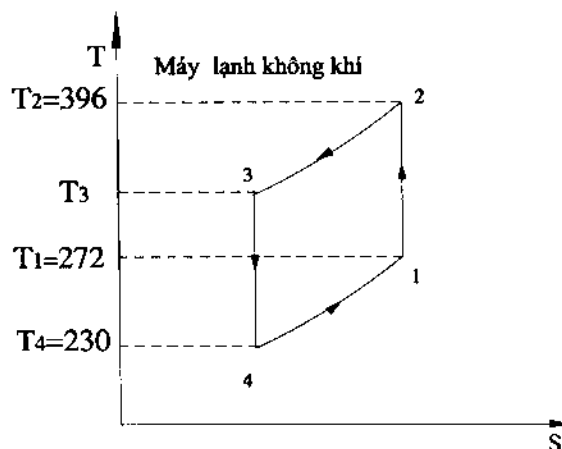
a) 139,06 kJ/kg

b) 13,48 kJ/kg

c) 26,97 kJ/kg

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dùng không khí, $t_1 = -1^\circ\text{C}$, $t_2 = 123^\circ\text{C}$, $t_4 = -43^\circ\text{C}$. Hãy xác định công của chu trình.



Hình 8.2.

Bài giải:

$$t_1 = -1^\circ\text{C}, T_1 = 272 \text{ K}, t_2 = 123^\circ\text{C}, T_2 = 396 \text{ K}, t_4 = -43^\circ\text{C}, T_4 = 230 \text{ K}.$$

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{272}{396 - 272} = 2,1935$$

$$q_2 = C_p(T_1 - T_4) = 1,01 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (272 - 230) \text{K} = 43,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} \text{ suy ra } l = \frac{q_2}{\varepsilon} = \frac{43,3}{2,1935} = 19,74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

8.7. Máy lạnh dùng NH_3 , áp suất sôi 2 bar, áp suất ngưng tụ 10 bar. 17000 kg/h dung dịch muối được làm lạnh trong bình bay hơi, nhiệt độ giảm từ 2°C đến -8°C . Nhiệt dung riêng của dung dịch của dung dịch muối $C_m = 3,8 \text{ kJ/kg.K}$. Lưu lượng môi chất lạnh NH_3 là:

a) 0,16 kg/s

b) 0,58 kg/s

c) 575,44 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình máy lạnh dùng NH_3 , $p_1 = 2 \text{ bar}$, $p_2 = 10 \text{ bar}$, $G_{\text{nước muối}} = 17000 \text{ kg/h}$, $\Delta t_{\text{nước muối}} = 2 - (-8) = 10^\circ\text{C}$. Hãy xác định lưu lượng môi chất lạnh NH_3 .

Bài giải:

$$Q_{\text{nước muối}} = G C_m (t_2 - t_1) = 17000 \cdot 3,8 \cdot [2 - (-8)] / 3600 = 177,44 \text{ kW}$$

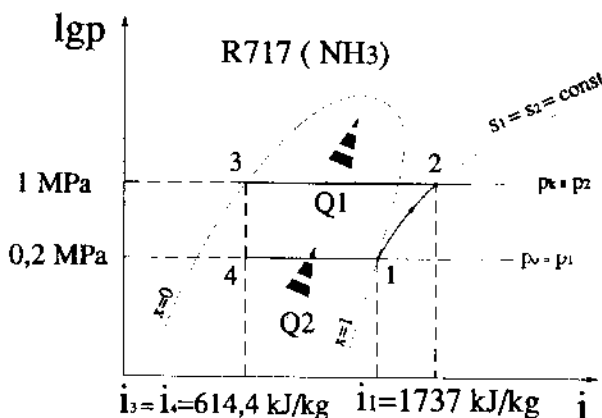
đây chính là năng suất lạnh của máy lạnh dùng NH_3 .

$$\text{Vậy ta có } Q_2 = Q_{\text{nước muối}} = 177,44 \text{ kW}$$

$$Q_2 = G_{\text{NH}_3} (i_1 - i_3)$$

Đây là chu trình lạnh đặc trưng, nên với dùng NH_3 , $p_1 = 2 \text{ bar}$, $x = 1$ ta tra được $i_1 = 1736,98 \text{ kJ/kg}$, $p_2 = 10 \text{ bar}$, $x = 0$, $i_3 = i_4 = 614,37 \text{ kJ/kg}$. Xem hình 8.3.

$$\text{Suy ra } G_{\text{NH}_3} = 177,44 / (1736,98 - 614,37) = 0,15985$$



Hình 8.3.

8.8. Một chu trình ngược chiều có hệ số làm lạnh bằng 2,5; công suất của máy nén bằng 5 kW. Nếu sử dụng chu trình này để cấp nhiệt sưởi thì công suất nhiệt dùng để sưởi của bơm nhiệt bằng:

- a) 17,5 kW b) 2 kW c) 7,5 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho chu trình ngược chiều biết $\varepsilon = 2,5$, N của máy nén bằng 5 kW. Hãy xác định công suất nhiệt dùng để sưởi của bơm nhiệt.

Bài giải:

$$\varphi = \frac{q_1}{|l_o|} = \varepsilon + 1 = 2,5 + 1 = 3,5$$

$$q_1 = \varphi \cdot |l_o| = 3,5 \cdot 5 = 17,5 \text{ kW}$$

8.9. Một hệ thống điều hòa không khí có công suất lạnh 35,16 kW được lắp trong một căn hộ. Nếu biết nhiệt độ bên ngoài là 40°C và nhiệt độ trong căn hộ là 20°C thì công suất điện của hệ thống lạnh thuận nghịch phải là bao nhiêu?

- a) 2,4 kW b) 4,36 kW c) 3,06 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho hệ thống lạnh điều hòa không khí có công suất lạnh $Q_2 = 35,16 \text{ kW}$. Hãy xác định công suất điện N của hệ thống lạnh.

Bài giải:

Khi ta có hệ thống lạnh thuận nghịch, tức là hệ thống phải làm việc theo chu trình Cárnot

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{(40 + 273)}{40 - 20} = 14,65$$

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{Q_2}{N} \quad \text{suy ra} \quad N = \frac{Q_2}{\varepsilon} = \frac{35,16}{14,65} = 2,4 \text{ kW}$$

8.10. Để duy trì tủ lạnh thường xuyên ở nhiệt độ 2°C cần phải lấy đi một lượng nhiệt là 200 kJ/min. Nếu biết nhiệt độ môi trường xung quanh là 27°C thì công suất tối thiểu của tủ lạnh phải là bao nhiêu?

- a) 0,3 kW b) 0,51 kW c) 0,41 kW

Tóm tắt đầu bài:

Cho hệ thống lạnh điều hòa không khí có $t_2 = 2^\circ\text{C}$, $Q_1 = 200 \text{ kJ/phút}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Hãy xác định công suất điện tối thiểu N min của hệ thống lạnh.

Bài giải:

Công suất điện tối thiểu chỉ có được khi ta dùng chu trình lạnh thuận nghịch, tức là chu trình lạnh Carnot

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{(27 + 273)}{27 - 2} = 11$$

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{Q_2}{N} \quad \varepsilon + 1 = \frac{Q_2 + N}{N} = \frac{Q_1}{N}$$

$$\text{suy ra } N = \frac{Q_1}{\varphi} = \frac{200}{(11 + 1)60} = 0,303 \text{ kW}$$

Bài tập về nhà:

8.11. Hơi bão hoà ẩm amoniac $R717(NH_3)$ có áp suất $p_1 = 10,03$ bar và độ khô $x = 0,1$. Sau khi tiết lưu, áp suất hạ xuống $p_2 = 1,195$ bar. Khi ra khỏi dàn bay hơi hơi có độ khô $x = 1$. Lưu lượng của môi chất là $0,011$ kg/s. Tính năng suất lạnh Q_0 .

- a) 11,04 kW b) 1,28 kW c) 16,56 kW

8.11. Hơi bão hoà khô $R12$ vào máy nén có $i = 575$ kJ/kg, ra khỏi máy nén có $i = 1200$ kJ/kg. Trước van tiết lưu có $i = 463$ kJ/kg. Năng suất lạnh riêng của chu trình bằng:

- a) 625 kJ/kg b) 112 kJ/kg c) 162 kJ/kg

8.12. Hơi $R12$ đi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở áp suất 50 kPa thực hiện quá trình nén đoạn nhiệt thuận nghịch đến áp suất 600 kPa sau đó được làm lạnh để biến thành hơi bão hoà có độ khô $x = 0$ và tiếp tục đi vào van tiết lưu. Nhiệt lượng $R12$ thải ra trong giàn ngưng bằng:

- a) 164,6 kJ/kg b) 246,9 kJ/kg c) 126,62 kJ/kg

8.13. Máy lạnh không khí. Nhiệt độ không khí vào máy nén bằng 20°C ; nhiệt độ của không khí ra khỏi máy nén bằng 117°C . Nhiệt độ của không khí vào buồng lạnh bằng 2°C . Nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí $C_p = 1,01$ kJ/kgK. Xác định công của chu trình máy lạnh (coi không khí là khí lý tưởng).

- a) 6,02 kJ/kg b) 9,03 kJ/kg c) 4,63 kJ/kg

8.14. Máy lạnh nén hơi có năng suất lạnh riêng $q_0 = 204$ kJ/kg, công tiêu thụ $l = 54$ kJ/kg. Entanpy của môi chất trước van tiết lưu $i = 420$ kJ/kg. Tính Entanpy của môi chất ra khỏi máy nén.

- a) 258 kJ/kg b) 678 kJ/kg c) 882 kJ/kg

8.15. Máy lạnh nén hơi NH_3 lý tưởng, làm việc ở nhiệt độ bay hơi $-25^{\circ}C$ và nhiệt độ ngưng tụ $45^{\circ}C$. Nhiệt lượng thải ra ở thiết bị ngưng tụ tương ứng với 1 kg môi chất là:

- a) 1390 kJ/kg b) 2363 kJ/kg c) 993 kJ/kg

8.16. Máy lạnh sử dụng NH_3 làm môi chất lạnh, áp suất P_k ở giàn ngưng tụ bằng 10 bar. Trước van tiết lưu NH_3 là hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,1$. Sau khi qua van tiết lưu áp suất hạ xuống $p_0 = 1,195$ bar. Khi ra khỏi giàn bay hơi, hơi có độ khô $x = 1$. Lưu lượng của NH_3 bằng 0,014 kg/s. Tính năng suất lạnh Q_0 .

- a) 13,71 kW b) 18,4 kW c) 9,14 kW

8.17. Nhiệt độ không khí hút vào máy nén trong máy lạnh không khí là $10^{\circ}C$, nhiệt độ không khí sau khi nén bằng $80^{\circ}C$. Công của chu trình bằng -2000 J/kg, nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí $C_p = 1$ kJ/kgK. Nhiệt độ của không khí sau khi giãn nở trong máy giãn nở:

- a) $-18,09^{\circ}C$ b) $274,91^{\circ}C$ c) $1,91^{\circ}C$

8.18. Trong chu trình máy lạnh dùng máy nén hơi nhiệt toả ra ở giàn ngưng là 15000kJ/h, môi chất nhận ở buồng lạnh là 12000kJ/h. Hệ số làm lạnh của chu trình là:

- a) 4 b) 5 c) 3000

8.19. Trong chu trình máy lạnh nén hơi, môi chất vào máy nén có $i_1 = 680$ kJ/kg, ra khỏi máy nén có $i_2 = 870$ kJ/kg, trước van tiết lưu $i_3 = 300$ kJ/kg. Tính hệ số làm lạnh.

- a) 2 b) 1,27 c) 2,9

8.20. Tính giá trị tuyệt đối công của 1 kg môi chất trong chu trình máy lạnh không khí. Nhiệt độ của không khí vào máy nén là $-3^{\circ}C$, nhiệt độ ra khỏi máy nén $127^{\circ}C$, nhiệt độ không khí vào buồng lạnh $-53^{\circ}C$.

- a) 24,07 kJ/kg b) 31,3 kJ/kg c) 36,11 kJ/kg

8.21. Máy lạnh dùng NH_3 , áp suất sôi 2 bar, áp suất ngưng tụ 10 bar. 6 kg/s dung dịch muối được làm lạnh trong bình bay hơi, nhiệt độ giảm từ $-5^{\circ}C$ đến $-10^{\circ}C$. Nhiệt dung riêng của dung dịch muối $C_m = 3,8$ kJ/kg.K. Lưu lượng NH_3 trong máy lạnh là:

- a) 0,21 kg/s b) 0,27 kg/s c) 0,1 kg/s

8.22. Để duy trì tủ lạnh thường xuyên ở nhiệt độ 2°C cần phải lấy đi một lượng nhiệt là 200 kJ/min . Nếu biết nhiệt độ môi trường xung quanh là 27°C thì hệ số làm lạnh của tủ lạnh phải là bao nhiêu?

- a) 11 b) 17,96 c) 13,63

8.23. Một máy điều hòa nhiệt độ đã được dùng ở chế độ bơm nhiệt được lắp cho 1 căn hộ. Nếu trong 1 đêm mùa đông lượng nhiệt tổn thất là $23,4\text{ kW}$ khi ngoài trời 5°C và nhiệt độ trong căn hộ được duy trì 25°C . Tính lượng tiền phải trả cho cả đêm (8h) chạy điều hòa sưởi. Biết 1 kWh điện giá 1500 đồng.

- a) 18845,64 đồng b) 52268,41 đồng c) 20201,44 đồng

PHẦN 2

TRUYỀN NHIỆT

CHƯƠNG 1

DẪN NHIỆT

Định luật Fourier dòng nhiệt

$$q = -\lambda \cdot \text{grad} t \quad \text{W/m}^2$$

$$Q = q \cdot F \quad \text{W}$$

dòng nhiệt trong một thời gian τ (s) $Q_0 = Q \cdot \tau \quad \text{J}$

1.1. Phương trình vi phân dẫn nhiệt

1.2. Phương trình tổng quát và các trường hợp riêng

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{C\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{C\rho}$$

1.3. Dẫn nhiệt ổn định khi không có nguồn bên trong

1.3.1. Dẫn nhiệt qua vách phẳng

vách 1 lớp $q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}), \text{ W/m}^2$

nhiều lớp $q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum R_i}, \text{ W/m}^2$

1.3.2. Dẫn nhiệt qua vách trụ

$$q_l = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

9.1. Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 2 lớp có chiều dày tương ứng là 100 mm và 200 mm. Biết nhiệt độ bề mặt $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng 0,4 W/mK và nhiệt trở của lớp thứ 2 bằng 0,4 mK/W. Xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 :

a) $99,92^\circ\text{C}$

b) 20°C

c) $39,3^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách phẳng vách phẳng 2 lớp $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, $\delta_1 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, $\delta_2 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, $\lambda_1 = 0,4 \text{ W/mK}$, $R_2 = 0,4 \text{ mK/W}$. Hãy xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 .

Bài giải:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} = \frac{150 - 100}{\frac{0,1}{0,4}} = 200 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{t_1 - t_3}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{t_2 - t_3}{R_2} = 200 \gg t_3 = t_2 - q \cdot R_2$$

$$t_3 = 100 - 200 \cdot 0,4 = 20^\circ\text{C}$$

9.2. Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 2 lớp có đường kính tương ứng $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 200 \text{ mm}$ và $d_3 = 300 \text{ mm}$. Biết nhiệt độ bề mặt $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng 0,4 W/mK và nhiệt trở của lớp thứ 2 bằng 0,4 mK/W. Xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 :

a) $63,74^\circ\text{C}$

b) $54,38^\circ\text{C}$

c) $27,52^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 2 lớp : $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, $d_1 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, $d_2 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, $d_3 = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,4 \text{ W/mK}$, $R_2 = 0,4 \text{ mK/W}$. Hãy xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 .

Bài giải:

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{150 - 100}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,4} \ln \frac{0,2}{0,1}} = 181,2 \text{ W/m}$$

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t_2 - t_3}{\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} = 181,2 \gg t_3 = t_2 - q_l \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$t_3 = 100 - 181,2 \frac{1}{2\pi * 0,4} \ln \frac{0,3}{0,2} = 27,52^\circ\text{C}$$

9.3. Vách trụ hai lớp có đường kính $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 200 \text{ mm}$ và $d_3 = 300 \text{ mm}$. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là $0,3 \text{ W/mK}$, và $0,7 \text{ W/mK}$. Biết nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là $t_2 = 350^\circ\text{C}$, nhiệt độ bề mặt lớp ngoài cùng là $t_3 = 180^\circ\text{C}$. Xác định nhiệt độ mặt trong cùng t_1 :

a) $1028,11^\circ\text{C}$

b) $1942,82^\circ\text{C}$

c) $2453,46^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 2 lớp $t_3 = 180^\circ\text{C}$, $t_2 = 350^\circ\text{C}$, $d_1 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, $d_2 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, $d_3 = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,3 \text{ W/mK}$, $\lambda_2 = 0,7 \text{ W/mK}$. Hãy xác định nhiệt độ mặt trong cùng t_1 .

Bài giải:

$$q_l = \frac{t_2 - t_3}{\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} = \frac{350 - 180}{\frac{1}{2\pi * 0,7} \ln \frac{0,3}{0,2}} = 1843,12 \text{ W/m}$$

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t_2 - t_3}{\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} = 1843,12 \gg t_1 = t_2 + q_l \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_3 = 350 + 1843,12 \frac{1}{2\pi * 0,3} \ln \frac{0,2}{0,1} = 1028,11^\circ\text{C}$$

9.4. Một ống có đường kính ngoài 400 mm , hệ số dẫn nhiệt 25 W/m.K , nhiệt trở ứng với 1 m chiều dài ống $R_l = 0,00441 \text{ mK/W}$. Trong trường hợp này đường kính trong của ống sẽ là bao nhiêu?

a) $199,4 \text{ mm}$

b) $100,3 \text{ mm}$

c) $351,77 \text{ mm}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 1 lớp, $d_2 = 400 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$; $\lambda_1 = 25 \text{ W/mK}$.

Hãy xác định d_1 mặt trong cùng, nhiệt trở ống $0,00441 \text{ mK/W}$.

Bài giải:

Nhiệt trở của vách trụ được tính như sau:

$$R = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} = 0,00441 \text{ mK/W}$$

$$\ln \frac{d_2}{d_1} = 0,00441 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 25 = 0,69$$

$$d_2 = d_1 e^{0,69} \gg d_1 = \frac{d_2}{e^{0,69}} = \frac{400}{e^{0,69}} = 199,4 \text{ mm}$$

9.5. Vách phẳng có chiều dày 220 mm, hệ số dẫn nhiệt 0,7 W/mK. Lượng nhiệt truyền qua 20 m² vách phẳng trong 1 phút là 8,4 kJ. Tính giá trị tuyệt đối của gradien nhiệt độ trong vách.

a) 12 K/m

b) 10 K/m

c) 20,05 K/m

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách phẳng 1 lớp, $\delta_1 = 220 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,7 \text{ W/mK}$. Hãy xác định giá trị tuyệt đối của gradien nhiệt độ trong vách, $\tau = 1 \text{ phút} = 60 \text{ s}$.

Bài giải:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{Q_\tau}{F\tau} = \frac{8,4}{20 \cdot 60} = 7 \text{ W/m}^2$$

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x}$$

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \left| -\frac{q}{\lambda} \right| = \frac{7}{0,7} = 10 \text{ K/m}$$

9.6. Vách phẳng 1 lớp, độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt là 50°C. Chiều dày của vách bằng 65 mm. Để tổn thất nhiệt qua 1 m² vách trong 3 giờ không lớn hơn 2052 kJ cần chọn vật liệu làm vách có hệ số dẫn nhiệt như thế nào:

a) 247 W/mK

b) 0,488 W/mK

c) 0,247 W/mK

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách phẳng 1 lớp, $\delta_1 = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$; $\Delta t = 50^\circ\text{C}$, $Q < 2052 \text{ kJ}$ trong 3 h trên 1 m². Hãy chọn λ .

Bài giải: Xuất phát từ định luật Fourier ta được:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{Q_\tau}{F\tau} \leq \frac{2052 \cdot 1000}{1 \cdot 3 \cdot 3600} = 190 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} = \frac{\Delta t}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} = 190 \text{ W/m}^2$$

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\Delta t}{190} = \frac{50}{190} = 0,263 \gg t_3 = t_2 - q \cdot R_2$$

$$\lambda_1 = \frac{\delta_1}{0,263} = \frac{0,065}{0,263} = 0,247 \text{ W/mK}$$

Do dòng nhiệt nhỏ hơn 190 W/m^2 nên ta phải chọn chất có hệ số dẫn nhiệt λ nhỏ hơn $0,247 \text{ W/mK}$.

9.7. Vách trụ có đường kính trong $d_1 = 40 \text{ mm}$, chiều dày bằng 15 mm , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,4 \text{ W/mK}$. Nhiệt độ bề mặt vách trong $t_1 = 250^\circ\text{C}$, nhiệt độ bề mặt vách ngoài $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Tính mật độ dòng nhiệt trên 1 m^2 ứng với bề mặt phía ngoài:

- a) $4697,1 \text{ W/m}^2$ b) $7652,67 \text{ W/m}^2$ c) $9457,14 \text{ W/m}^2$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 1 lớp, $d_2 = 40\text{mm} + 15\text{mm} = 55\text{mm}$; $\lambda_1 = 0,4 \text{ W/mK}$, $t_1 = 250^\circ\text{C}$, $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Hãy xác định mật độ dòng nhiệt q_2 trên 1 m^2 ứng với bề mặt phía ngoài.

$$d_2 = d_1 + 2\delta = 40 + 2 \cdot 15 = 70 \text{ mm} = 0,07 \text{ m}$$

Bài giải:

Mật độ dòng nhiệt trên 1 đơn vị chiều dài được tính như sau:

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{250 - 20}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,4} \ln \frac{0,07}{0,04}} = 132,42 \text{ W/m}$$

$$Q = q_l l = q_2 F_2 = q_2 \Pi d_2 l$$

$$q_2 = \frac{q_l}{\Pi d_2} = \frac{132,42}{3,14 \cdot 0,07} = 4697,1 \text{ W/m}^2$$

9.8. Tường xây bằng gạch đỏ dày 30 cm , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,8 \text{ W/mK}$, nhiệt độ bề mặt ngoài là 18°C , bề mặt trong là 28°C . Coi nhiệt độ mặt ngoài và hệ số dẫn nhiệt không đổi. Nếu chiều dày tường chỉ là 20 cm còn tổn thất nhiệt qua tường vẫn như cũ thì nhiệt độ bề mặt trong là:

- a) 33°C b) $48,171^\circ\text{C}$ c) $24,667^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách phẳng 1 lớp, $\delta_1 = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,8 \text{ W/mK}$, $t_1 = 18^\circ\text{C}$, $t_2 = 28^\circ\text{C}$. Nếu $\delta_1 = 20 \text{ cm}$ thì $t_2 =$ bao nhiêu coi tổn thất nhiệt không đổi $q = \text{const}$.

Bài giải:

Mật độ dòng nhiệt qua 2 trường hợp là như nhau:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\delta_1} = \frac{28 - 18}{\frac{\lambda_1}{0,8}} = 26,67 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{t_1 - t'_2}{\delta'_1} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\lambda_1}{\lambda_2}} \text{ hay } \frac{t_1 - t'_2}{\delta'_1} = \frac{t_1 - t_2}{\delta_1}$$

$$\frac{18 - t'_2}{20} = \frac{18 - 28}{30} \gg t'_2 = 18 + 20 \frac{28 - 18}{30} = 24,667^\circ\text{C}$$

Như vậy nhiệt độ mặt trong là $24,667^\circ\text{C}$.

9.9. (MS: 141901).

Có một ống dẫn hơi đường kính ngoài 45 mm được bọc cách nhiệt. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa mặt ngoài của lớp cách nhiệt với không khí bằng $8 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt bằng $0,3 \text{ W/mK}$. Chiều dày cách nhiệt tối hạn bằng:

a) 15 mm

b) 38,338 mm

c) 26,695 mm

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 2 lớp, $d_2 = 45\text{mm} = 0,045 \text{ m}$; $\alpha_1 = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\lambda_2 = 0,3 \text{ W/mK}$. Hãy xác định chiều dày cách nhiệt tối hạn.

Bài giải:

Phần này liên quan đến đường kính cách nhiệt tối hạn, nhớ lại là đường kính cách nhiệt tối hạn ứng với nhiệt trở toàn phần nhỏ nhất; để thỏa mãn điều này ta có:

$$Bi_{th} = \frac{\alpha_2 d_{th}}{\lambda_{cn}} = 2$$

$$d_{th} = \frac{2\lambda_{cn}}{\alpha_2}, \text{ ta chọn } d_{cn} > d_{th}$$

$$d_{th} = \frac{2\lambda_{cn}}{\alpha_2} = \frac{2 \cdot 0,3}{8} = 0,075 \text{ m}$$

Để việc bọc cách nhiệt dẫn đến việc giảm q_1 ta phải chọn $d_{cn} > 0,075 \text{ m}$ nghĩa là chiều dày $\delta_{cn} = (0,075 - 0,045)/2 = 0,015 \text{ m}$.

9.10. Một ống dẫn hơi có đường kính ngoài $d_2 = 100 \text{ mm}$ được bọc một lớp cách nhiệt có hệ số dẫn nhiệt bằng $0,04 \text{ W/mK}$. Hơi nước trong ống có nhiệt độ 270°C , không khí bên ngoài có nhiệt độ 30°C . Nhiệt trở của hơi nước trong ống là $R_1 = 0,006 \text{ mK/W}$, nhiệt trở của không khí bên ngoài ống $R_2 = 0,25 \text{ mK/W}$, nhiệt trở của vách kim loại không đáng kể. Xác định chiều dày lớp cách nhiệt nếu tổn thất trên trên 1m ống là $q = 150 \text{ W/m}$.

a) 20,08 mm

b) 49,26 mm

c) 45,63 mm

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt qua vách trụ 2 lớp, $d_2 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$; $\alpha_1 = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\lambda_2 = 0,3 \text{ W/mK}$, $t_{hơi} = 270^\circ\text{C}$, $t_{không\ khí} = 30^\circ\text{C}$, $R_1 = 0,006 \text{ mK/W}$, $R_2 = 0,25 \text{ mK/W}$, $q_1 = 150 \text{ W/m}$. Hãy xác định chiều dày cách nhiệt tối hạn.

Bài giải:

Ta viết lại biểu thức nhiệt trở toàn phần cho vách trụ 2 lớp, một lớp trong đó là cách nhiệt, đối với vách phẳng khi tăng chiều dày cách nhiệt δ thì tổn thất nhiệt giảm, nhưng đối với vách trụ, khi tăng chiều dày của vách nhiều khi lại làm tăng tổn thất nhiệt, nghĩa là tăng q_1 . Như vậy ta phải tìm chiều dày cách nhiệt tối hạn.

$$q_1 = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\Pi \alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_{cn}}{d_2} + \frac{1}{\Pi \alpha_2 d_{cn}}}$$

$$q_1 = \frac{240 - 30}{R_1 + \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_{cn}}{d_2} + R_2} = 150 \quad \text{W/m}$$

$$\text{Vì } \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} \approx 0 \text{ nên}$$

$$1 = \frac{240 - 30}{R_1 + \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_{cn}}{d_2} + R_2} = 150 \text{ W/m}$$

$$\text{suy ra } \frac{1}{2\Pi \lambda_1} \ln \frac{d_{cn}}{d_2} = \frac{210}{150} - R_1 - R_2 = \frac{210}{150} - 0,006 - 0,25 = 1,144$$

$$\ln \frac{d_{cn}}{d_2} = 1,144 * 6,28 * 0,04 = 0,287$$

$$\text{suy ra } d_{cn} = d_2 e^{0,287} = 0,1e^{0,287} = 0,14 \text{ m}$$

Vậy chiều dày tương ứng của lớp cách nhiệt sẽ là:

$$\delta_{cn} = (0,14 - 0,1)/2 = 0,02 \text{ m}$$

Bài tập về nhà:

9.11. Vách phẳng 3 lớp có chiều dày các lớp tương ứng là 100 mm, 200 mm và 150 mm. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là 0,3 W/mK, 0,7 W/mK và 0,6 W/mK. Biết nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là $t_{w2} = 350^\circ\text{C}$, nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 2 và lớp 3 là $t_{w3} = 180^\circ\text{C}$. Xác định nhiệt độ mặt ngoài cùng t_{w4} .

- a) $201,25^\circ\text{C}$ b) $72,5^\circ\text{C}$ c) $31,25^\circ\text{C}$

9.12. Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 2 lớp, dài 2 m có đường kính tương ứng $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 200 \text{ mm}$, $d_3 = 300 \text{ mm}$. Biết mật độ dòng nhiệt truyền từ trong ra ngoài và nhiệt độ tại bề mặt ngoài cùng, ứng với đường kính d_3 bằng 150 W/m^2 và 70°C , hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất 0,4 W/mK và của lớp thứ hai bằng 0,4 W/mK. Xác định nhiệt độ bề mặt tiếp giáp giữa 2 lớp.

- a) $104,2^\circ\text{C}$ b) $92,81^\circ\text{C}$ c) $82,72^\circ\text{C}$

9.13. Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 2 lớp. Gradient nhiệt độ trong lớp thứ nhất là 10 K/m, trong lớp thứ 2 là 20 K/m. Khi hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng 0,76 W/mK thì mật độ dòng nhiệt qua lớp thứ 2 là:

- a) $15,2 \text{ W/m}^2$ b) $12,259 \text{ W/m}^2$ c) $7,6 \text{ W/m}^2$

9.14. Vách phẳng gồm 2 lớp vật liệu có bề dày như nhau, hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ nhất bằng 1 kcal/m.h.K. Khi ổn định nhiệt, độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt của lớp thứ nhất là 10°C , của lớp còn lại là 20°C . Hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ hai là:

- a) $2,322 \text{ W/mK}$ b) $1,19 \text{ W/mK}$ c) $0,581 \text{ W/mK}$

9.15. Dẫn nhiệt ổn định qua một ống có đường kính trong 100 mm, chiều dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 0,6 W/mK. Nhiệt độ vách ngoài 343 K . Biết trong 1 phút nhiệt tổn thất qua 10 m ống là 60 kcal. Tính nhiệt độ mặt trong của ống.

- a) $363,22^\circ\text{C}$ b) $90,22^\circ\text{C}$ c) $206,81^\circ\text{C}$

9.16. Tường lò nung là vách phẳng 2 lớp có chế độ nhiệt ổn định. Lớp bên trong dày 230 mm và hệ số dẫn nhiệt bằng 0,7 W/mK, lớp bên ngoài là gạch cách nhiệt có chiều dày 115 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 0,1 W/mK.

Nhiệt độ mặt trong của tường lò bằng 1000°C , nhiệt độ mặt ngoài của tường lò bằng 175°C . Tính nhiệt độ tại bề mặt tiếp xúc giữa hai lớp.

- a) $816,66^{\circ}\text{C}$ b) $1211,25^{\circ}\text{C}$ c) $1760,32^{\circ}\text{C}$

9.17. Vách trụ 1 lớp. Độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt là 60°C . Nhiệt trở dẫn nhiệt là $0,6 \text{ mK/W}$. Để tổn thất nhiệt giảm đi 2 lần khi độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt trong và ngoài không đổi cần thêm một lớp thứ hai có nhiệt trở dẫn nhiệt bằng:

- a) $1,8 \text{ mK/W}$ b) $1,471 \text{ mK/W}$ c) $0,6 \text{ mK/W}$

9.18. Một ống xây bằng gạch đỏ có đường kính ngoài 380 mm , hệ số dẫn nhiệt của gạch bằng $0,7 \text{ W/mK}$, nếu nhiệt trở của ống bằng $0,0654 \text{ mK/W}$ thì đường kính trong của ống là:

- a) $0,28 \text{ mm}$ b) $285,05 \text{ mm}$ c) $511,73 \text{ mm}$

9.19. Nguồn nhiệt bên trong một tường gạch dày 250 mm bằng 140 W/m^3 . Nếu độ chênh nhiệt độ giữa tâm tường và bề mặt bằng 25°C thì hệ số dẫn nhiệt của tường bằng:

- a) $0,35 \text{ W/mK}$ b) $0,022 \text{ W/mK}$ c) $0,044 \text{ W/mK}$

9.20. Tường lò sấy có diện tích 12 m^2 xây bằng gạch dày 250 mm , nhiệt độ mặt trái của tường bằng 45°C . Hệ số dẫn nhiệt của gạch bằng $0,7 \text{ W/mK}$. Nhiệt dẫn truyền qua tường từ trái sang phải bằng 500 W . Nhiệt độ mặt phải của tường bằng:

- a) $30,12^{\circ}\text{C}$ b) $49,83^{\circ}\text{C}$ c) $43,63^{\circ}\text{C}$

9.21. Có một ống dẫn hơi đường kính ngoài 50 mm được bọc cách nhiệt. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa mặt ngoài của lớp cách nhiệt với không khí bằng $15 \text{ W/m}^2\text{K}$. hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt bằng $0,5 \text{ W/mK}$. Chiều dày cách nhiệt tối hạn bằng:

- a) $66,667 \text{ mm}$ b) $8,333 \text{ mm}$ c) $12,635 \text{ mm}$

9.22. Vách phẳng 4 lớp có chiều dày mỗi lớp như nhau và bằng 200 mm . Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là $0,5 \text{ W/mK}$; $0,6 \text{ W/mK}$; $0,5 \text{ W/mK}$ và $0,8 \text{ W/mK}$. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc giữa lớp thứ 2 và lớp thứ 3 là $t_3 = 110^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ bề mặt ngoài của lớp thứ 4 là $t_5 = 50^{\circ}\text{C}$ (Nhiệt độ ký hiệu tương ứng với số lớp từ t_1 đến t_5). Xác định nhiệt độ tại bề mặt tiếp xúc giữa lớp 1 và lớp 2.

- a) $79,23^{\circ}\text{C}$ b) $140,76^{\circ}\text{C}$ c) $333,58^{\circ}\text{C}$

9.23. Vách phẳng 1 lớp có chiều dày bằng 500 mm. Hệ số dẫn nhiệt bằng 0,2 W/mK. Nhiệt độ tại bề mặt trong $t_1 = 300^\circ\text{C}$. Nhiệt độ tại bề mặt song song với bề mặt trong và cách bề mặt trong 100 mm là 250°C (theo chiều dẫn nhiệt). Xác định nhiệt độ tại bề mặt ngoài của vách.

a) 50°C

b) $129,68^\circ\text{C}$

c) $78,02^\circ\text{C}$

9.24. Vách trụ dài vô hạn có đường kính trong $d_1 = 200$ mm, hệ số trao đổi nhiệt của chất lỏng nóng bên trong là $\alpha_1 = 30$ W/m²K, chất lỏng lạnh ở bên ngoài có hệ số trao đổi nhiệt là $\alpha_2 = 12$ W/m²K. Khi truyền nhiệt ổn định nếu độ chênh nhiệt độ chất lỏng nóng và bề mặt trong là Δt_1 , giữa bề mặt ngoài với chất lỏng lạnh là Δt_2 bằng nhau thì đường kính ngoài của vách bằng:

a) 80 mm

b) 500 mm

c) 843,46 mm

1.4. Dẫn nhiệt không ổn định

Dẫn nhiệt không ổn định khi đốt nóng hay làm nguội một tấm phẳng hay hình trụ.

Phương trình vi phân truyền nhiệt có dạng

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \text{ hay } \delta = t - t_f$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2}$$

Với điều kiện biên:

$$t = t_o = \text{const } \theta_o = t_o - t_f$$

điều kiện biên

$$\left(\frac{\partial \delta}{\partial x}\right)_{x=\delta} = \pm \frac{\alpha}{\lambda} \delta_w = \pm \frac{\alpha}{\lambda} (t_w - t_f)$$

$$\delta = f(\alpha, \lambda, a, \tau, x, y, z, t_o, t_f \dots)$$

Nếu đưa về dạng không thứ nguyên:

$$\theta(x) = \frac{\delta}{\delta_o} = f(Bi, Fo, \frac{x}{l})$$

$$Bi = \frac{\alpha \delta_o}{\lambda}, Fo = \frac{a \tau}{\delta_o^2}, X = \frac{x}{\delta_o}$$

Có thể giải gần đúng bài toán dẫn nhiệt không ổn định qua đồ thị để tính nhiệt độ dư không thứ nguyên

$$\theta_{x=\delta} = f_1(Bi, Fo)$$

$$\theta_{x=0} = f_2(Bi, Fo)$$

Các biểu đồ này được lập với tấm phẳng, hình trụ và hình cầu.

Lượng nhiệt vật thải từ nhiệt độ ban đầu t_0 đến nhiệt độ môi trường xung quanh t_f sẽ là

$$Q_{0 \rightarrow x} = 2\delta f \rho C(t_0 - t_f)$$

Lượng nhiệt vật thải từ nhiệt độ ban đầu t_0 đến nhiệt độ t bất kỳ sẽ là

$$Q_{0 \rightarrow t} = 2\delta f \rho C(t_0 - t)$$

Lượng nhiệt vật thải từ nhiệt độ ban đầu τ đến nhiệt độ $\tau = x$ sẽ là

$$Q_{\tau \rightarrow x} = Q_{0 \rightarrow x} - Q_{0 \rightarrow \tau} = 2\delta f \rho C(t - t_f)$$

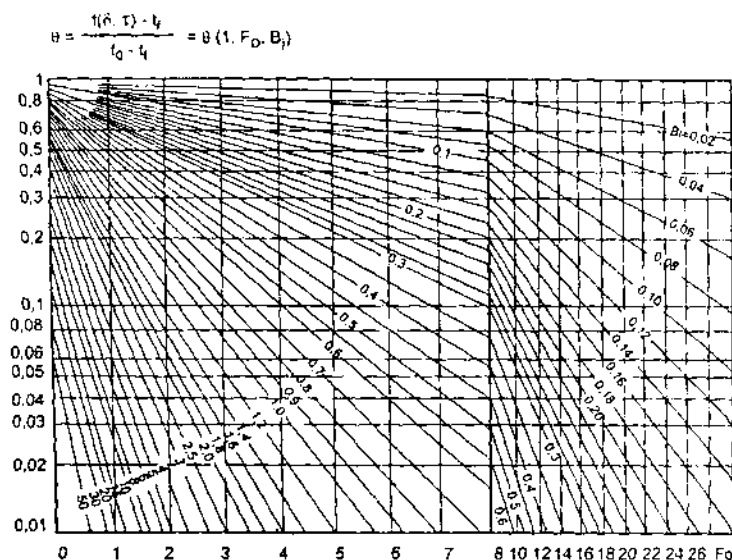
Suy ra

$$\frac{Q_{0 \rightarrow \tau}}{Q_{0 \rightarrow x}} = \left(1 - \frac{(t - t_f)}{(t_0 - t_f)}\right) = f_q(Bi, Fo)$$

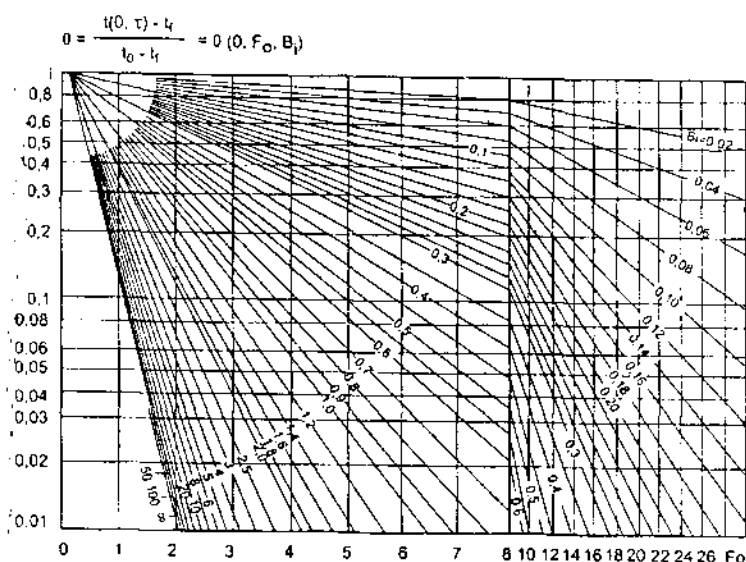
Như vậy có thể tính được

$$Q_{0 \rightarrow \tau} = f_q(Bi, Fo) Q_{0 \rightarrow x}$$

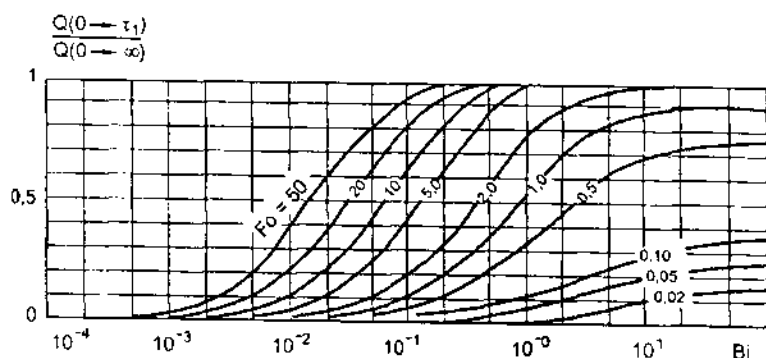
Các biểu đồ xác định trường nhiệt độ tại tấm phẳng và hình trụ



Hình 9.1. Biểu đồ xác định trường nhiệt độ tại bề mặt tấm phẳng



Hình 9.2. Biểu đồ xác định trường nhiệt độ tại tâm tấm phẳng



Hình 9.3. Biểu đồ xác định lượng nhiệt trao đổi của tấm phẳng

Bài giải mẫu

9.25. Một tấm phẳng có kích thước 10x800x1500 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 0,6 W/mK, được làm nguội với điều kiện biên đối xứng trong một kênh gió hình trụ có đường kính 1 m. Không khí làm nguội thổi qua kênh có nhiệt độ 20°C, hệ số dẫn nhiệt 0,0259 W/mK. Hãy xác định hệ số toả nhiệt từ bề mặt tấm khi tiêu chuẩn Biot của quá trình làm nguội bằng 0,9.

- a) 108 W/m²K b) 187,09 W/m²K c) 170,59 W/m²K

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng, $2\delta = 10$ mm, $\lambda = 0,6$ W/mK, $\alpha = 8$ W/m²K.

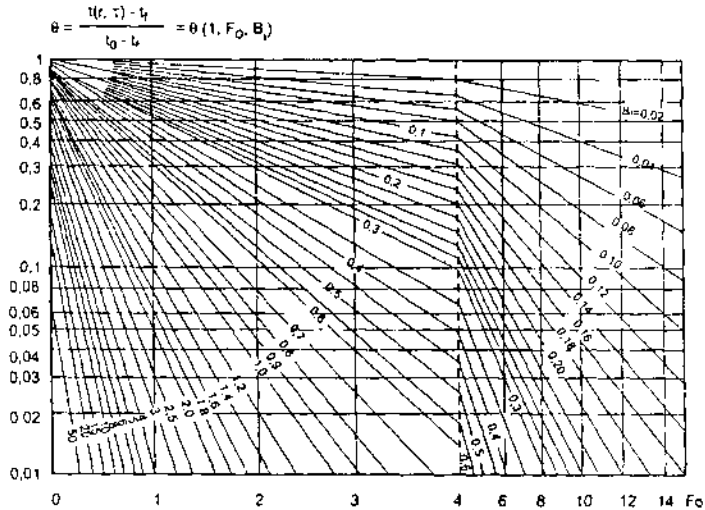
Hãy xác định chiều dày cách nhiệt tối hạn.

Bài giải: Biết tiêu chuẩn Bi

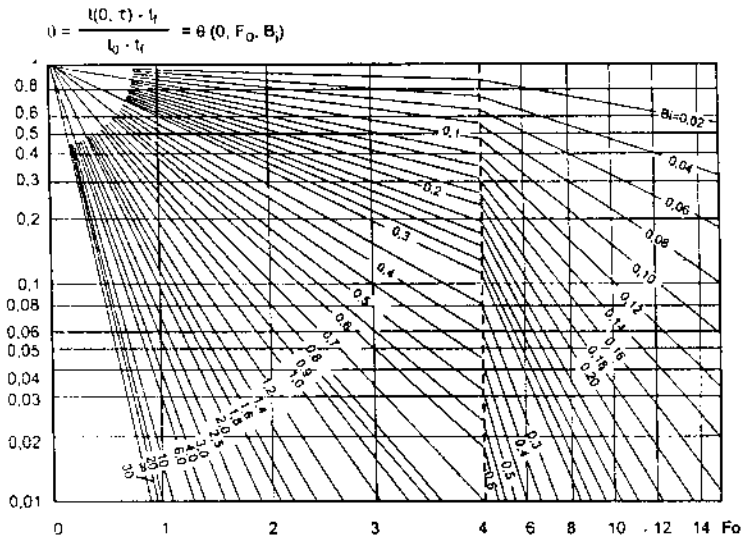
$$Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda} = 0,9$$

$$Bi = \frac{\alpha 0,005}{0,6} = 0,9 \text{ suy ra } \alpha = 0,9 \frac{0,6}{0,005} = 108 \text{ W / m}^2\text{K}$$

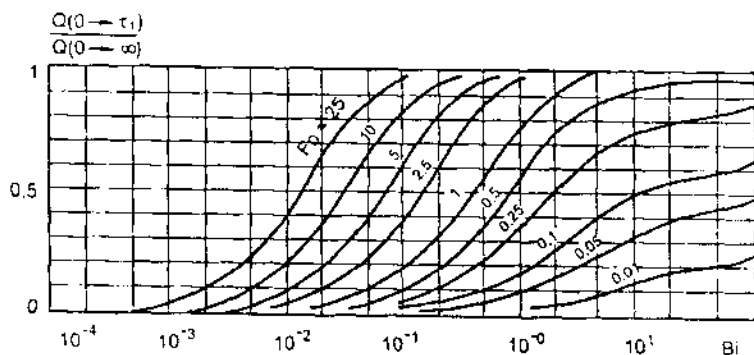
Chú ý: Cần chú ý là trong công thức tính Bi, kích thước xác định là nửa chiều dày, chứ không phải cả chiều dày. Đây là lỗi thường gặp.



Hình 9.4. Biểu đồ xác định trường nhiệt độ tại bề mặt hình trụ



Hình 9.5. Biểu đồ xác định trường nhiệt độ tại tâm hình trụ



Hình 9.6. Biểu đồ xác định lượng nhiệt trao đổi của hình trụ

9.26. Để làm nguội một tấm phẳng có bề dày 2δ từ 600°C xuống 40°C cần thời gian làm nguội bằng 3h. Thời gian làm nguội sẽ bằng bao nhiêu khi hệ số dẫn nhiệt độ tăng lên 1,2 lần còn các điều kiện khác không đổi:

- a) 2,5 h b) 5,24 h c) 3,63 h

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng có bề dày 2δ , từ $t_0 = 600^\circ\text{C}$, xuống $t_f = 40^\circ\text{C}$, $\tau_1 = 3\text{h}$, nếu $\alpha_2 = 1,2\alpha_1$ thì τ_2 sẽ là bao nhiêu?

Bài giải:

Các điều kiện khác không đổi nghĩa là $Fo = \text{const}$ trong cả hai trường hợp.

$$Fo_1 = Fo_2 \gg$$

$$\frac{a_1 \tau_1}{\delta^2} = \frac{a_2 \tau_2}{\delta^2} \quad \tau_2 = \tau_1 \frac{a_1}{a_2} = \tau_1 \frac{a_1}{1,2a_1} = \frac{3}{1,2} h = 2,5 h$$

9.27. Một tấm phẳng có chiều dày 100 mm, được đốt nóng 2 mặt từ nhiệt độ ban đầu 20°C đến nhiệt độ cuối bằng 400°C . Tiêu chuẩn $Fo = 6$. Vật liệu làm tấm phẳng có hệ số dẫn nhiệt bằng 25 W/mK , nhiệt dung riêng bằng $0,6 \text{ kJ/kgK}$ và khối lượng riêng bằng 7800 kg/m^3 . Hỏi thời gian nung tương ứng:

- a) 2808 h b) 0,78 h c) 1,51 h

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng có bề dày $2\delta = 100 \text{ mm}$, từ $t_0 = 20^\circ\text{C}$, lên nhiệt độ $t_f = 400^\circ\text{C}$, $\lambda = 25 \text{ W/mK}$, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $C = 0,6 \text{ kJ/kgK}$, Hãy tính τ .

Bài giải:

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta^2} = \frac{a\tau}{\delta^2} = 6, \quad \delta = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}, \quad a = \frac{\lambda}{\rho C} = \frac{25}{7800 * 0,6}$$

$$\tau = \frac{Fo\delta^2}{a} = \frac{6 * 0,05^2 * 7800 * 0,6}{25} = 2808 \text{ s} = 0,78 \text{ h}$$

9.28. Để làm nguội cả hai mặt một tấm phẳng có bề dày δ (có $C = 0,8 \text{ kJ/kgK}$; $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$) từ 650°C xuống 100°C cần thời gian làm nguội $\tau = 3\text{h}$. Thời gian làm nguội sẽ bằng bao nhiêu giờ nếu $C = 1,8 \text{ kJ/kgK}$; $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$ còn các điều kiện khác không đổi.

a) 1,09 h

b) 16,6 h

c) 8,25 h

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng có bề dày 2δ , từ $t_0 = 650^\circ\text{C}$, xuống nhiệt độ $t_f = 400^\circ\text{C}$, $C_1 = 0,8 \text{ kJ/kgK}$; $\rho_1 = 1800 \text{ kg/m}^3$, $\tau_1 = 3\text{h}$. Nếu $\rho_2 = 2200 \text{ kg/m}^3$, $C_2 = 1,8 \text{ kJ/kgK}$. Hãy tính τ_2 .

Bài giải:

Vì các điều kiện nhiệt độ như nhau nên tiêu chuẩn đồng dạng của chúng sẽ giống nhau:

$$Fo = \frac{a_1\tau_1}{\delta^2} = \frac{a_2\tau_2}{\delta^2},$$

$$\lambda, \delta = \text{const}, \quad a_1 = \frac{\lambda}{\rho_1 C_1}; \text{ suy ra } a_1\tau_1 = a_2\tau_2$$

$$\tau_2 = \frac{a_1\tau_1}{a_2} = \frac{\frac{\lambda}{\rho_1 C_1} \tau_1}{\frac{\lambda}{\rho_2 C_2}} = \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1} \tau_1 = \frac{2200 * 1,8}{1800 * 0,8} 3 \text{ h} = 8,25 \text{ h}$$

9.29. Một bức tường gạch lớn chiều dày 15 cm có nhiệt độ đồng đều ban đầu 0°C vào lúc nửa đêm. Từ 9h sáng nhiệt độ không khí xung quanh là 15°C và giữ nguyên không đổi đến 4h chiều. Hãy tính nhiệt độ bề mặt tường vào giữa trưa. Biết hệ số tỏa nhiệt ở 2 bề mặt tường là $50 \text{ W/m}^2\text{K}$ và $\lambda = 0,72 \text{ W/mK}$, $a = 449,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

a) $13,98^\circ\text{C}$

b) $15,38^\circ\text{C}$

c) $19,38^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng có bề dày $2\delta = 15 \text{ cm}$, từ $t_0 = 0^\circ\text{C}$, lên nhiệt độ $t_f = 15^\circ\text{C}$, $\alpha = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\lambda = 0,72 \text{ W/mK}$, $a = 449,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Hãy tính $\theta_{x=\delta}$.

Bài giải:

Ta tính các tiêu chuẩn đồng dạng Bi và Fo , thời gian từ 9 h sáng đến trưa là 3 tiếng, tức là $t = 3.3600 = 10800 \text{ s}$.

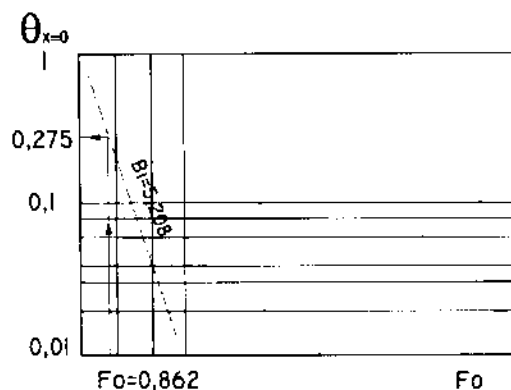
$$Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda} = \frac{50 \cdot 0,075}{0,72} = 5,208$$

$$Fo = \frac{a \tau}{\delta^2} = \frac{449,1 \cdot 10^{-9} \cdot 10800}{0,075^2} = 0,862$$

Ta chọn đồ thị vách phẳng, nhiệt độ tâm tường, giao điểm của Bi và Fo cắt nhau tại giá trị (xem hình 9.7).

$$\theta_{x=0} = \frac{(t_{x=0} - t_f)}{(t_0 - t_f)} = 0,275$$

$$t_{x=0} = t_f + 0,275(t_0 - t_f) = 15 + 0,275(0 - 15) = 10,88^\circ\text{C}$$



Hình 9.7.

Ta chọn đồ thị vách phẳng, nhiệt độ bề mặt, giao điểm của Bi và Fo cắt nhau tại giá trị

$$\theta_{x=\delta} = \frac{(t_{x=\delta} - t_f)}{(t_0 - t_f)} = 0,0677$$

$$t_{x=\delta} = t_f + 0,0677(t_0 - t_f) = 15 + 0,0677(0 - 15) = 13,98^\circ\text{C}$$

9.30. Một lát bánh mỳ dày 1 cm ($\lambda = 0,120 \text{ W/mK}$, $\rho = 280 \text{ kg/m}^3$, $C = 3600 \text{ J/kgK}$) có nhiệt độ ban đầu 3°C khi được lấy từ trong tủ lạnh ra. Lát bánh được đưa vào nướng trong lò có nhiệt độ 120°C không đổi. Biết hệ số tỏa nhiệt đối lưu là $5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Xác định thời gian cần nướng lát bánh mỳ để nhiệt độ tâm của lát bánh đạt 40°C .

a) 294 s

b) 336 s

c) 390,94 s

Tóm tắt đầu bài:

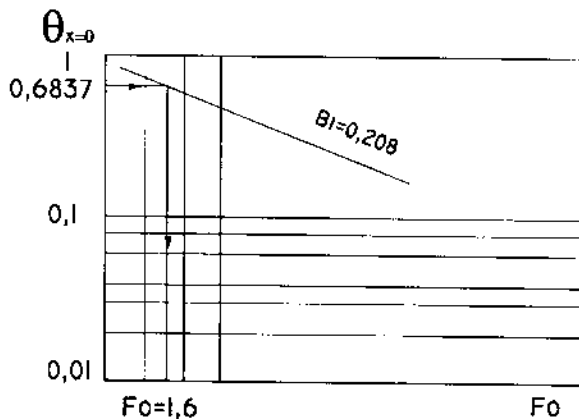
Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua vách phẳng – lát bánh mỳ – có bề dày $2\delta = 1 \text{ cm}$, từ $t_0 = 3^\circ\text{C}$, lên nhiệt độ $t_f = 120^\circ\text{C}$, ($\lambda = 0,120 \text{ W/mK}$, $\rho = 280 \text{ kg/m}^3$, $C = 3600 \text{ J/kgK}$). Hãy tính τ .

Bài giải: Xem hình 9.8.

Ta tính được các tiêu chuẩn Bi và nhiệt độ không thứ nguyên tại tâm lát bánh mỳ:

$$\theta_{x=0} = \frac{(t_{x=0} - t_f)}{(t_0 - t_f)} = \frac{(40 - 120)}{(3 - 120)} = 0,6837$$

$$Bi = \frac{\alpha\delta}{\lambda} = \frac{5 * 0,005}{0,12} = 0,208$$



Hình 9.8.

Trên đồ thị ta tra được $Fo = 1,6$, rút ra được thời gian τ

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta^2} = 1,6, \quad \delta = 0,005\text{m};$$

$$a = \frac{\lambda}{\rho C} = \frac{0,12}{280 * 3600} = 1,1905 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\tau = \frac{Fo\delta^2}{a} = \frac{1,6 * 0,005^2}{1,1905 \cdot 10^{-7}} = 336 \text{ s}$$

9.31. Một lon bia đường kính 60 mm cao 13 cm ở nhiệt độ ban đầu 1°C . Hãy tính thời gian để nhiệt độ của bia đạt 15°C khi lon bia được đặt trong phòng có nhiệt độ 25°C với hệ số tỏa nhiệt $15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Coi tính chất của bia như của nước.

a) 4312,94 s

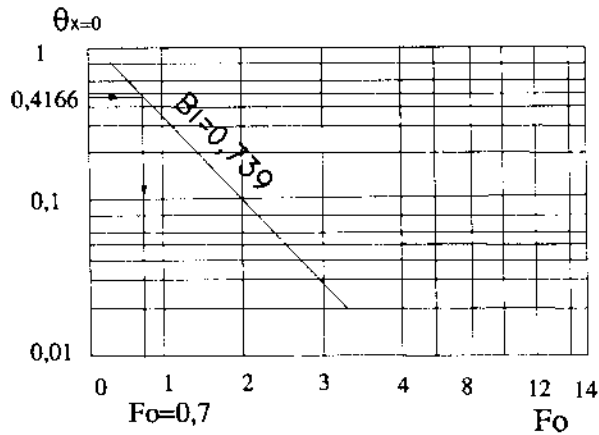
b) 5175,53 s

c) 5850,94 s

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp dẫn nhiệt không ổn định qua thanh trụ – lon bia – có đường kính $d = 2r_0 = 60 \text{ mm}$, từ $t_0 = 1^\circ\text{C}$, lên nhiệt độ $t_f = 25^\circ\text{C}$; Hãy tính τ .

Bài giải:



Hình 9.9.

Với thanh trụ, các tiêu chuẩn đồng dạng có dạng như sau:

$$Bi = \frac{\alpha * r_0}{\lambda}, Fo = \frac{a\tau}{r_0^2}$$

Dựa trên nhiệt độ $t = 25^\circ\text{C}$, dựa vào bảng tính chất của nước, ta tra được $\lambda = 0,6085 \text{ W/mK}$, $\rho = 996,95 \text{ kg/m}^3$, $C = 4,179 \text{ J/kgK}$, suy ra $a = 1,4607 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ta tính được:

$$Bi = \frac{\alpha * r_0}{\lambda} = \frac{15 * 0,03}{0,6085} = 0,739,$$

$$\theta_{r=0} = \frac{(t_{r=0} - t_f)}{(t_0 - t_f)} = \frac{(15 - 25)}{(1 - 25)} = 0,4166$$

Dựa trên đồ thị (xem hình 9.9) ta tra ngược được tiêu chuẩn Fo dựa trên 2 giá trị Bi và nhiệt độ không thứ nguyên 0,4166.

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta^2} = 0,7, \quad \delta = 0,03m; a = 1,4607 \cdot 10^{-7} m^2/s$$

$$\tau = \frac{Fo\delta^2}{a} = \frac{0,7 * 0,03^2}{1,4607 \cdot 10^{-7}} = 4312,9 s$$

Bài tập về nhà:

9.32. (MS: 150501)

Một tấm thép dày 140 mm, được đốt nóng 2 mặt từ 27°C đến 350°C. Hệ số dẫn nhiệt độ bằng 0,025 m²/h. Biết Fourier $Fo = 5$. Tính thời gian đốt nóng tấm thép.

- a) 3,92 h b) 1,6 h c) 0,98 h

9.33. Một tấm phẳng có bề dày 400 mm được làm nguội trong không khí, hệ số dẫn nhiệt của không khí là 0,02 W/mK, của vật liệu là 50W/mK; hệ số tỏa nhiệt bằng 100 W/m²K. Trị số tiêu chuẩn Bi bằng bao nhiêu?

- a) 0,4 b) 1000 c) 0,92

9.34. Để làm nguội một tấm phẳng có bề dày δ từ 600°C xuống 40°C cần thời gian làm nguội bằng 3h. Thời gian làm nguội sẽ bằng bao nhiêu khi hệ số dẫn nhiệt độ tăng lên 1,2 lần, còn các điều kiện khác không đổi.

- a) 9000 s b) 6480 s c) 14150,91s

9.35. Một bức tường gạch lớn chiều dày 15 cm có nhiệt độ đồng đều ban đầu 0°C vào lúc nửa đêm. Từ 9h sáng nhiệt độ không khí xung quanh là 15°C và giữ nguyên không đổi đến 4h chiều. Hãy tính nhiệt độ ở giữa tâm tường vào giữa trưa. Biết hệ số tỏa nhiệt ở 2 bề mặt tường là 50 W/m²K và $\lambda = 0,72$ W/mK, $a = 449,1 \cdot 10^{-9}$ m²/s.

- a) 10,88°C b) 13,98°C c) 19,4°C

9.36. Một thanh thép không gỉ (18%Cr, 8%Ni) ($a = 0,444 \cdot 10^{-5}$ m²/s, $\rho = 7,817$ kg/m³, $C_p = 0,46$ kJ/kgK, $\lambda = 16,3$ W/mK) đường kính 8 mm có nhiệt độ ban đầu 50°C được đốt ngọt nhúng vào bình chất lỏng nóng có nhiệt độ 200°C với hệ số tỏa nhiệt 120 W/m²K. Hãy tính thời gian để nhiệt độ của tâm thanh đạt 110°C.

- a) 33,15 s b) 13261,26s c) 43,64s

9.37. Một khối gạch đặc ($\lambda = 0,69 \text{ W/mK}$, $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$, $C = 0,84 \text{ kJ/kgK}$, $a = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$) cao 1 m dài 3 m rộng 0,5 m được lấy từ lò gạch có nhiệt độ ban đầu 300°C được làm nguội xuống 35°C với hệ số tỏa nhiệt $15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lượng nhiệt khối gạch trên tỏa ra môi trường xung quanh là:

- a) 534240 kJ b) 320544kJ c) 616596,38kJ

9.38. Một lon bia dung tích 350 cm^3 ở nhiệt độ ban đầu 1°C . Hãy tính lượng nhiệt lon bia nhận trong phòng để nhiệt độ của bia đạt 25°C khi lon bia được đặt trong phòng có nhiệt độ 25°C với hệ số tỏa nhiệt $15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Coi tính chất của bia như của nước là coi lon bia như thanh trụ dài vô hạn.

- a) 35,11 kJ b) 28,09 kJ c) 33,08 kJ

9.39. Một tấm nhôm dày 100 cm ở nhiệt độ ban đầu 400°C được đột ngột đưa vào môi trường có nhiệt độ 90°C . Hệ số tỏa nhiệt $1400 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tính thời gian để nhiệt độ ở tâm tấm nhôm đạt 180°C .

- a) 53,46 s b) 343,14s c) 95,07s

CHƯƠNG 2

TRAO ĐỔI NHIỆT ĐỐI LƯU

2.1. Công thức Newton

$$Q = \alpha F(t_w - t_f), \text{ W}$$

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_w - t_f)},$$

$$\alpha = f(\lambda, \rho, \beta, \gamma, \omega, t, \text{ kích thước}, \dots)$$

2.2. Các tiêu chuẩn đồng dạng

$$Bi = \frac{\alpha l}{\lambda}; \quad Fo = \frac{a\tau}{\delta^2}; \quad Nu = \frac{\alpha l}{\lambda},$$

$$Re = \frac{\omega l}{\gamma}, \quad Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\gamma^2}, \quad Pr = \frac{\gamma}{a}$$

$$\text{Phương trình tiêu chuẩn } Nu = C \cdot Re^m \cdot Gr^n \cdot Pr^p$$

2.3. Trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên trong không gian vô hạn

- Đối với ống hoặc tấm đặt đứng:

$$Nu_m = 0,76 \cdot (Gr_m \cdot Pr_m)^{0,25} \cdot (Pr_f/Pr_w)^{0,25} \text{ nếu } 10^3 < Gr_m \cdot Pr_m < 10^9$$

$$Nu_m = 0,15 \cdot (Gr_m \cdot Pr_m)^{0,33} \cdot (Pr_f/Pr_w)^{0,25} \text{ nếu } Gr_m \cdot Pr_m > 10^9$$

- Đối với ống hoặc tấm nằm ngang:

$$Nu_m = 0,5 \cdot (Gr_m \cdot Pr_m)^{0,25} \cdot (Pr_f/Pr_w)^{0,25} \text{ nếu } 10^3 < Gr_m \cdot Pr_m < 10^8$$

2.4. Trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên trong không gian hữu hạn

$$q = \frac{l_d}{\delta} (t_{w1} - t_{w2})$$

$$\lambda_{ld} = \varepsilon_{ld} \lambda$$

$$\varepsilon_{td} = 0,105.(Gr_m.Pr_m)^{0,3} \text{ nếu } 10^3 < Gr_m.Pr_m < 10^6$$

$$\varepsilon_{td} = 0,40.(Gr_m.Pr_m)^{0,2} \text{ nếu } 10^6 < Gr_m.Pr_m < 10^{10}$$

2.5. Trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức

2.6. Trao đổi nhiệt đối lưu khi chất lưu chuyển động trong ống

Khi $Re < 2,3.10^3$ (chế độ chảy tầng):

$$Nu_f = 0,15.Re_f^{0,33}.Pr_f^{0,43}.Gr_f^{0,1}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_1\varepsilon_R$$

Khi $Re > 10^4$ (chế độ chảy rối):

$$Nu_f = 0,021.Re_f^{0,33}.Pr_f^{0,43}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_1\varepsilon_R$$

Kích thước xác định ($d_{td} = 4f/u$), $\varepsilon_R = 1 + 0,77d/R$

Đối với không khí:

$$\text{Khi } Re < 2,3.10^3: Nu_f = 0,13.Re_f^{0,33}.Gr_f^{0,1}.\varepsilon_1\varepsilon_R$$

$$\text{Khi } Re > 10^4: Nu_f = 0,018.Re_f^{0,8}.\varepsilon_1\varepsilon_R$$

2.7. Trao đổi nhiệt đối lưu khi chất lưu chuyển động ngoài ống

Ngoài một ống đơn:

$$Nu_f = 0,25.Re_f^{0,6}.Pr_f^{0,38}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_\varphi$$

khi $Re = 10^3 \div 2.10^5$

$$Nu_f = 0,5.Re_f^{0,5}.Pr_f^{0,38}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_\varphi \text{ khi } Re = 5 \div 10^3$$

Đối với không khí:

$$Nu_f = 0,216.Re_f^{0,6}.\varepsilon_\varphi \text{ khi } Re = 10^3 \div 2.10^5$$

$$Nu_f = 0,43.Re_f^{0,5}.\varepsilon_\varphi \text{ khi } Re = 5 \div 10^3$$

Ngoài một chùm ống so le:

khi $Re = 10^3 \div 10^5$:

$$Nu_f = 0,41.Re_f^{0,6}.Pr_f^{0,33}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_\varphi\varepsilon_S$$

với không khí:

$$Nu_f = 0,37.Re_f^{0,6}.\varepsilon_\varphi\varepsilon_S$$

Chú ý:
$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + (n-2)\alpha_3}{n}$$

$$\varepsilon_s = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix}^{1/6} \quad \text{khi } s_1 < 2s_2$$

$$\varepsilon_s = 1,12 \quad \text{khi } s_1 \geq 2s_2$$

Ngoài một chùm ống song song:

khi $Re = 10^3 \div 10^5$

$$Nu_f = 0,26.Re_f^{0,65}.Pr_f^{0,35}.(Pr_f/Pr_w)^{0,25}.\varepsilon_\varphi.\varepsilon_s$$

với không khí: $Nu_f = 0,21.Re_f^{0,65}.\varepsilon_\varphi.\varepsilon_s$

Chú ý:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + (n-2)\alpha_3}{n} = \frac{(n-0,5)}{n}\alpha_3$$

$$\text{Và } \varepsilon_s = \left(\frac{s_2}{d} \right)^{0,15}$$

2.8. Trao đổi nhiệt khi có biến đổi pha

a) Toả nhiệt khi sôi

Công thức xác định hệ số toả nhiệt khi sôi:

$$\alpha = 3,14.q^{0,7}.p^{0,15} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$$\alpha = 46.\Delta t^{2,33}.p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$$\text{Suy ra } q = 46.\Delta t^{3,33}.p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2)$$

b) Toả nhiệt khi ngưng

Công thức xác định hệ số toả nhiệt khi ngưng:

$$\text{ống hoặc vách đứng} \quad \bar{\alpha} = 0,943 \sqrt[4]{\frac{r\rho g\lambda^3}{\nu(t_s - t_w)h}}$$

$$\text{đặt nghiêng 1 góc } \varphi : \quad \alpha_\varphi = \alpha \sqrt[4]{\cos \varphi}$$

$$\text{ống nằm ngang:} \quad \bar{\alpha} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r\rho g\lambda^3}{\nu(t_s - t_w)d}}$$

trong đó:

$$\alpha_{\text{âm},y} = \alpha_{\text{khô}} \sqrt[4]{1-y}$$

10.1. Không khí chảy rối trong ống có đường kính trong 80 mm, dài 4 m, nhiệt độ không khí 60°C , tốc độ 15 m/s. Xác định hệ số trao đổi nhiệt đối lưu của không khí trong ống khi $Nu_f = 0,018.Re_f^{0,8}$.

- a) $45,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $36,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $58,84 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp chuyển động trong ống tròn có đường kính $d = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$, dài 4 m, nhiệt độ không khí $t_f = 60^{\circ}\text{C}$. Hãy tính α .

Bài giải:

Phương trình trạng thái tiêu chuẩn đã cho, nhiệt độ xác định là nhiệt độ môi trường xung quanh $t_f = 60^{\circ}\text{C}$, tra bảng $\nu = 18,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\lambda = 0,029 \text{ W/mK}$.

Ta xác định tiêu chuẩn Reynolds

$$Re = \frac{\omega d}{\nu} = \frac{15 \cdot 0,08}{18,97 \cdot 10^{-6}} = 6,33 \cdot 10^4$$

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} = 0,018 \cdot (6,33 \cdot 10^4)^{0,8} = 125$$

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad \alpha = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{125 \cdot 0,029}{0,08} = 45,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

10.2. Khối chuyển động trong ống có đường kính $d = 100 \text{ mm}$, tốc độ $w = 8 \text{ m/s}$, nhiệt độ $t_f = 100^{\circ}\text{C}$, chiều dài ống 10 m, nhiệt độ mặt trong ống $t_w = 50^{\circ}\text{C}$. Dòng nhiệt trao đổi bằng đối lưu của khối là:

- a) $1268,57 \text{ W}$ b) $3983,31 \text{ W}$ c) $3396,71 \text{ W}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp chuyển động trong ống tròn có đường kính $d = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, $w = 8 \text{ m/s}$, dài 10 m, nhiệt độ không khí $t_f = 100^{\circ}\text{C}$, $t_w = 50^{\circ}\text{C}$. Hãy tính α, q .

Bài giải:

Phương trình trạng thái tiêu chuẩn đã cho, nhiệt độ xác định là nhiệt độ môi trường xung quanh theo bảng 8. Tính chất nhiệt vật lý của khối $t_f = 100^{\circ}\text{C}$, tra bảng $\nu = 21,54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\lambda = 0,0313 \text{ W/mK}$, $Pr_f = 0,69$; $Pr_w = 0,705$.

Trước hết ta tính tiêu chuẩn Re

$$Re = \frac{\omega d}{\gamma} = \frac{8.0.1}{21.54 \cdot 10^{-6}} = 3.71 \cdot 10^4$$

như vậy đây là chế độ chảy rối, nên ta chọn được phương trình tiêu chuẩn

$$Nu = 0.018 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.43} \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0.25}$$

$$Nu = 0.018 \cdot (3.71 \cdot 10^4)^{0.8} \cdot 0.69^{0.43} \left(\frac{0.69}{0.705} \right)^{0.25} = 81.06$$

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$$

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{81.06 \cdot 0.0313}{0.1} = 25.4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q = \alpha F(t_f - t_w) = \alpha \Pi d l (t_f - t_w)$$

$$Q = 25.4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 3.14 \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} (100 - 50) \text{ K} = 3983.3 \text{ W}$$

10.3. Không khí chuyển động ngang (vuông góc) qua một ống có đường kính $d = 250 \text{ mm}$ và trị số *Reynolds* bằng 990 và hệ số toả nhiệt đối lưu bằng $20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nếu đường kính ống tăng lên 3 lần thì hệ số toả nhiệt bằng bao nhiêu khi các điều kiện khác không đổi?

- a) $31.04 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $23.86 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $38.53 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp chuyển động ngang 1 ống tròn có $Re = 990$, $d_1 = 0.25 \text{ m}$; $\alpha_1 = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nếu $d_2/d_1 = 3$ lần thì α_2 bằng bao nhiêu?

Bài giải:

Khi không khí chuyển động vuông góc qua 1 ống ta có các phương trình tiêu chuẩn đồng dạng dưới đây:

$$Nu_f = 0.216 \cdot Re_f^{0.6} \cdot \varepsilon_\varphi \text{ khi } Re = 10^3 \div 2 \cdot 10^5$$

$$Nu_f = 0.43 \cdot Re_f^{0.5} \cdot \varepsilon_\varphi \text{ khi } Re = 5 \div 10^3$$

Khi $\varphi = 90$, $\varepsilon_\varphi = 1$, nghĩa là $Nu_f = 0.43 \cdot Re_f^{0.5}$ khi $Re = 5 \div 10^3$

$$Nu = 0.43 Re^{0.5}$$

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = 0.43 \left(\frac{\omega d}{\gamma} \right)^{0.5} \quad \alpha_1 \approx 0.43 d_1^{-0.5}$$

Khi các điều kiện khác không đổi, nếu đường kính ống tăng lên 3 lần, nghĩa là tiêu chuẩn Re tăng 3 lần, khi đó phương trình tiêu chuẩn đồng dạng dưới đây là đúng:

$$Nu_f = 0,216.Re_f^{0,6} \text{ khi } Re = 10^3 \div 2.10^5$$

$$Nu = 0,216.Re^{0,6}$$

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = 0,216 \left(\frac{\omega d}{\gamma} \right)^{0,6} \quad \alpha_2 \approx 0,216 d_2^{-0,4}$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{0,43 d_1^{0,5}}{0,216 d_2^{0,4}} = \frac{0,43 d_1^{0,5}}{0,216 (3 d_1)^{0,4}} = \frac{0,43 \cdot d_1^{0,1}}{0,216 \cdot 3^{0,4}}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{0,43 \cdot d_1^{0,1}}{0,216 \cdot 3^{0,4}} = 20 \frac{0,43 \cdot 0,25^{0,1}}{0,216 \cdot 3^{0,4}} = 22,34 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

10.4. Hệ số toả nhiệt của không khí chuyển động trong ống được xác định bằng hàm tiêu chuẩn $Nu_f = 0,018.Re^{0,5}$. Để tăng hệ số toả nhiệt đối lưu lên 1,3 lần khi các điều kiện khác không đổi thì đường kính trong của ống sẽ phải giảm bao nhiêu lần?

a) 0,88

b) 0,19

c) 0,59

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp chuyển động trong ống tròn có $\alpha_2/\alpha_1 = 1,3$, Tính d_2/d_1 .

Bài giải:

$$Nu = 0,018.Re^{0,5}$$

$$\left(\frac{\alpha d}{\lambda} \right) = 0,018 \left(\frac{\omega d}{\gamma} \right)^{0,5}$$

$$\text{Như vậy } \alpha \approx \frac{1}{d^{0,5}}, \quad \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^{0,5} = 1,3 \quad \text{suy ra } \frac{d_2}{d_1} = 1/1,3^2 = 0,59$$

10.5. Dầu máy biến áp có nhiệt độ trung bình 40°C chảy trong ống có đường kính 50 mm. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu bằng $35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tiêu chuẩn Nu_f bằng:

a) 16055,05

b) 12,47

c) 16,06

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp chuyển động trong ống tròn có đường kính 50 mm $d = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$, $t_f = 40^\circ\text{C}$. Tính tiêu chuẩn Nu .

Bài giải:

Theo bảng 9, biết nhiệt độ trung bình của dầu máy biến áp là 40°C , ta tra được:

$$\lambda = 0,1091 \text{ W/mK},$$

Ta tính tiêu chuẩn Nu

$$Nu = \left(\frac{\alpha d}{\lambda} \right) = \left(\frac{35,0,05}{0,1091} \right) = 16,055$$

10.6. Hai hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức (khí không khí chuyển động trong ống) đồng dạng với nhau. Nếu trong ống 1 nhiệt độ của không khí là 20°C , nhiệt độ không khí trong ống thứ 2 gấp 2 lần ống thứ nhất. Nếu giả thiết tốc độ trong ống 2 gấp 2 lần ống 1 thì tỷ số giữa hai đường kính d_2/d_1 là:

a) 0,563

b) 0,788

c) 1,434

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp hai hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức của không khí đồng dạng với nhau. $T_1 = 20^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 2t_1 = 40^{\circ}\text{C}$, $w_2 = 2w_1$, hỏi tỷ số d_2/d_1 ?

Bài giải:

Khí 2 hiện tượng vật lý đồng dạng với nhau, các tiêu chuẩn đồng dạng cùng tên có cùng giá trị. Trong trường hợp đối lưu cưỡng bức, tiêu chuẩn đặc trưng cho hiện tượng này là Re , vậy $Re_1 = Re_2$.

$$Re_1 = \frac{\omega_1 d_1}{\nu_1} = \frac{\omega_2 d_2}{\nu_2} = Re_2$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1 \nu_2}{\nu_1 \omega_2}$$

Với $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, $\nu_1 = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$, $\nu_2 = 16,96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1 \nu_2}{\nu_1 \omega_2} = \frac{16,96 \cdot 10^{-6}}{15,06 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 0,563$$

Bài tập về nhà:

10.7. Để nghiên cứu trao đổi nhiệt đối lưu trong ống, người ta xây dựng mô hình với tỷ lệ kích thước mô hình/mẫu bằng 1/15. Ở thiết bị thực (mẫu) không khí có nhiệt độ trung bình 500°C và tốc độ 2 m/s. Trong mô

hình vẫn dùng không khí và nhiệt độ trung bình bằng 100°C . Để mô hình đồng dạng với mẫu thì tốc độ của không khí trong mô hình phải bằng bao nhiêu?

- a) 0,05 m/s b) 11,01 m/s c) 18,1 m/s

10.8. Hai hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức (khí chất lỏng chuyển động trong ống) đồng dạng với nhau. Nếu chất lỏng chuyển động trong ống thứ nhất có nhiệt độ trung bình 60°C , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$, nhiệt dung riêng bằng $6,4 \text{ kJ/kgK}$, độ nhớt động học bằng $0,00000015 \text{ m}^2/\text{s}$ và khối lượng riêng bằng $1166,667 \text{ kg/m}^3$ thì nhiệt độ trung bình của nước chảy trong ống thứ hai phải bằng:

- a) $87,18^{\circ}\text{C}$ b) 110°C c) $176,06^{\circ}\text{C}$

10.9. Tường lò dày $0,1 \text{ m}$, hệ số dẫn nhiệt bằng 1 W/mK , hệ số toả nhiệt đối lưu giữa bề mặt ngoài của tường lò và không khí bằng $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ của không khí bao bên ngoài tường lò bằng 20°C , nhiệt độ bề mặt trong của tường lò bằng 800°C . Tính nhiệt độ bề mặt ngoài của tường lò.

- a) 410°C b) $403,24^{\circ}\text{C}$ c) $537,41^{\circ}\text{C}$

10.10. Khí chuyển động trong ống có đường kính trong 200 mm , tốc độ 10 m/s , nhiệt độ khối 300°C , ống dài 15 m . Nhiệt độ bề mặt trong của ống bằng 100°C . Dòng nhiệt đối lưu của không khí với bề mặt ống là:

- a) $42310,27 \text{ W}$ b) $26835,06 \text{ W}$ c) $55482,29 \text{ W}$

10.11. Không khí chuyển động ngang qua (vuông góc) một ống với $Re = 1100$ và hệ số toả nhiệt đối lưu bằng $30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hàm tiêu chuẩn $Nu_f = 0,44.Re_f^{0,5}$. Nếu đường kính ống tăng lên 2 lần còn các điều kiện khác không đổi thì hệ số toả nhiệt lúc này bằng:

- a) $42,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $21,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $26,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.12. Một lò ống hình trụ, đường kính ngoài của lò $d = 1,8 \text{ m}$, lò dài 90 m . Nhiệt độ trung bình của vỏ lò $t_w = 85^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ trung bình của không khí xung quanh lò $t_f = 30^{\circ}\text{C}$. Hệ số dẫn nhiệt của không khí $0,027 \text{ W/mK}$. Giá trị tiêu chuẩn Nusselt $Nu_f = 1030$. Lượng nhiệt trao đổi bằng đối lưu từ vỏ lò ra ngoài không khí trong 7 phút bằng (bỏ qua hai bề mặt đầu lò):

- a) $3025,76 \text{ kJ}$ b) $181545,35 \text{ kJ}$ c) $231796,86 \text{ kJ}$

10.13. Không khí có nhiệt độ trung bình 60°C chuyển động trong ống có đường kính bằng 18 cm , tiêu chuẩn $Re_f = 60000$ và phương trình tiêu chuẩn $Nu_f = 0,018.Re_f^{0,8}$. Tính hệ số toả nhiệt đối lưu của không khí:

- a) $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $23,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $19,27 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.14. Chất lỏng chuyển động ngang qua chùm ống bố trí song song. Theo hướng chuyển động của chất lỏng có 18 dãy ống. Độ chênh nhiệt độ trung bình giữa chất lỏng và bề mặt ngoài của các ống là 100 K. Công suất trao đổi nhiệt đối lưu giữa chất lỏng và chùm ống $Q = 80 \text{ kW}$. Diện tích bề mặt trao đổi $F = 20 \text{ m}^2$. Tính hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa chất lỏng và ống ở dãy thứ 9.

- a) $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $41,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $58,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.15. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu của không khí chuyển động cưỡng bức trong ống dài 10 m, đường kính 40 mm bằng $35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ trung bình của không khí bằng 140°C . Tốc độ của không khí bằng:

- a) $0,01 \text{ m/s}$ b) $10,64 \text{ m/s}$ c) $17,08 \text{ m/s}$

10.16. Không khí có nhiệt độ trung bình 120°C chuyển động trong ống thẳng dài 10 m, đường kính 45 mm với tốc độ 8 m/s. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa không khí và vách trong của ống bằng:

- a) $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $31,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $27,94 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.17. Một ống dẫn hơi có đường kính trong $d_1 = 100 \text{ mm}$, đường kính ngoài $d_2 = 120 \text{ mm}$, dài 1 m đặt trong một phòng rộng. Trị số tiêu chuẩn *Nusselt* bằng 120, hệ số dẫn nhiệt của không khí bằng $\lambda = 0,02 \text{ W/mK}$. Hệ số toả nhiệt đối lưu khi ống đặt nằm ngang, toả nhiệt tự do vào không khí trong phòng là:

- a) 20 W/mK b) $25,3 \text{ W/mK}$ c) $39,21 \text{ W/mK}$

10.18. Trong ống tiết diện tròn đường kính 300 mm không khí chuyển động với tốc độ 15 m/s, nhiệt độ 70°C . Xác định nhiệt trở của không khí trong ống tính trên 1 m chiều dài ống:

- a) $0,031 \text{ mK/W}$ b) $0,032 \text{ mK/W}$ c) $0,073 \text{ mK/W}$

10.19. Dầu máy biến áp chuyển động trong ống tiết diện tròn đường kính 135 mm có độ nhớt động học $0,0000103 \text{ m}^2/\text{s}$ chuyển động với tốc độ 10m/s, biết nhiệt độ của dầu là 40°C . Xác định tiêu chuẩn *Reynolds* của dòng chảy:

- a) 131067,96 b) 156326,08 c) 241990,57

Trao đổi nhiệt có biến đổi pha

10.20. Nước sôi bọt trong ống có áp suất 40 bar, nhiệt độ bề mặt ống $t_w = 255,33^\circ\text{C}$. Mật độ dòng nhiệt trao đổi bằng:

- a) $222,66 \text{ W/m}^2$ b) $61852,6 \text{ W/m}^2$ c) $318397,69 \text{ W/m}^2$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt có biến đổi pha, ở $p = 40\text{bar}$, $t_w = 255,33^\circ\text{C}$. Tính q .

Bài giải:

Ta có công thức:

$$\alpha = 46 \cdot \Delta t^{2,33} \cdot p^{0,5}$$

$$Q = \alpha \Delta t = \alpha(t_w - t_s) = 46 \cdot \Delta t^{3,33} \cdot p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2)$$

Theo bảng 4, biết $p = 40\text{ bar}$ tra được $t_s = 250,33^\circ\text{C}$, suy ra $\Delta t = 5,33^\circ\text{C}$,
 $q = 46 \cdot 5,33^{3,33} \cdot 40^{0,5} = 61852,6\text{ W/m}^2$.

10.21. Hơi nước sôi trên bề mặt sinh hơi của lò hơi có diện tích 6 m^2 , ở áp suất 4 bar , nhiệt độ bề mặt đốt nóng bằng $148,62^\circ\text{C}$. Lượng hơi tạo ra từ lò hơi trong 1h là:

- a) $54,97\text{ kg/h}$ b) $197,89\text{ kg/h}$ c) $759,84\text{ kg/h}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt có biến đổi pha, ở $p = 4\text{bar}$, $t_w = 148,62^\circ\text{C}$, $F = 6\text{ m}^2$. Tính lượng hơi tạo ra.

Bài giải:

Tương tự như bài trên, ta tính được lượng nhiệt cần cấp

$$Q = \alpha \Delta t = \alpha(t_w - t_s) = 46 \cdot \Delta t^{3,33} \cdot p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2)$$

$$Q = qF = Gr$$

Ở áp suất $p = 4\text{ bar}$ theo Bảng 4 ta được $t_s = 143,62^\circ\text{C}$, $r = 2133\text{ kJ/kg}$

$$G = \frac{Q}{r} = \frac{46 \Delta t^{3,33} p^{0,5}}{r} = \frac{46(148,62 - 143,62)^{3,33} 4^{0,5}}{2133 \cdot 1000} \\ = 0,05449\text{ kg/s}$$

$$G = 0,05449 \cdot 3600 = 197,89\text{ kg/h}$$

10.22. Hệ số toả nhiệt khi hơi Freon ngưng màng bên ngoài ống đặt nằm ngang (chiều dài $1,5\text{ m}$; đường kính ngoài 50 mm) là $2000\text{ W/m}^2\text{K}$. Khi ống đặt đứng còn các điều kiện khác không thay đổi thì hệ số toả nhiệt bằng bao nhiêu?

- a) $854,57\text{ W/m}^2\text{K}$ b) $6294,03\text{ W/m}^2\text{K}$ c) $1119,25\text{ W/m}^2\text{K}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt khi ngưng tụ của Freon, ở $h = 1,5 \text{ m}$, $d = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$, α_n ngưng tụ trên ống nằm ngang bằng $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, Hỏi α_d trên ống đặt đứng.

Bài giải:

Công thức xác định hệ số toả nhiệt khi ngưng:

$$\text{ống hoặc vách đứng} \quad \bar{\alpha} = 0,943 \sqrt[4]{\frac{r \rho g \lambda^3}{\nu(t_s - t_w)h}}$$

$$\text{ống nằm ngang:} \quad \bar{\alpha} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r \rho g \lambda^3}{\nu(t_s - t_w)d}}$$

Trong điều kiện các điều kiện khác không đổi, ta xem nhiệt độ ngưng tụ không đổi, như vậy các thông số vật lý trong 2 công thức trên cũng không đổi sự khác biệt chỉ nằm ở h và d . Chia 2 biểu thức cho nhau ta được:

$$\frac{\alpha_d}{\alpha_n} = \frac{0,943 \sqrt[4]{\frac{1}{h}}}{0,728 \sqrt[4]{\frac{1}{d}}} = \frac{0,943}{0,728} \sqrt[4]{\frac{d}{h}} = \frac{0,943}{0,728} \sqrt[4]{\frac{0,05}{1,5}}$$

$$\alpha_d = \alpha_n \frac{0,943}{0,728} \sqrt[4]{\frac{0,05}{1,5}} = 2000 \frac{0,943}{0,728} \sqrt[4]{\frac{0,05}{1,5}} = 1119,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

10.23. Hơi nước ngưng tụ trên bề mặt ngoài của ống đặt đứng với hệ số toả nhiệt $\alpha = 8000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nếu chiều cao của ống giảm đi 1,7 lần, đường kính ống tăng 2 lần, những điều kiện khác không đổi thì hệ số toả nhiệt khi ngưng tụ sẽ:

- a) Tăng 1,19 lần b) Tăng 1,14 lần c) Tăng 0,84 lần

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt khi ngưng tụ của nước trên ống đứng, ở $h =$ giảm 1,7 lần, d tăng 2 lần. Hỏi α trên ống đặt đứng.

Bài giải:

Công thức xác định hệ số toả nhiệt khi ngưng:

$$\text{ống hoặc vách đứng} \quad \bar{\alpha} = 0,943 \sqrt[4]{\frac{r \rho g \lambda^3}{\nu(t_s - t_w)h}}$$

Trong điều kiện các điều kiện khác không đổi, ta xem nhiệt độ ngưng tụ không đổi, như vậy các thông số vật lý trong 2 công thức trên cũng không đổi sự khác biệt chỉ nằm ở h , trong trường hợp ngưng tụ trên ống đứng, công thức tính toán chỉ liên quan đến chiều cao, chứ không liên quan đến d , vì vậy khi chiều cao ống giảm thì hệ số tỏa nhiệt sẽ tăng $\sqrt[4]{\frac{1}{h}}$ lần,

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \sqrt[4]{\frac{h_1}{h_2}} = \sqrt[4]{1,7}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 \sqrt[4]{\frac{h_1}{h_2}} = 8000 \sqrt[4]{1,7} = 8000 \cdot 1,1418 = 9134,86 \text{ W/m}^2\text{K}$$

hệ số tỏa nhiệt sẽ tăng $\sqrt[4]{\frac{1}{h}} = 1,1418$ lần.

10.24. Hơi nước trong bình ngưng có áp suất 0,15 bar ngưng tụ đẳng áp trên ống nằm ngang có đường kính ngoài 60mm nhiệt độ vách ống 46°C. Xác định hệ số tỏa nhiệt khi ngưng.

a) 1584,44 W/m².K b) 8909,98 W/m².K c) 50104,49 W/m².K

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt khi ngưng tụ của nước trên ống nằm ngang, $d = 60 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}$, $t_w = 46^\circ\text{C}$, $p_m = 0,15 \text{ bar}$. Hơi α trên ống đặt đứng.

$$\text{ống nằm ngang:} \quad \bar{\alpha} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r \rho g \lambda^3}{\nu (t_s - t_w) d}}$$

Với $p = 0,15 \text{ bar}$, $t_s = 54^\circ\text{C}$. Nhiệt độ trung bình để tra các thông số trong công thức trên là:

$$T_m = 0,5(t_s + t_w) = 0,5(54^\circ\text{C} + 46^\circ\text{C}) = 50^\circ\text{C}$$

Theo Bảng 7, với $t_m = 50^\circ\text{C}$ ta được: $\rho = 988,1 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,648 \text{ W/mK}$, $\nu = 5,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $r = 2373 \text{ kJ/kg}$.

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r \rho g \lambda^3}{\nu (t_s - t_w) d}} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{2373 \cdot 1000 \cdot 988,1 \cdot 0,648^3}{5,56 \cdot 10^{-7} (54 - 46) \cdot 0,06}}$$

$$\alpha_2 = 8909,98 \text{ W/m}^2\text{K}$$

10.25. Nước sôi bọt trên bề mặt ở áp suất 10 bar. Nếu nhiệt độ quá nhiệt $(t_w - t_s)$ của nước giảm đi 1,6 lần nhưng chế độ sôi và các điều kiện khác vẫn không thay đổi thì nhiệt lượng trao đổi thay đổi:

- a) Giảm 5,85 lần b) Giảm 4,78 lần c) Giảm 2,99 lần

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt có biến đổi pha sôi bọt, $(t_w - t_s)$ giảm 1,6 lần. Tính Q .

Bài giải:

Tương tự như bài trên, ta tính được lượng nhiệt cần cấp

$$Q = \alpha \Delta t = \alpha(t_w - t_s) = 46 \cdot \Delta t^{3,33} \cdot p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2)$$

Khi các điều kiện khác không thay đổi ngoài độ chênh nhiệt độ $(t_w - t_s)$ ta thấy q tỷ lệ với $\Delta t^{3,33}$, nghĩa là khi Δt giảm 1,6 lần thì q sẽ giảm $1,6^{3,33}$ lần, hay 4,78 lần.

10.26. Một ống nằm ngang đường kính 3 mm, dài 7,5 cm được nhúng chìm trong nước ở 1,6 at. Hãy tính nhiệt độ bề mặt tấm để sản sinh ra một lượng nhiệt là $0,2 \text{ MW/m}^2$.

- a) $124,86^\circ\text{C}$ b) $138,15^\circ\text{C}$ c) $18,4^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt có biến đổi pha – sôi ở áp suất 1,6 bar, $q = 0,2 \text{ MW/m}^2$. Hãy tính t_w .

Bài giải:

Ta tính được lượng nhiệt cần cấp

$$Q = \alpha \Delta t = \alpha(t_w - t_s) = 46 \cdot \Delta t^{3,33} \cdot p^{0,5} \quad (\text{W/m}^2)$$

$$\Delta t^{3,33} = \frac{q}{46 \cdot p^{0,5}}, \Delta t = \left(\frac{q}{46 \cdot p^{0,5}} \right)^{\frac{1}{3,33}}$$

$$\Delta t = \left(\frac{q}{46 \cdot p^{0,5}} \right)^{\frac{1}{3,33}} = \left(\frac{0,2 \cdot 10^6}{46 \cdot 1,6^{0,5}} \right)^{\frac{1}{3,33}}$$

$$\Delta t = 11,53^\circ\text{C}$$

$$t_w = t_s + \Delta t = 113,32 + 11,53 = 124,86^\circ\text{C}$$

10.27. Biết nhiệt độ bề mặt cấp nhiệt là 125°C . Nếu tăng áp suất của hơi nước từ 1 bar lên gấp 2 lần trong khi sôi thì tỷ số giữa hệ số toả nhiệt khi sôi sau và trước khi tăng áp suất sẽ bằng bao nhiêu?

- a) 0,03 b) 2 c) 0,00409

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt khi sôi ở áp suất $p_1 = 1$ bar, $p_2 = 2p_1$, $t_w = 125^\circ\text{C}$. Hãy tính α_2/α_1 .

Bài giải: Tra Bảng 4 ta được $p = 1$ bar, $t_{s1} = 99,64^\circ\text{C}$, $p_2 = 2$ bar, $t_{s2} = 120,23^\circ\text{C}$.

Ta có $\alpha = 46 \Delta t^{2,33} \cdot p^{0,5}$ (W/m^2)

$$\alpha = 46 \Delta t^{2,33} p^{0,5}$$

$$\alpha_1 = 46 \Delta t_1^{2,33} p_1^{0,5}, \alpha_2 = 46 \Delta t_2^{2,33} p_2^{0,5}$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{46 \Delta t_2^{2,33} p_2^{0,5}}{46 \Delta t_1^{2,33} p_1^{0,5}} = \frac{(t_w - t_{s2})^{2,33}}{(t_w - t_{s1})^{2,33}} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,5}$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{(125 - 120,23)^{2,33}}{(125 - 99,64)^{2,33}} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,5} = 0,0288 \approx 0,03$$

Bài tập về nhà:

10.28. Hơi nước trong bình ngưng có nhiệt độ ngưng tụ bằng 75°C và được ngưng tụ đẳng áp trên ống nằm ngang đường kính ngoài 60 mm, nhiệt độ vách ống 46°C . Xác định hệ số toả nhiệt khi ngưng: = 40 bar.

- a) 37,93 $\text{W/m}^2\text{K}$ b) 6745,09 $\text{W/m}^2\text{K}$ c) 1199,47 $\text{W/m}^2\text{K}$

10.29. Nước sôi bọt ở áp suất = 0,1 MPa; khi nhiệt độ bề mặt vách bằng $106,67^\circ\text{C}$ thì mật độ dòng nhiệt q có giá trị bằng:

- a) 9605,34 W/m^2 b) 30417,19 W/m^2 c) 8941,93 W/m^2

10.30. Biết rằng tỉ lệ giữa chiều cao và đường kính ngoài của ống là $h/d = 16$, trị số hệ số toả nhiệt khi nước ngưng tụ bên ngoài ống đặt đứng bằng $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hệ số toả nhiệt khi nước ngưng tụ bên ngoài ống đặt ngang là:

- a) 4000 $\text{W/m}^2\text{K}$ b) 24432,66 $\text{W/m}^2\text{K}$ c) 3054,08 $\text{W/m}^2\text{K}$

10.31. Nước sôi bọt trên bề mặt đốt của lò hơi. Diện tích bề mặt đốt bằng 180 dm^2 , nhiệt độ bề mặt đốt bằng 152°C . Áp kế của lò hơi chỉ 3,4 bar, áp suất khí quyển 750 mmHg. Tính lượng hơi được tạo ra trong 1h.

- a) 58,91 kg/h b) 0,02 kg/h c) 31,8 kg/h

10.32. Nước sôi bọt trên bề mặt đốt của lò hơi. Nhiệt độ bề mặt không đổi và bằng 125°C , áp suất ban đầu là 100 kPa. Nếu tăng áp suất hơi gấp 2 lần so với áp suất ban đầu thì tỷ số của hệ số toả nhiệt khi sôi trước và sau khi tăng áp là bao nhiêu?

- a) 34,25 b) 0,03 c) 0,92

10.33. Hãy xác định mật độ dòng nhiệt khi sôi của nước ngầm ở áp suất 1 at biết độ chênh nhiệt độ là 15°C .

- a) $375625,24 \text{ W/m}^2$ b) $211,64 \text{ W/m}^2$ c) $46815,64 \text{ W/m}^2$

10.34. Một dây điện trở bằng đồng *Cu* đường kính 5 mm được nhúng chìm trong nước ở áp 1 at. Nếu biết $\Delta t = 11^{\circ}\text{C}$ thì lượng nhiệt tổn thất trên 1 đơn vị chiều dài là:

- a) $2099,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $12280,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $219,83 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.35. Một sợi dây platin được nhúng chìm trong nước sôi ở áp suất 5,3 MPa. Nếu biết độ chênh nhiệt độ giữa nước sôi và bề mặt là 11°C thì dòng nhiệt là:

- a) $983,41 \text{ kW/m}^2$ b) $310980,68 \text{ kW/m}^2$ c) $119,33 \text{ kW/m}^2$

10.36. Một tấm nguồn kích thước 30 x 30 cm bằng đồng được dùng để làm đáy ấm nước ở áp 30 at. Nhiệt độ của tấm đo được là 106°C trong 1h. Tính lượng nhiệt truyền qua một tấm trong 1h.

- a) $5756,51 \text{ kJ/h}$ b) $4605,21 \text{ kJ/h}$ c) $828,94 \text{ kJ/h}$

CHƯƠNG 3

TRAO ĐỔI NHIỆT BỨC XẠ

3.1. Khái niệm cơ bản

a) Hệ số hấp thụ, phản xạ, xuyên qua

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

$$A + R + D = 1$$

Các trường hợp đặc biệt:

a) Năng suất bức xạ, bức xạ riêng, bức xạ hiệu dụng

Dòng bức xạ:

Dòng bức xạ đơn sắc:

Năng suất bức xạ: $E = \frac{dQ}{dF}, (\text{W/m}^2)$

Cường độ bức xạ (năng suất bức xạ đơn sắc):

$$I_\lambda = \frac{dE}{d\lambda}, (\text{W/m}^3)$$

Năng suất bức xạ riêng:

Bức xạ hiệu quả: $q = \pm (E_A - E) = \pm (A \cdot E_T - E)$

Năng suất bức xạ hiệu dụng: $E_{hd} = E + (1 - A - D)E_i$

Đối với vật rắn $D = 0$ do đó:

$$E_{hd} = E + (1 - A)E_i$$

$$E_{hd} = \frac{E}{A} \pm q \left(\frac{1}{A} - 1 \right)$$

b) Đặc trưng bức xạ của vật đen tuyệt đối

Định luật *Planck* - định luật cơ bản của bức xạ:

$$I_o(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1} (\text{W/m}^3)$$

Biểu thức của định luật *Wien*: $\lambda_{\max} T = 2,898.10^{-3} \text{ (mK)}$

Định luật *Stefan-Boltzmann*: $E_o = C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4$,

Năng suất bức xạ của chất khí: $E_o = \varepsilon_k \cdot C_o \cdot (T/100)^4$

$$\varepsilon_k = \varepsilon_{CO_2} + \beta \cdot \varepsilon_{H_2O} - \Delta \varepsilon$$

3.2. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa 2 vách phẳng rộng vô hạn đặt song song

Khi không có màn chắn:

$$q_{12} = \frac{C_o}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Khi có màn chắn:

$$q_{12} = \frac{C_o}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 + n \left(\frac{2}{\varepsilon_m} - 1 \right)} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

n : số màn chắn;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_m$: độ đen tương ứng của vật 1, 2 và của màn chắn.

3.3. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa hai vật bọc nhau

$$Q_{12} = \frac{C_o F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \frac{F_1}{F_2}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Khi $F_2 \gg F_1$ hay $F_1/F_2 = 0$, ta có:

$$Q_{12} = \varepsilon_1 C_o F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

3.4. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa khối khí và bề mặt bao quanh

$$q_{K-W} = \varepsilon_{W,htr} C_o \left[\varepsilon_K \left(\frac{T_K}{100} \right)^4 - A_{KW} \left(\frac{T_W}{100} \right)^4 \right]$$

trong đó: $\varepsilon_{W,hd} = \frac{\varepsilon_w + 1}{2}$

$$A_{WK} = \varepsilon_{CO_2} \cdot \left(\frac{T_L}{T_W} \right)^{0,65} + \beta \varepsilon_{H_2O} - \Delta \varepsilon$$

11.1. Một bề mặt có độ đen 0,8. Năng suất bức xạ của bề mặt do được là 4000 W/m^2 , năng suất bức xạ đập tới bề mặt là 5800 W/m^2 . Nhiệt độ bề mặt vật là:

a) 598 K

b) 500,2 K

c) 1233,6 K

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ của 1 bề mặt $\varepsilon = 0,8$, $E_{hd} = 4000 \text{ W/m}^2$, $E_l = 5800 \text{ W/m}^2$. Hãy tính nhiệt độ bề mặt.

Bài giải:

Để giải bài này ta dùng khái niệm năng suất bức xạ hiệu dụng

$$E_{hd} = E + (1 - A)E_l$$

Cần phải hiểu năng suất bức xạ hiệu dụng là $E_{hd} = 4000 \text{ W/m}^2$.

Từ đó ta tính được:

$$\begin{aligned} E &= E_{hd} - (1 - \varepsilon)E_l = 4000 - (1 - 0,8)5800 \\ &= 2840 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= \varepsilon C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad T = \left(\frac{E}{\varepsilon C_o} \right)^{0,25} \cdot 100 \\ &= \left(\frac{2840}{0,8 \cdot 5,67} \right)^{0,25} \cdot 100 = 500,22 \text{ K} \end{aligned}$$

11.2. Một ống thép dài 5 m, đường kính 200 mm, hệ số hấp thụ 0,85, nhiệt độ bề mặt ống 127°C . Ống đặt trong một phòng rộng có nhiệt độ tường phòng 27°C . Nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa ống thép và tường phòng trong 1h là:

a) 141,51 kJ

b) 9538,77 kJ

c) 20518,78 kJ

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ giữa 2 vật bọc nhau: Vật nằm trong hộp có đường kính $d = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, $\varepsilon = 0,85$, $t_1 = 127^\circ\text{C}$, suy ra $T_1 = 400 \text{ K}$, vật bọc ngoài phòng rộng có nhiệt độ $t_2 = 27^\circ\text{C}$, $T_2 = 300 \text{ K}$. Tính Q trong 1h.

Bài giải:

Diện tích xung quanh của ống (bỏ qua diện tích 2 đầu ống)

$$F_1 = \pi dl = 3,14 \cdot 0,25 = 3,142 \text{ m}^2.$$

$$Q_{12} = \frac{C_a F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \frac{F_1}{F_2}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$= \frac{C_a F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ vì } \frac{F_1}{F_2} \rightarrow 0$$

$$Q_{12} = \frac{5,67 \cdot \pi \cdot 0,25}{1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 2649,659 \text{ W}$$

0,85

$$Q_r = \tau Q_{12} = 3600s \cdot 2649,659 \frac{J}{s} = 9538,77 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$= 9538,77 \text{ kJ}$$

11.3. Một tấm thép có diện tích $0,6 \text{ m}^2$, độ đen bằng $0,6$, nhiệt độ bằng 500°C . Nhiệt độ tuyệt đối của tấm thép sẽ giảm đi bao nhiêu lần khi dòng nhiệt bức xạ riêng giảm đi $1,5$ lần:

- a) Giảm $0,9$ lần b) Giảm $0,75$ lần c) Giảm $1,11$ lần

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ của tấm thép. $F = 0,6 \text{ m}^2$, $\varepsilon = 0,6$, $t_1 = 500^\circ\text{C}$, suy ra $T_1 = 773 \text{ K}$. Tính $Q_2/Q_1 = 1,5$. Hỏi T_2/T_1 .

Bài giải:

$$Q_1 = \varepsilon C_o \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 F, \quad Q_2 = \varepsilon C_o \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 F$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^4 = 1,5 \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^{0,25} = 1,5^{0,25} = 0,9$$

11.4. Một thiết bị trao đổi nhiệt gắn trên vệ tinh dùng năng lượng mặt trời cần phải thải ra ngoài vũ trụ năng lượng tích tụ. Bề mặt của thiết bị có diện tích $0,5 \text{ m}^2$ và độ đen bằng $0,95$. Nhiệt độ của bề mặt bằng bao nhiêu khi biết dòng bức xạ mặt trời bằng 1000 W/m^2 và lượng nhiệt cần thải đi là 1500 W/m^2 .

- a) $405,06 \text{ K}$ b) $479,61 \text{ K}$ c) $339,69 \text{ K}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ của 1 thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt $\varepsilon = 0,95$, $E_{hd} = 1500 \text{ W/m}^2$, $E_t = 1000 \text{ W/m}^2$, $F = 0,5 \text{ m}^2$. Hãy tính nhiệt độ bề mặt.

Bài giải:

$$E = E_{hd} - (1 - \varepsilon)E_t = 1500 - (1 - 0,95)1000 = 1450 \text{ W/m}^2$$

$$E = \varepsilon C_o \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

$$T = \left(\frac{E}{\varepsilon C_o}\right)^{0,25} \cdot 100 = \left(\frac{1450}{0,95 \cdot 5,67}\right)^{0,25} \cdot 100 = 405,06 \text{ K}$$

11.5. Một lò sưởi dùng nước nóng gồm các tấm sưởi panen dẹt ghép nối tiếp với nhau dài 1 m, cao 0,8 m và nước nóng lưu chuyển trong đó. Các tấm panen được sơn và có độ đen 0,4. Hãy tính lượng nhiệt bức xạ nếu biết nhiệt độ panen 65°C và nhiệt độ môi trường xung quanh là 15°C .

a) 111,98 W

b) 223,97 W

c) 111,98 W

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ của 2 vật bọc nhau, lò sưởi được đặt trong phòng có độ đen bề mặt $\varepsilon = 0,4$, $F = 2,0,8 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2$ (hai mặt). Hãy tính lượng nhiệt trao đổi bức xạ.

Bài giải:

$$\begin{aligned} Q_{12} &= \varepsilon_1 C_o F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \\ &= 0,4 \cdot 5,67 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \left[\left(\frac{65 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{15 + 273}{100}\right)^4 \right] \\ Q_{12} &= \frac{0,4 \cdot 5,67 \cdot 1,6}{\frac{1}{0,85}} \left[\left(\frac{338}{100}\right)^4 - \left(\frac{288}{100}\right)^4 \right] = 223,969 \text{ W} \end{aligned}$$

11.6. Một phòng diện tích 5 m^2 có trần nhà ở nhiệt độ 28°C , sàn nhà có nhiệt độ không đổi 20°C . Bốn bức tường xung quanh được cách nhiệt lý tưởng. Độ đen trần nhà 0,62, độ đen của sàn nhà 0,75. Hãy tính lượng nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa trần và sàn nhà.

a) 662,28 W

b) 122,14 W

c) 4,31 W

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp trao đổi nhiệt bức xạ của 2 vật đặt song song với nhau – trần và sàn. Lò sưởi đặt trong phòng có độ đen bề mặt $\epsilon_1 = 28^\circ\text{C}$, $\epsilon_1 = 0,62$, $t_2 = 20^\circ\text{C}$, $\epsilon_2 = 0,75$, $F = 5 \text{ m}^2$. Hãy tính lượng nhiệt trao đổi bức xạ.

Bài giải:

Đây là trao đổi nhiệt bức xạ giữa 2 vật đặt song song với nhau:

$$\begin{aligned} E_{12} &= \frac{C_0}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \\ &= \frac{5,67}{\frac{1}{0,62} + \frac{1}{0,75} - 1} \left[\left(\frac{28+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] \\ E_{12} &= 122,14 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Bài tập về nhà:

11.7. Hình hộp lập phương có kích thước cạnh 10 cm, nhiệt độ bề mặt 127°C , độ đen 0,7 trao đổi nhiệt bức xạ trong phòng rộng có nhiệt độ phòng 27°C . Hãy tính lượng nhiệt trao đổi bằng bức xạ.

- a) 41,67 W b) 95,54W c) 90,03 W

11.8. Hai bề mặt song song ở giữa là môi trường trong suốt. Bề mặt 1 là vật xám có nhiệt độ $T_1 = 1000 \text{ K}$, độ đen bằng 0,8. Bề mặt thứ hai là vật đen tuyệt đối có nhiệt độ $T_2 = 600^\circ\text{C}$. Xác định năng suất bức xạ hiệu dụng của bề mặt 1.

- a) 46829,66 W/m² b) 89804,49W/m² c) 51946,73 W/m²

11.9. Một khối lập phương có cạnh $b = 100 \text{ mm}$ và độ đen của vách bằng 0,8 được bọc không tiếp xúc bởi một khối lập phương có cạnh gấp 3 lần, độ đen bằng 0,7. Độ đen quy dẫn là:

- a) 0,6 b) 0,77 c) 1,14

11.10. Một tấm thép có diện tích bề mặt $F = 1,5 \text{ m}^2$, độ đen bằng 0,85, nhiệt độ tấm thép là T_1 , K. Sau một thời gian nhiệt độ giảm xuống còn T_2 . Năng suất bức xạ riêng giảm đi 1,3 lần. Tính nhiệt độ T_2 biết $T_1 = 300 \text{ K}$.

- a) 320,34 K b) 240,17 K c) 280,95 K

11.11. Tấm phẳng có kích thước 800×1400 mm có độ đen 0,85, nhiệt độ 159°C . Trong 30 phút nhiệt bức xạ đập tới tấm phẳng là 360 kcal. Dòng bức xạ hiệu dụng của tấm phẳng là:

- a) 2005,39 W b) 653,43 W c) 2411,45 W

11.12. Khối khí có nhiệt độ 500°C , trao đổi nhiệt với bề mặt tường bao quanh có nhiệt độ 50°C . Mật độ dòng nhiệt trao đổi (cả đối lưu và bức xạ) giữa khí và vách $q = 100 \text{ kW/m}^2$. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu bằng $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hãy xác định hệ số bức xạ quy dẫn giữa khí và tường.

- a) $197,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $25,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $29,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

11.13. Một ống nằm ngang đường kính 12,5 cm đặt nằm trong phòng có nhiệt độ 20°C . Biết nhiệt độ ống là 38°C , độ đen 0,7 đặt trong phòng rộng. Hãy tính lượng nhiệt tổn thất bằng bức xạ trong phòng cho 6 m ống.

- a) 18552,86 W b) 185,53 W c) 17,99 W

11.14. Một tấm phẳng cao 60 cm, rộng 30 cm được duy trì ở 95°C được đặt trong phòng ở nhiệt độ 20°C , áp 1 at. Tường phòng cũng có nhiệt độ 20°C . Nếu giả thiết độ đen của tấm là 0,7 thì lượng nhiệt toả ra bằng bức xạ là bao nhiêu? Bỏ qua bức xạ qua cạnh của tấm phẳng.

- a) 156,74 W b) 78,37 W c) 199,17 W

11.15. Một ống đường kính ngoài 5 cm đặt nằm trong phòng rộng có nhiệt độ 20°C . Biết nhiệt độ ống là 93°C , độ đen 0,6 đặt trong phòng rộng. Hãy tính lượng nhiệt bức xạ trong phòng cho 1 m ống.

- a) 5647,81 W b) 56,48 W c) 39,87 W

11.16. Ba tấm phẳng rộng vô hạn đặt song song với nhau. Tấm thứ nhất có nhiệt độ 1200 K, tấm thứ ba có nhiệt độ 300 K. Nếu biết độ đen tương ứng của cả ba tấm là $\varepsilon_1 = 0,2$, $\varepsilon_2 = 0,5$; $\varepsilon_3 = 0,8$ thì nhiệt độ của tấm thứ 2 sẽ là bao nhiêu nếu không có nguồn nhiệt bên trong.

- a) 869,44 K b) 5714,18 K c) 412,93 K

11.17. Một thiết bị trao đổi nhiệt gắn trên vệ tinh dùng năng lượng mặt trời cần phải thải ra ngoài vũ trụ năng lượng tích tụ. Bề mặt của thiết bị có diện tích $0,5 \text{ m}^2$ và độ đen bằng 0,95. Nếu ta muốn duy trì nhiệt độ của bề mặt bằng 400 K khi biết dòng bức xạ mặt trời bằng 1000 W/m^2 thì lượng nhiệt cần thải đi là bao nhiêu?

- a) 689,47 W b) 469,62 W c) 860,84 W

CHƯƠNG 4

TRUYỀN NHIỆT VÀ THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT

4.1. Truyền nhiệt qua vách phẳng

4.1.1 Truyền nhiệt qua vách phẳng một lớp

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} (t_{f1} - t_{f2})$$
$$= k(t_{f1} - t_{f2}), W/m^2$$

k là hệ số truyền nhiệt, $k = W/m^2K$.

Đại lượng nghịch đảo của hệ số truyền nhiệt k được gọi là nhiệt trở truyền nhiệt, R .

$$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}, (m^2K/W)$$

Trong đó:

$\frac{1}{\alpha_1}$ là nhiệt trở đối lưu;

$\frac{\delta}{\lambda}$ là nhiệt trở dẫn nhiệt của vách;

$\frac{1}{\alpha_2}$ là nhiệt trở đối lưu.

4.1.2. Truyền nhiệt qua vách phẳng nhiều lớp

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} W/m^2$$

4.2. Truyền nhiệt qua vách trụ

4.2.1. Lượng nhiệt truyền qua vách trụ 1 lớp

$$Q = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\lambda \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{d_2}{d_1}},$$

$$q_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi \lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}} (t_{f1} - t_{f2}) \text{ W/m}$$

4.2.2. Trường hợp vách trụ nhiều lớp

$$q_l = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_{n+1} \pi d_{n+1}}}$$

4.3. Truyền nhiệt qua vách phẳng có cánh

$$Q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_c}} \text{ W}$$

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 \varepsilon_c}} (t_{f1} - t_{f2})$$

q_1 : mật độ dòng nhiệt trên một đơn vị diện tích, (W/m²)

Gọi $\varepsilon_c = F_c/F_1$ là hệ số làm cánh, khi đó:

$$q_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\varepsilon_c \alpha_2}} (t_{f1} - t_{f2}), \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Mật độ dòng nhiệt phía có cánh, q_2 , được xác định theo:

$$q_2 = Q/F_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \varepsilon_c} + \frac{\delta}{\lambda \varepsilon_c} + \frac{1}{\alpha_2}} (t_{f1} - t_{f2}), \text{ (W/m}^2\text{)}$$

4.4. Thiết bị trao đổi nhiệt

Các phương trình cơ bản tính toán thiết bị trao đổi nhiệt

$$Q = k.F.\Delta t, \text{ (W)}$$

$$Q = G_1(i_1' - i_1) = G_2(i_2 - i_2'), \text{ (W)}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_1} = \frac{\delta t_2}{\delta t_1}$$

4.5. Xác định độ chênh nhiệt độ trung bình của thiết bị trao đổi nhiệt

$$\text{cùng chiều} \quad \Delta t_{cc} = \frac{(t_1'' - t_2'') - (t_1' - t_2')}{\ln \frac{(t_1'' - t_2'')}{(t_1' - t_2')}} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$\text{ngược chiều} \quad \Delta t_{nc} = \frac{(t_1'' - t_2') - (t_1' - t_2'')}{\ln \frac{(t_1'' - t_2')}{(t_1' - t_2'')}} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$\Delta t_{cn} = \varepsilon_{\Delta t} \Delta t_{nc}$$

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2} = \frac{\delta t_2}{\Delta t_{\max}}$$

$$R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2} = \frac{\delta t_1}{\delta t_2}$$

4.6. Tính nhiệt độ cuối của chất tải nhiệt

$$t_1 = t_1' - Q \cdot \frac{1}{G_1 C_{p1}}$$

$$t_2 = t_2' + Q \cdot \frac{1}{G_2 C_{p2}}$$

$$Q = \frac{t_1' - t_2'}{\frac{1}{2G_1 C_{p1}} + \frac{1}{kF} + \frac{1}{2G_2 C_{p2}}}$$

12.1. Ống khói đường kính trong 600 mm, khối chuyển động trong ống có hệ số trao đổi nhiệt đối lưu là $40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hệ số trao đổi nhiệt bức xạ của khối với vách ống là $6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Xác định nhiệt trở toả nhiệt tổng hợp.

- a) 0,1017 mK/W b) 0,0243 mK/W c) 0,0115 mK/W

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua ống của 2 vật bọc nhau, lò sưởi được đặt trong phòng. Có độ đen bề mặt $\alpha_{dl} = 40 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_{bức xạ} = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hãy tính nhiệt trở tổng hợp.

Bài giải:

Hệ số toả nhiệt tổng hợp

$$= \alpha_{dl} + \alpha_{bức xạ} = 40 + 6 = 46 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Nhiệt trở toả nhiệt tổng hợp:

$$R = \frac{1}{\Pi d \alpha} = \frac{1}{2 \Pi \cdot 0,6 \cdot 46} = 0,0115 \text{ mK/W}$$

12.2. Vách phẳng 2 lớp có chiều dày các lớp $\delta_1 = 200 \text{ mm}$, $\delta_2 = 250 \text{ mm}$. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là $0,6 \text{ W/mK}$ và $0,7 \text{ W/mK}$. Khí nóng có nhiệt độ $t_{f1} = 200^\circ\text{C}$ tiếp xúc với lớp 1, không khí có nhiệt độ t_{f2} tiếp xúc với lớp 2. Biết hệ số toả nhiệt đối lưu từ khí nóng tới bề mặt là $20 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt đối lưu từ bề mặt lớp 2 tới không khí là $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là 130°C . Xác định nhiệt độ không khí:

- a) $46,52^\circ\text{C}$ b) $114,74^\circ\text{C}$ c) $165,89^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách phẳng 2 lớp $\alpha_1 = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_2 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\delta_1 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, $\delta_2 = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$, $t_{f1} = 200^\circ\text{C}$. Gọi nhiệt độ tiếp xúc giữa 2 vách là t_2 . Hãy tính t_{f2} .

Bài giải:

$$q = \alpha_1(t_{f1} - t_1), \quad (t_{f1} - t_1) = \frac{q}{\alpha_1}$$

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2), \quad (t_1 - t_2) = \frac{q \delta_1}{\lambda_1}$$

$$(t_{f1} - t_2) = q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\delta_1} \right) \gg \gg q = \frac{(t_{f1} - t_2)}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right)} = \frac{(200 - 130)}{\left(\frac{1}{20} + \frac{0,2}{0,6} \right)} = 182,6 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_2 - t_3), \quad t_3 = t_2 - \frac{q\delta_2}{\lambda_2} = 130 - 182,6 \frac{0,25}{0,7} = 64,78^\circ\text{C}$$

$$q = \alpha_2(t_3 - t_{f2}), \quad t_{f2} = t_3 - \frac{q}{\alpha_2} = 64,78 - 182,6 \frac{1}{10} = 45,5^\circ\text{C}$$

12.3. Vách có cánh ở một phía. Mặt bên trái không có cánh, diện tích $0,45 \text{ m}^2$, hệ số toả nhiệt $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, mặt bên phải có cánh, diện tích $4,5 \text{ m}^2$, hệ số toả nhiệt $34,5 \text{ kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{K}$, vách dày 20 mm , hệ số dẫn nhiệt bằng 45 W/mK . Trong 1 phút lượng nhiệt truyền từ bên phải sang bên trái bằng 250 kcal . Nhiệt độ của môi trường ở phía có cánh bằng 110°C . Tính nhiệt độ môi trường ở phía không có cánh.

a) $243,17^\circ\text{C}$

b) $190,24^\circ\text{C}$

c) $246,25^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách có cánh $\alpha_1 = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_2 = 34,5 \text{ kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{K} = 34,5 \cdot 4180/3600 \text{ W/m}^2\text{K} = 40,06 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\delta = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$, $\lambda = 45 \text{ W/mK}$, $t_{f2} = 110^\circ\text{C}$, $Q = 250 \text{ kcal/min} = 250 \cdot 4180 \text{ J/60s} = 17416,67 \text{ W}$, $F_1 = 0,45 \text{ m}^2$, $F_c = 4,5 \text{ m}^2$.

Hãy tính t_{f1} .

Bài giải:

$$q = \frac{Q}{F_1} = \frac{17416,67 \text{ W}}{0,45 \text{ m}^2} = 38703,7 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} = 38703,7 \text{ W/m}^2$$

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} \gg t_{f1} = t_{f2} + q\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}\right)$$

$$t_{f1} = 110 + 38703,7 \left(\frac{1}{2000} + \frac{0,02}{45} + \frac{0,45}{4,5} \frac{1}{40,06} \right) \\ = 110 + 133,16 = 243,17^\circ\text{C}$$

12.4. Truyền nhiệt qua vách phẳng có chiều dày $\delta = 2 \text{ mm}$, hệ số dẫn nhiệt là 40 W/mK , một phía hơi nước ngưng tụ, phía kia được làm cánh nên

diện tích truyền nhiệt tăng lên 5 lần và hệ số toả nhiệt từ bề mặt cánh tới không khí bằng $17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (bỏ qua nhiệt trở toả nhiệt phía hơi nước). Hệ số truyền nhiệt tính đối với bề mặt có diện tích nhỏ bằng:

- a) $84,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $146,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $48,87 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách có cánh $\alpha_2 = 17 \text{ W/m}^2\text{K}$, α_1 lớn nên $R = 0$, $\delta = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$, $\lambda = 40 \text{ W/mK}$, $t_{f2} = 110^\circ\text{C}$, $F_1/F_2 = 1/5$.
Hãy tính t_{f1} .

Bài giải:

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} = k(t_{f1} - t_{f2}) \quad k \text{ hệ số truyền nhiệt W/m}^2\text{K}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{vì } \alpha_1 \rightarrow \infty \quad \frac{1}{\alpha_1} \rightarrow 0$$

$$k = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_c} \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{0,002}{40} + \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{17}} = 84,64 \text{ W/m}^2\text{K}$$

12.5. Trong thiết bị ngưng tụ dùng hơi nước bão hoà ẩm có độ khô 0,9 để đun nóng nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C ; lưu lượng nước bằng 5 kg/s , lưu lượng hơi bằng $0,7 \text{ kg/s}$, nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết rằng ở áp suất hơi nước bão hoà ẩm, entanpy của hơi bão hoà khô bằng 2675 kJ/kg , của nước bão hoà bằng $417,4 \text{ kJ/kg}$. Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng:

- a) $87,73^\circ\text{C}$ b) $202,71^\circ\text{C}$ c) $78,84^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách dùng hơi ẩm có độ khô $x = 0,9$ để đun nóng nước, $t_2' = 20^\circ\text{C}$, $G_n = 5 \text{ kg/s}$, $G_h = 0,7 \text{ kg/s}$, $C_{pn} = 4200 \text{ J/kgK}$, $i'' = 2675 \text{ kJ/kg}$, $i' = 417,4 \text{ kJ/kg}$. Hãy tính t_2'' .

Bài giải:

Ta có bài toán cân bằng nhiệt, lượng nhiệt hơi thái ra sẽ được nước nhận.

$$Q_n = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2')$$

$$Q_h = G_h (i_2 - i')$$

$$i_2 = i_{2x} = i_2' + x(i_2'' - i_2')$$

$$Q_h = G_h (i_2 - i') = G_h [(i_2' + x(i_2'' - i_2')) - i_2']$$

$$Q_h = G_h x (i_2'' - i_2') = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2')$$

$$t_2'' = t_2' + \frac{G_h x (i_2'' - i_2')}{G_n C_{pn}} = 20 + \frac{0,7 \cdot 0,9 (2675 - 417,4) 10^3}{5.4200}$$

$$= 87,73^\circ\text{C}$$

12.6. Vách phẳng có cánh ở một phía. Mặt bên trái không có cánh, hệ số làm cánh 13 hệ số toả nhiệt phía không có cánh là $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía làm cánh $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, vách dày 20 mm , hệ số dẫn nhiệt bằng 45 W/mK . Nếu biết nhiệt độ của môi trường ở phía có cánh bằng 20°C , nhiệt độ phía không làm cánh bằng 75°C . Tính mật độ dòng nhiệt đi từ phía không làm cánh qua vách phẳng có cánh?

a) $322,06 \text{ W/m}^2$ b) $4186,72 \text{ W/m}^2$ c) $562,73 \text{ W/m}^2$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách có cánh $\alpha_1 = 200 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_2 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\delta = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$, $\lambda = 45 \text{ W/mK}$, $t_{f2} = 20^\circ\text{C}$, $F_1/F_2 = 1/13$.

Hãy tính q .

Bài giải:

$$q_1 = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_2} \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$q_1 = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_2} \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{75 - 20}{\frac{1}{200} + \frac{0,02}{45} + \frac{1}{13 \cdot 10}} = 4186,72 \text{ W/m}^2$$

12.7. Bức tường một phòng có chiều cao $3,3 \text{ m}$, rộng 5 m . Mặt bên ngoài tường có hệ số toả nhiệt $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên trong tường $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, tường dày 250 mm , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$. Phía bên trong tường có ốp gỗ trang trí chiều dày 10 mm , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,4 \text{ W/mK}$. Nếu biết nhiệt độ của môi trường ở phía bên ngoài tường bằng

40°C và nhiệt độ phía bên trong tường là 27°C thì lượng nhiệt truyền xuyên qua tường vào trong nhà là:

- a) 440,32 W b) 35,31 W c) 5049,99 W

Tóm tắt đầu bài:

Ta có trường hợp truyền nhiệt qua vách 2 lớp $\alpha_1 = 200 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_2 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\delta_1 = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$, $\lambda_1 = 0,7 \text{ W/mK}$, $\delta_2 = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$, $\lambda_2 = 0,4 \text{ W/mK}$, $t_{f1} = 27^\circ\text{C}$, $t_{f2} = 40^\circ\text{C}$.

Hãy tính Q .

Bài giải:

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{40 - 27}{\frac{1}{200} + \frac{0,025}{0,7} + \frac{0,01}{0,4} + \frac{1}{10}} = 26,68 \text{ W/m}^2$$

$$Q = qF = 26,68 \cdot 3,3 \cdot 5 = 440,32 \text{ W}$$

12.8. Một thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng 210 W/K, được làm nguội từ 120°C xuống 60°C. Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 1200 W/K, nhiệt độ của chất lỏng lạnh đi vào thiết bị bằng 10°C. Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng 40 W/m²K. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) 4,379 m² b) 4,576 m² c) 45,526 m²

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều $W_1 = G_1 C_{p1} = 210 \text{ W/K}$, $t_1'' = 120^\circ\text{C}$, $t_1' = 60^\circ\text{C}$, $W_2 = G_2 C_{p2} = 1200 \text{ W/K}$, $t_2' = 10^\circ\text{C}$, $k = 40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Hãy tính F .

Bài giải:

$$Q = W_1 \delta t_1 = G_1 C_{p1} (t_1'' - t_1') = 210(120 - 60) = 12600 \text{ W}$$

$$Q = W_2 \delta t_2 = G_2 C_{p2} (t_2'' - t_2') = G_2 C_{p2} (t_2'' - 10)$$

$$t_2'' = t_2' + \frac{Q}{G_2 C_{p2}} = 10 + \frac{12600}{1200} = 10 + 10,5 = 20,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = (t_1' - t_2'') = 120 - 20,5 = 95,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = (t_1'' - t_2') = 60 - 10 = 50^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{nc} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{95,5 - 50}{\ln \left(\frac{95,5}{50} \right)} = 71,93^\circ\text{C}$$

$$Q = kF\Delta t_{nc} \gg F = \frac{Q}{k\Delta t_{nc}} = \frac{12600}{40 \cdot 71,93} = 4,379 \text{ m}^2$$

12.9. Trong thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều, mỗi giờ có 1900 kg hơi nước bão hoà khô ở áp suất $p = 2$ bar ngưng tụ thành nước bão hoà. Nước làm mát ($C_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$) có nhiệt độ vào và ra khỏi thiết bị là 20°C và 70°C . Tính lưu lượng nước làm mát G .

a) 5,561 kg/s

b) 32,761 kg/s

c) 57,22 kg/s

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều $G_1 = 1900 \text{ kg/h}$, $p = 2$ bar hơi bão hoà khô, $t_2'' = 70^\circ\text{C}$, $t_1' = 20^\circ\text{C}$. Hãy tính G_n .

Bài giải:

Đây là bài toán cân bằng nhiệt: lượng nhiệt ngưng tụ do hơi bão hoà thải ra được nước hấp thụ toàn bộ.

Với $p = 2$ bar, $i' = 504,8 \text{ kJ/kg}$, $i'' = 2707 \text{ kJ/kg}$, $r = i'' - i' = 2202,2 \text{ kJ/kg}$, $Q_h = G_r = 1900 \cdot 2202,2 / 3600 = 1162,27 \text{ kW}$.

$$Q_n = G_n C_{p2} (t_2'' - t_2') = Q_h = G_h \cdot r$$

$$= \frac{1900 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \cdot 2202,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1162,27 \text{ kW}$$

$$G_n = \frac{G_h \cdot r}{C_{p2} (t_2'' - t_2')} = \frac{1162,27 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (70 - 20) \text{K}} = 5,56 \text{ kg/s}$$

12.10. Trong thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà có độ khô 0,9 áp suất 100 kPa để đun nóng nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C ; lưu lượng nước bằng 10kg/s, lưu lượng hơi bằng 1kg/s, nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K. Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng:

a) $25,38^\circ\text{C}$

b) $68,386^\circ\text{C}$

c) $144,44^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt đun nước nóng dùng hơi ẩm.

$G_n = 10 \text{ kg/s}$, $p = 100 \text{ kPa}$, $x = 0,9$, $G_h = 1 \text{ kg/s}$, $C_{pn} = 4200 \text{ J/kgK}$, $t_2' = 20^\circ\text{C}$. Hãy tính t_2'' .

Bài giải:

Ở áp suất $p = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$ ta có $r = 2258 \text{ kJ/kg}$

$$Q_n = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2')$$

$$Q_h = G_h (i_2 - i')$$

$$i_2 = i_{2x} = i_2' + x(i_2'' - i_2')$$

$$Q_h = G_h (i_2 - i') = G_h [(i_2' + x(i_2'' - i_2')) - i_2']$$

$$Q_h = G_h x (i_2'' - i_2') = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2')$$

$$t_2'' = t_2' + \frac{G_h x (i_2'' - i_2')}{G_n C_{pn}} = 20 + \frac{1,0,9,2258,10^3}{10,4200}$$
$$= 20 + 48,386^\circ\text{C} = 68,386^\circ\text{C}$$

12.11. Hơi nước bão hoà ở áp suất 2 bar ngưng tụ để đốt nóng không khí trong một thiết bị trao đổi nhiệt. Nhiệt độ không khí tăng từ 25°C đến 75°C . Độ chênh nhiệt độ trung bình bằng:

a) $65,61^\circ\text{C}$

b) $102,45^\circ\text{C}$

c) $67,16^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt cấp nhiệt cho không khí bằng hơi, $p = 2 \text{ bar}$, $t_1' = 25^\circ\text{C}$, $t_2' = 75^\circ\text{C}$. Hãy tính biến thiên nhiệt độ Δt .

Bài giải:

Ở $p = 2 \text{ bar}$ $t_s = 120,23^\circ\text{C}$

$$\Delta t_1 = (t_1' - t_2'') = 120,23 - 25 = 95,23^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = (t_1'' - t_2') = 120,23 - 75 = 45,23^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{95,23 - 45,23}{\ln \left(\frac{95,23}{45,23} \right)} = 67,156^\circ\text{C}$$

12.12. Lưu lượng nước được gia nhiệt trong một thiết bị trao đổi nhiệt bằng 47 kg/s . Nhiệt độ nước trước và sau gia nhiệt tương ứng bằng 25°C và 78°C . Công suất nhiệt của thiết bị bằng:

a) $9670,85 \text{ kW}$

b) $10412,38 \text{ kW}$

c) $54880,57 \text{ kW}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt $G_n = 47 \text{ kg/s}$, $t_1' = 25^\circ\text{C}$, $t_2'' = 78^\circ\text{C}$. Hãy tính Q_n .

Chọn nhiệt dung riêng của nước $C_{pn} = 4,18 \text{ kJ/kgK}$

$$Q_n = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2') = 47.4,180.(78 - 25) = 10412,38 \text{ kW}$$

12.13. Trong một thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà gia nhiệt cho nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C , khi ra 80°C nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết diện tích truyền nhiệt $F = 2 \text{ m}^2$, hệ số truyền nhiệt qua vách là $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình giữa nước và hơi là 115°C . Lưu lượng nước qua thiết bị là:

- a) $18,25 \text{ kg/s}$ b) $5,05 \text{ kg/s}$ c) $1,825 \text{ kg/s}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt gia nhiệt cho nước bằng hơi, $t_2' = 20^\circ\text{C}$, $t_2'' = 80^\circ\text{C}$, $F = 2 \text{ m}^2$, $k = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\Delta t = 115^\circ\text{C}$. Hãy tính G_n .

Bài giải:

$$Q = kF\Delta t = 2000.2.115 = 460000 \text{ W}$$

$$Q_n = G_n C_{pn} (t_2'' - t_2') = Q$$

$$G_n = \frac{Q_n}{C_{pn} (t_2'' - t_2')} = \frac{460000}{4200(80 - 20)} = 1,825 \text{ kg/s}$$

12.14. Thiết bị trao đổi nhiệt có tỷ số nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng và chất lỏng lạnh bằng $0,23$; độ chênh nhiệt độ của chất lỏng nóng bằng 53 K . Nếu chất lỏng lạnh khi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt có nhiệt độ 78°C thì nhiệt độ chất lỏng lạnh lúc vào thiết bị trao đổi nhiệt bằng:

- a) $65,81^\circ\text{C}$ b) $32,92^\circ\text{C}$ c) $24,38^\circ\text{C}$

Tóm tắt đầu bài:

Ta có thiết bị trao đổi nhiệt $W_1/W_2 = 0,23$, $\delta t_1 = 53 \text{ K}$, $t_2'' = 78^\circ\text{C}$. Hãy tính t_2' .

Bài giải:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\delta t_2}{\delta t_1} = 0,23 \gg \frac{\delta t_1}{53} = 0,23$$

$$\text{suy ra } \delta t_2 = \frac{W_1}{W_2} \delta t_1 = 53.0,23 = 12,19^\circ\text{C}$$

$$t_2' = t_2'' - \delta t_2 = 78 - 12,19 = 65,81^\circ\text{C}$$

Bài tập về nhà:

12.15. Xác định nhiệt trở truyền nhiệt qua ống có đường kính trung bình bằng 600 mm (bỏ qua ảnh hưởng của nhiệt trở dẫn nhiệt và chiều dày vách) biết hệ số toả nhiệt ở 2 bề mặt vách tương ứng là $40\text{W/m}^2\text{K}$ và $20\text{W/m}^2\text{K}$

- a) $0,0398\text{ mK/W}$ b) $0,0898\text{ mK/W}$ c) $0,4295\text{ mK/W}$

12.16. Dòng nhiệt trao đổi giữa không khí và nước qua các ống đồng mỏng (bỏ qua nhiệt trở vách) là 10 kW, hệ số toả nhiệt phía nước gấp 8 lần phía không khí. Khi được làm cánh với hệ số làm cánh bằng 10, độ chênh nhiệt độ và hệ số toả nhiệt như cũ thì dòng nhiệt trao đổi khi đã làm cánh là:

- a) 50 kW b) 121,76 kW c) 69,71 kW

12.17. Nhiệt độ bề mặt của một bức tường thép không gỉ dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 15 W/mK là ($t_w = 90^\circ\text{C}$ được duy trì bằng hơi ngưng tụ). Phía bên kia tường tiếp xúc với không khí có nhiệt độ $t_f = 20^\circ\text{C}$ và hệ số toả nhiệt $= 25\text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc với không khí là bao nhiêu?

- a) $89,998^\circ\text{C}$ b) 86°C c) $101,37^\circ\text{C}$

12.18. Một ống dẫn hơi bằng thép có đường kính d_2/d_1 là 116/200 mm, hệ số dẫn nhiệt của thép là $46,44\text{ W/mK}$. Nếu biết hệ số toả nhiệt giữa ống và không khí xung quanh là $10\text{ W/m}^2\text{K}$ thì hệ số dẫn nhiệt lớn nhất có thể của vật liệu cách nhiệt là:

- a) $1,08\text{ W/mK}$ b) 2 W/mK c) $1,247\text{ W/mK}$

12.19. Vách phẳng có cánh ở một phía. Mặt bên trái không có cánh, hệ số làm cánh 13 hệ số toả nhiệt phía không có cánh là $200\text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía làm cánh $10\text{ W/m}^2\text{K}$, vách dày 20 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 45 W/mK , nhiệt độ của môi trường ở phía khụng cú cánh bằng 75°C , nhiệt độ của môi trường ở phía có cánh bằng 20°C . Tính mật độ dòng nhiệt đi qua bề mặt vách phẳng không làm cánh.

- a) $4186,73\text{ W/m}^2$ b) $547,89\text{ W/m}^2$ c) $83015,71\text{ W/m}^2$

12.20. Vách phẳng có chiều cao 3,3 m, rộng 5 m. Mặt bên trái tường có hệ số toả nhiệt $200\text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên phải tường $10\text{ W/m}^2\text{K}$, tường dày 250 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7\text{ W/mK}$. Nếu biết nhiệt độ của môi trường ở phía bên trái tường bằng 40°C và nhiệt độ phía bên kia tường là 27°C thì lượng nhiệt truyền xuyên qua tường vào trong nhà trong 1h là:

- a) 1670,91 kJ b) 35,31 kJ c) 24076,37 kJ

12.21. Bức tường một phòng có chiều cao 3,3 m, rộng 5 m. Mặt bên ngoài tường có hệ số toả nhiệt $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên trong tường $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, tường dày 250 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$. Phía bên trong tường có ốp gỗ trang trí chiều dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,4 \text{ W/mK}$. Nếu biết nhiệt độ của môi trường bên ngoài bằng 40°C và nhiệt độ phía bên trong nhà là 27°C thì nhiệt độ tường bên trong nhà là:

- a) $29,67^\circ\text{C}$ b) $30,55^\circ\text{C}$ c) $39,96^\circ\text{C}$

12.22. Bức tường một phòng có chiều cao 3,3 m, rộng 5 m. Mặt bên trong nhà có hệ số toả nhiệt $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên ngoài nhà $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, tường dày 250 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$, Phía bên trong tường có ốp gỗ trang trí chiều dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,4 \text{ W/mK}$. Nếu biết nhiệt độ của môi trường bên ngoài bằng 40°C và nhiệt độ phía bên trong nhà là 27°C thì nhiệt độ lớp gỗ bên trong nhà là:

- a) $29,67^\circ\text{C}$ b) $35,31^\circ\text{C}$ c) $31,44^\circ\text{C}$

12.23. Hai chất lỏng trao đổi nhiệt qua một bề mặt vách ngăn dày 50 mm, Mặt bên trái vách có hệ số toả nhiệt $25 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên phải vách $12 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số dẫn nhiệt của vách bằng $0,5 \text{ W/mK}$. Hệ số truyền nhiệt qua vách là:

- a) $4,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $54,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

12.24. Một ống dẫn hơi bằng thép có đường kính d_2/d_1 là 216/200 mm, hệ số dẫn nhiệt của thép là $46,44 \text{ W/mK}$. Nếu biết hệ số toả nhiệt giữa ống và không khí xung quanh là 10 W/mK và hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt là $0,25 \text{ W/mK}$ thì đường kính tối hạn là:

- a) 0,05 m b) 2 m c) 0,061 m

12.25. Một thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng $4,5 \text{ W/K}$, được làm nguội từ 96°C xuống 50°C . Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 22 W/K , nhiệt độ của chất lỏng lạnh ra khỏi thiết bị bằng 40°C . Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng $22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) $1,031 \text{ m}^2$ b) $0,319 \text{ m}^2$ c) $0,5 \text{ m}^2$

12.26. Một thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng $4,5 \text{ W/K}$, được làm nguội từ 96°C xuống 70°C . Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 22 W/K , nhiệt độ của chất lỏng lạnh

ra khỏi thiết bị bằng 60°C . Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng $20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) $14,5 \text{ m}^2$ b) $0,24 \text{ m}^2$ c) $2,51 \text{ m}^2$

12.27. Nước lạnh thường được dùng để làm lạnh không khí trong thiết bị trao đổi nhiệt để điều hoà không khí. Nếu nhiệt độ nước tăng 15°C khi đi qua thiết bị và nhiệt độ không khí giảm 20°C . Tỷ số lưu lượng của nước và không khí là:

- a) 0,32 b) 1,84 c) 3,45

12.28. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt có vách ngăn cùng chiều của dịch thể nóng và dịch thể lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^{\circ}\text{C}$, $t_1'' = 100^{\circ}\text{C}$, $t_2' = 30^{\circ}\text{C}$, $t_2'' = 90^{\circ}\text{C}$. Nếu chất lỏng lạnh là nước có lưu lượng $0,05 \text{ l/s}$ và hệ số truyền nhiệt bằng $12 \text{ W/m}^2\text{K}$ thì diện tích bề mặt truyền nhiệt bằng:

- a) $0,02 \text{ m}^2$ b) $38,08 \text{ m}^2$ c) $15,38 \text{ m}^2$

12.29. Trong một thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà với độ khô 0,8 gia nhiệt cho nước, nước khi vào có nhiệt độ 15°C . Lưu lượng nước bằng 13 kg/s , lưu lượng hơi bằng 2 kg/s , nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết rằng nhiệt ẩn hoá hơi của H_2O ở áp suất làm việc là 2257 kJ/kg . Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng :

- a) $66,14^{\circ}\text{C}$ b) $81,14^{\circ}\text{C}$ c) $111,96^{\circ}\text{C}$

12.30. Nhiệt độ vào và ra của chất lỏng nóng trong thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều tương ứng là 200°C và 150°C . Nhiệt độ chất lỏng lạnh vào thiết bị là 20°C . Hệ số truyền nhiệt $k = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$. Xác định dòng nhiệt trao đổi trong thiết bị khi diện tích trao đổi nhiệt bằng 10 m^2 và $(G_1.C_{p1})/(G_2.C_{p2}) = 1,2$.

- a) $121,39 \text{ kW}$ b) $644,75 \text{ kW}$ c) $124,93 \text{ kW}$

12.31. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt ngược chiều của chất lỏng nóng và lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^{\circ}\text{C}$, $t_1'' = 100^{\circ}\text{C}$; $t_2' = 20^{\circ}\text{C}$, $t_2'' = 80^{\circ}\text{C}$. Nếu chất lỏng lạnh là nước có lưu lượng $0,05 \text{ l/s}$ và hệ số truyền nhiệt bằng $14 \text{ W/m}^2\text{K}$ thì diện tích bề mặt truyền nhiệt bằng:

- a) $8,2 \text{ m}^2$ b) $38,16 \text{ m}^2$ c) $7,5 \text{ m}^2$

12.32. Hai dòng lưu chất (nóng và lạnh), chuyển động ngược chiều trong thiết bị trao đổi nhiệt kiểu vách ngăn, có nhiệt dung toàn phần như

nhau. Độ chênh nhiệt độ trung bình bằng bao nhiêu nếu hiệu nhiệt độ giữa hai dòng tại một đầu thiết bị bằng 40 K.

a) 20 K

b) 80 K

c) 40 K

12.33. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt ngược chiều của chất lỏng nóng và lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^\circ\text{C}$, $t_1'' = 100^\circ\text{C}$; $t_2' = 20^\circ\text{C}$, $t_2'' = 80^\circ\text{C}$. Hãy tính độ chênh nhiệt độ trung bình logarit:

a) $61,07^\circ\text{C}$

b) 125°C

c) $119,4^\circ\text{C}$

12.34. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt cùng chiều của chất lỏng nóng và lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^\circ\text{C}$, $t_1'' = 100^\circ\text{C}$; $t_2' = 20^\circ\text{C}$, $t_2'' = 80^\circ\text{C}$. Hãy tính độ chênh nhiệt độ trung bình logarit:

a) $85,98^\circ\text{C}$

b) 125°C

c) $871,37^\circ\text{C}$

12.35. Một dàn ngưng tụ lớn được thiết kế để thải 800 kW nhiệt do hơi ngưng tụ ở áp suất 1 bar. Nước làm mát có nhiệt độ 25°C và 30°C khi vào và ra khỏi dàn ngưng tụ. Nếu biết hệ số truyền nhiệt là 2000 W/m^2 thì diện tích thiết bị trao đổi nhiệt là:

a) $5,54 \text{ m}^2$

b) $2,13 \text{ m}^2$

c) $2,67 \text{ m}^2$

12.36. Trong thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều, mỗi giờ có 1900 kg hơi nước bão hoà ẩm $x = 0,8$ ở áp suất $p = 2 \text{ bar}$ ngưng tụ thành nước bão hoà. Nước làm mát ($C_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$) có nhiệt độ vào và ra khỏi thiết bị là 20°C và 70°C . Tính lưu lượng nước làm mát G .

a) $4,449 \text{ kg/s}$

b) $7,197 \text{ kg/s}$

c) $11,298 \text{ kg/s}$

10 ĐỀ MẪU THI CAO ĐẲNG VÀ TÀI CHỨC

Đề 1

Câu 1. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô R12 ở áp suất ban đầu 20 kPa. Hãy tính entanpy của R12.

- a) 1246 kJ b) 525,2 kJ c) 623 kJ

Câu 2. Thể tích của 10 kg hơi nước ở áp suất 1,1 bar là 12,4 m³. Entanpy của chúng sẽ là:

- a) 2228,9 kJ b) 22289 kJ c) 12126,59 kJ

Câu 3. Một bình chứa O₂ có thể tích 3000 lít, $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$, $p_1 = 400$ mmHg, áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg O₂ (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{ck} = 300$ mmHg.

- a) 2,309 kg b) -0,308 kg c) 0,257 kg

Câu 4. Một nhà máy nhiệt điện công suất 1000 MW có hiệu suất 0,4. Lượng nhiệt nhà máy này thải vào môi trường xung quanh là:

- a) 1561,57 MW b) 1500 MW c) 4286,44 MW

Câu 5. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N₂ khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) -1,24 kJ/kgK c) 1,045 kJ/kgK

Câu 6. Khoảng đá tu cấp dòng hình lập phương cạnh dài 2 m được cách nhiệt phải dưới bằng xốp có hệ số dẫn nhiệt 0,03 W/mK. Chiều dày lớp xốp cách nhiệt phải dày ít nhất là bao nhiêu để tổn thất nhiệt không vượt quá 500 W khi biết nhiệt độ bề mặt trong và ngoài của khoảng đá là -10°C và 35°C .

- a) 0,011 m b) 0,338 m c) 0,022 m

Câu 7. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O₂ tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,286 kJ b) 118,754 kJ c) 110,29 kJ

Câu 8. 4 kg khí CO giãn nở đẳng nhiệt từ trạng thái đầu có nhiệt độ $140^{\circ}C$ đến trạng thái thứ hai có thể tích tăng lên 4 lần. Công giãn nở bằng:

- a) 170003,36 J b) 565956,74 J c) 680013,43 J

Câu 9. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ $30^{\circ}C$, áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

- a) 7,24 % b) 73,83 % c) 38 %

Câu 10. 8 kg hơi ẩm $R22$ ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R22$ nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

Đề 2

Câu 1. Không khí nằm trong lốp ô tô có thể tích $0,015 \text{ m}^3$ ở $30^{\circ}C$ có đồng hồ áp suất đo được 150 kPa. Lượng không khí cần bổ sung để nâng áp suất đồng hồ lên tới 200 kPa sẽ là:

- a) 0,013 kg b) 0,005 kg c) 0,009 kg

Câu 2. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O_2 tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,28 kJ b) 58,41 kJ c) 150,32 kJ

Câu 3. Khoang đá tủ cấp đông hình lập phương cạnh dài 2 m được cách nhiệt phải dưới bằng xốp có hệ số dẫn nhiệt $0,03 \text{ W/mK}$. Chiều dày lớp xốp cách nhiệt phải dày ít nhất là bao nhiêu để tổn thất nhiệt không vượt quá 500 W khi biết nhiệt độ bề mặt trong và ngoài của khoang đá là $-10^{\circ}C$ và $35^{\circ}C$.

- a) 0,011 m b) 0,338 m c) 0,023 m

Câu 4. Không khí trong bình có áp suất 3 bar và nhiệt độ $16^{\circ}C$ được phơi nắng và nhiệt độ tăng đến $30^{\circ}C$. Nếu giữ thể tích của bình ở $0,01 \text{ m}^3$, lượng nhiệt truyền cho không khí sẽ là:

- a) 10,09 kJ b) 0,365 kJ c) 0,437 kJ

Câu 5. 8 kg hơi ẩm $R22$ ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R22$ nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

Câu 6. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô $R12$ ở áp suất ban đầu 20 kPa. Hãy tính entanpy của $R12$.

- a) 1246 kJ b) 760,1 kJ c) 623 kJ

Câu 7. Thể tích của 10 kg hơi nước ở áp suất 1,1 bar là 12,4 m³. Entanpy của chúng sẽ là:

- a) 2228,9 kJ b) 22289 kJ c) 19416,17 kJ

Câu 8. Một bình chứa O_2 có thể tích 3000 lít, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $p_1 = 400$ mmHg. Áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg O_2 (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{ck} = 300$ mmHg.

- a) 2,309 kg b) -0,308 kg c) 0,257 kg

Câu 9. Entanpy của 3 kg nước sôi ở áp suất 0,5 bar là:

- a) 1021,8 kJ b) 2908,28 kJ c) 712,39 kJ

Câu 10. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N_2 khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) -1,24 kJ/kgK c) 1,045 kJ/kgK

Đề 3

Câu 1. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

- a) 7,24 % b) 73,83 % c) 65,91 %

Câu 2. Một bình chứa O_2 có thể tích 3000 lít, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $p_1 = 400$ mmHg. Áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg O_2 (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{ck} = 300$ mmHg.

- a) 2,309 kg b) -0,308 kg c) 0,257 kg

Câu 3. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O_2 tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,286 kJ b) 59,177 kJ c) 135,8 kJ

Câu 4. Một nhà máy nhiệt điện công suất 1000 MW có hiệu suất 0,4. Lượng nhiệt nhà máy này thải vào môi trường xung quanh là bao nhiêu :

- a) 1561,571 MW b) 1500 MW c) 4286,437 MW

Câu 5. Không khí trong bình có áp suất 3 bar và nhiệt độ 16°C được phơi nắng và nhiệt độ tăng đến 30°C . Nếu giữ thể tích của bình ở $0,01 \text{ m}^3$, lượng nhiệt truyền cho không khí sẽ là:

- a) 10,09 kJ b) 0,365 kJ c) 0,313 kJ

Câu 6. 8 kg hơi ẩm R22 ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R22 nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

Câu 7. Entanpy của 3 kg nước sôi ở áp suất 0,5 bar là:

- a) 1021,8 kJ b) 1666,65 kJ c) 825,58 kJ

Câu 8. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N_2 khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) -1,24 kJ/kgK c) 1,045 kJ/kgK

Câu 9. Không khí nằm trong lốp ô tô có thể tích $0,015 \text{ m}^3$ ở 30°C có đồng hồ áp suất đo được 150 kPa. Lượng không khí cần bổ sung để nâng áp suất đồng hồ lên tới 200 kPa sẽ là:

- a) 0,013 kg b) 0,005 kg c) 0,009 kg

Câu 10. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô R12 ở áp suất ban đầu 20 kPa. Hãy tính entanpy của R12.

- a) 1246 kJ b) 397,9 kJ c) 623 kJ

Đề 4

Câu 1. Một bình chứa O_2 có thể tích 3000 lít, $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$, $p_1 = 400 \text{ mmHg}$. Áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg O_2 (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{ck} = 300 \text{ mmHg}$.

- a) 2,309 kg b) -0,308 kg c) 0,257 kg

Câu 2. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O_2 tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,286 kJ b) 115,759 kJ c) 88,902 kJ

Câu 3. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô R12 ở áp suất ban đầu 20 kPa. Hãy tính entanpy của R12.

- a) 1246 kJ b) 670,1 kJ c) 623 kJ

Câu 4. Nhiệt độ trong dàn lạnh và dàn ngưng tụ của tủ lạnh là -10°C và 1°C . Nếu tủ lạnh làm việc theo chu trình Cárnot với môi chất R12. Hãy tính hệ số làm lạnh.

- a) 1,416 b) 7,514 c) 16,721

Câu 5. Entanpy của 3 kg nước sôi ở áp suất 0,5 bar là:

- a) 1021,8 kJ b) 1148,29 kJ c) 285,54 kJ

Câu 6. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N_2 khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) $-1,24\text{kJ/kgK}$ c) 1,045 kJ/kgK

Câu 7. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

- a) 7,24 % b) 73,83 % c) 45,63 %

Câu 8. Khoang đá tủ cấp đông hình lập phương cạnh dài 2 m được cách nhiệt phía dưới bằng xốp có hệ số dẫn nhiệt 0,03 W/mK. Chiều dày lớp xốp cách nhiệt phải dày ít nhất là bao nhiêu để tổn thất nhiệt không vượt quá 500 W khi biết nhiệt độ bề mặt trong và ngoài của khoang đá là -10°C và 35°C .

- a) 0,011 m b) 0,338 m c) 0,025 m

Câu 9. Không khí trong bình có áp suất 3 bar và nhiệt độ 16°C được phơi nắng và nhiệt độ tăng đến 30°C . Nếu giữ thể tích của bình ở $0,01\text{ m}^3$, lượng nhiệt truyền cho không khí sẽ là:

- a) 10,09 kJ b) 0,365 kJ c) 0,334 kJ

Câu 10. 8 kg hơi ẩm R22 ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R22 nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

Đề 5

Câu 1. 8 kg hơi ẩm R22 ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 2 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi R22 nhận.

- a) 463 kJ b) 208 kJ c) 305,6 kJ

Câu 2. 4 kg khí CO giãn nở đẳng nhiệt từ trạng thái đầu có nhiệt độ 140°C đến trạng thái thứ hai có thể tích tăng lên 4 lần. Công giãn nở bằng:

- a) 170003,36 J b) 505240,8 J c) 680013,43 J

Câu 3. Một bình chứa O_2 có thể tích 3000 lít, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $p_1 = 400$ mmHg. Áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg O_2 (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{rk} = 300$ mmHg.

- a) 2,309 kg b) -0,308 kg c) 0,257 kg

Câu 4. Bình kín chứa 2 kg hơi bão hòa khô R12 ở áp suất ban đầu 20 kPa. Hãy tính entanpy của R12.

- a) 1246 kJ b) 507,7 kJ c) 623 kJ

Câu 5. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N_2 khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) -1,24 kJ/kgK c) 1,045 kJ/kgK

Câu 6. Thể tích của 10 kg hơi nước ở áp suất 1,1 bar là 12,4 m³. Entanpy của chúng sẽ là:

- a) 2228,9 kJ b) 22289 kJ c) 12110,66 kJ

Câu 7. Entanpy trong quá trình đốt nóng đẳng tích 1 kg O_2 tăng một lượng bằng 125 kJ/kg. Nhiệt lượng tiêu tốn bằng:

- a) 89,286 kJ b) 77,223 kJ c) 64,81 kJ

Câu 8. Không khí nằm trong lốp ô tô có thể tích 0,015 m³ ở 30°C có đồng hồ áp suất đo được 150 kPa, Lượng không khí cần bổ sung để nâng áp suất đồng hồ lên tới 200 kPa là:

- a) 0,013 kg b) 0,005 kg c) 0,009 kg

Câu 9. Một nhà máy nhiệt điện công suất 1000 MW có hiệu suất 0,4. Lượng nhiệt nhà máy này thải vào môi trường xung quanh là:

- a) 1561,57 MW b) 1500 MW c) 4286,44 MW

Câu 10. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

- a) 7,24 % b) 73,83 % c) 78,42 %

Đề 6

Câu 1. Truyền nhiệt qua vách phẳng có chiều dày $\delta = 2 \text{ mm}$, hệ số dẫn nhiệt là 40 W/mK , một phía hơi nước ngưng tụ, phía kia được làm cánh nên diện tích truyền nhiệt tăng lên 5 lần và hệ số tỏa nhiệt từ bề mặt cánh tới không khí bằng $17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (bỏ qua nhiệt trở tỏa nhiệt phía hơi nước). Hệ số truyền nhiệt tính đối với bề mặt có diện tích nhỏ bằng:

- a) $16,93 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $84,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $48,43 \text{ W/m}^2\text{K}$

Câu 2. Một nhà máy nhiệt điện công suất 1000 MW có hiệu suất 0,4. Lượng nhiệt nhà máy này thải vào môi trường xung quanh là:

- a) 1561,571 MW b) 1500 MW c) 4286,437 MW

Câu 3. Không khí có thể tích $2,48 \text{ m}^3$, nhiệt độ 15°C , áp suất 1 bar. Khi bị nén đoạn nhiệt không khí nhận công kỹ thuật 450 kJ. Nhiệt độ không khí sau khi nén là:

- a) 14,992 K b) 437,309 K c) 575,059 K

Câu 4. 5kg hơi nước quá nhiệt có áp suất 100 kPa nhiệt độ 400°C bị làm lạnh đẳng áp để trở thành hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,4$. Xác định tỷ lệ giữa nhiệt ngưng tụ và nhiệt làm lạnh hơi quá nhiệt trở thành hơi bão hoà khô.

- a) 2,25 b) 0,79 c) 3,46

Câu 5. Một bình kín thể tích $0,03 \text{ m}^3/\text{kg}$ chứa 2 kg R22 ở áp suất 1 bar. Sau khi nhận một lượng nhiệt, áp suất của hơi tăng đến 2 bar. Hỏi lượng nhiệt cấp cho 2 kg khí nằm trong bình kín.

- a) 87,8 kJ/kg b) 81,8 kJ c) 228,3 kJ

Câu 6. Trong dàn bay hơi của tủ lạnh dùng R12 biết áp suất bay hơi là 219,1 kPa, nhiệt ẩn hóa hơi ở áp suất này là 156,2 kJ/kg. Nếu biết áp suất ngưng tụ là 600 kPa thì lưu lượng môi chất lạnh phải là bao nhiêu để đảm bảo năng suất lạnh của tủ là 3 kW?

- a) 0,024 kg/s b) 0,019 kg/s c) 0,124 kg/s

Câu 7. Không khí ẩm có thể tích 200 lít, độ ẩm tương đối 70%, nhiệt độ 25°C , áp suất 1 bar. Xác định lượng không khí khô có trong không khí ẩm.

- a) 2,34 kg b) 0,08kg c) 0,23 kg

Câu 8. Công nén để tiến hành nén đoạn nhiệt 24 kg/phút không khí từ $p_1 = 100 \text{ kPa}$, 22°C lên áp suất cao hơn là 38 kW. Nếu coi quá trình nén là thuận nghịch thì nhiệt độ cuối là:

- a) $154,55^{\circ}\text{C}$ b) $241,9^{\circ}\text{C}$ c) $275,24^{\circ}\text{C}$

Câu 9. Biết mật độ dòng nhiệt qua vách phẳng dày 40 mm có hệ số dẫn nhiệt 25 W/mK là 350 W/m^2 . Hãy tính độ chênh nhiệt độ 2 mặt vách.

- a) $0,56^{\circ}\text{C}$ b) $373,33^{\circ}\text{C}$ c) $0,69^{\circ}\text{C}$

Câu 10. Một bình chứa N_2 có thể tích 20 lít, $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$, $p_1 = 600 \text{ mmHg}$, áp suất ngoài trời bằng 1 bar. Phải hút ra khỏi bình bao nhiêu kg N_2 (nhiệt độ không đổi) để trong bình đạt áp suất chân không $p_{\text{ck}} = 7,974 \text{ mmHg}$.

- a) 8,137 kg b) 7,974 kg c) 95,053 kg

ĐỀ 7

Câu 1. Một bình kín có thể tích 100 lít chứa 58,1 g khí lý tưởng. Áp kế đo chỉ độ chân không bằng 420mmHg, nhiệt độ 27°C . Áp kế khí quyển bằng 760 mmHg. Khí ở trong bình có giá trị kilomol là:

- a) 32 kg/kmol b) 22 kg/kmol c) 20kg/kmol

Câu 2. Một động cơ lý thuyết làm việc theo chu trình Cárnot ở nhiệt độ thấp nhất 25°C đã sinh công 20 kW và thải cho nguồn lạnh 12 kW. Tính lượng nhiệt cấp vào.

- a) 8 kW b) 32 kW c) 55,818 kW

Câu 3. 5 kmol khí ôxy ở $51,7^{\circ}\text{C}$ được cung cấp một lượng nhiệt 700 kJ và đã thực hiện được công giãn nở 14 kJ. Tính nhiệt độ của khí ôxy sau khi giãn nở.

- a) $1102,04^{\circ}\text{C}$ b) $58,26^{\circ}\text{C}$ c) $82,09^{\circ}\text{C}$

Câu 4. Bình kín thể tích 9 m^3 chứa 80 kg hơi nước ở áp suất 5 bar . Do bị làm nguội, áp suất giảm xuống còn 3 bar . Tính lượng hơi nước đã ngưng tụ trong quá trình làm nguội.

- a) $9,11 \text{ kg}$ b) $14,74 \text{ kg}$ c) $16,77 \text{ kg}$

Câu 5. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 1 \text{ bar}$ thể tích của 2 kg khí $R22$ tăng từ $0,025 \text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí $R22$.

- a) $29,7 \text{ kJ/kg}$ b) $32,7 \text{ kJ}$ c) 300 kJ

Câu 6. Nước lạnh thường được dùng để làm lạnh không khí trong thiết bị trao đổi nhiệt để điều hoà không khí. Nếu nhiệt độ nước tăng 15°C khi đi qua thiết bị và nhiệt độ không khí giảm 20°C . Tỷ số lưu lượng của nước và không khí là:

- a) $0,32$ b) $1,81$ c) $3,36$

Câu 7. Không khí ẩm có độ ẩm tương đối bằng 10% , độ chứa hơi bằng 22 g/kg , áp suất bằng 1 bar . Áp suất riêng phần cực đại của hơi nước bằng:

- a) $972,51 \text{ kPa}$ b) $34,16 \text{ kPa}$ c) $53,46 \text{ kPa}$

Câu 8. Trong thiết bị ngưng tụ dùng hơi nước bão hoà ẩm có độ khô $0,9$ để đun nóng nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C ; lưu lượng nước bằng 5 kg/s , lưu lượng hơi bằng $0,7 \text{ kg/s}$, nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết rằng ở áp suất hơi nước bão hoà ẩm, entanpy của hơi bão hoà khô bằng 2675 kJ/kg , của nước bão hoà bằng $417,4 \text{ kJ/kg}$. Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng:

- a) $87,73^\circ\text{C}$ b) $137,98^\circ\text{C}$ c) $82,12^\circ\text{C}$

Câu 9. Biết mật độ dòng nhiệt qua vách phẳng dày 40 mm có hệ số dẫn nhiệt 25 W/mK là 350 W/m^2 . Hãy tính độ chênh nhiệt độ 2 mặt vách.

- a) $0,56^\circ\text{C}$ b) $373,33^\circ\text{C}$ c) $1,12^\circ\text{C}$

Câu 10 (MS: 101301). 24 kg/ph CO_2 được nén đoạn nhiệt từ 35°C , $p = 107,2 \text{ kPa}$ đến khi áp suất tăng 7 lần. Tính công của máy nén.

- a) $-40,83 \text{ kW}$ b) $-57,18 \text{ kW}$ c) $-131,215 \text{ kW}$

Đề 8

Câu 1. Nhiệt dung riêng đa biến của khí N_2 khi thực hiện quá trình đa biến có số mũ đa biến $n = 1,15$ là:

- a) 0,75 kJ/kgK b) -1,24 kJ/kgK c) 1,045 kJ/kgK

Câu 2. Máy nhiệt Cárnot làm việc ở 2 nguồn nhiệt 520°C và 24°C sinh ra công 2 kW. Mỗi chu trình xảy ra mất 7 phút. Lượng nhiệt lấy đi từ nguồn nóng là:

- a) 15,988 kJ b) 2269,706 kJ c) 1342,984 kJ

Câu 3. 30 kg khí CO_2 chứa trong bình kín có nhiệt độ 20°C được cung cấp nhiệt lượng 586 kJ. Xác định nhiệt độ của khí CO_2 sau khi cấp nhiệt.

- a) $49,33^\circ\text{C}$ b) $64,92^\circ\text{C}$ c) $70,01^\circ\text{C}$

Câu 4. 40 kg nước sôi ở áp suất 14 bar được đốt nóng đẳng áp tới nhiệt độ 350°C . Nhiệt của quá trình bằng:

- a) 14280 kJ b) 92680 kJ c) 213226,2 kJ

Câu 5. 1,5 kg hơi ẩm R22 ở nhiệt độ -15°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entanpy sau khi khí R22 nhận một lượng nhiệt là 116,1 kJ.

- a) 602,2 kJ/kg b) 576,4 kJ/kg c) 648,7 kJ/kg

Câu 6. Máy nén thực hiện nén đoạn nhiệt không khí có nhiệt độ 20°C , áp suất 100 kPa tới áp suất 1 MPa. Năng suất của máy nén tính tại đầu hút là $20 \text{ m}^3/\text{phút}$. Tính công suất của máy nén.

- a) -91,208 kW b) -177,114 kW c) -108,581 kW

Câu 7. Hai hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức (khí chất lỏng chuyển động trong ống) đồng dạng với nhau. Nếu chất lỏng chuyển động trong ống thứ nhất có nhiệt độ trung bình 60°C , hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$, nhiệt dung riêng bằng $6,4 \text{ kJ/kgK}$, độ nhớt động học bằng $0,00000015 \text{ m}^2/\text{s}$ và khối lượng riêng bằng $1166,667 \text{ kg/m}^3$ thì nhiệt độ trung bình của nước chảy trong ống thứ hai phải bằng:

- a) $99,23^\circ\text{C}$ b) 110°C c) $126,13^\circ\text{C}$

Câu 8. Không khí ẩm có nhiệt độ 25°C , độ chứa hơi 8 g/kg được đốt nóng rồi đưa vào buồng sấy. Sau khi sấy không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , độ chứa hơi 20 g/kg. Nhiệt lượng cần để bốc hơi 1 kg nước trong vật sấy là:

- a) 335,46 kJ/kg b) 4444,87 kJ/kg c) 2981 kJ/kg

Câu 9. Một bình khí hình cầu đường kính 6 m chứa Heli ở nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$ và áp suất $p = 200 \text{ kPa}$, số kmol khí Heli nằm trong đó là:

- a) 6,96 kmol b) 9,28 kmol c) 7,73 kmol

Câu 10. Hơi nước đi vào tuabin có nhiệt độ 500°C và áp suất 30 bar. Biết áp suất ngưng tụ là 0,04 bar. Hãy xác định công của tuabin.

- a) 3138,3 kJ/kg b) 1907,47 kJ/kg c) 1237,45 kJ/kg

Đề 9

Câu 1. Người ta đốt nóng 3 kg không khí chứa trong một bình kín ở nhiệt độ 20°C mất một nhiệt lượng 150 kJ/kg. Thay đổi entanpy bằng:

- a) 630 kJ b) 580,27 kJ c) 582,86 kJ

Câu 2. Để 14 kg hơi bão hoà ẩm có áp suất 15 bar trở thành hơi bão hoà khô, người ta cấp nhiệt đẳng áp $Q = 8800 \text{ kJ}$. Độ khô ban đầu của hơi bão hoà ẩm là:

- a) 0,32 b) 0,33 c) 0,68

Câu 3. Nhiệt độ bề mặt của một bức tường thép không gỉ dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 15 W/mK là ($t_w = 90^{\circ}\text{C}$ được duy trì bằng hơi ngưng tụ). Phía bên kia tường tiếp xúc với không khí có nhiệt độ $t_f = 20^{\circ}\text{C}$ và hệ số tỏa nhiệt $= 25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc với không khí là:

- a) $89,99^{\circ}\text{C}$ b) 86°C c) $102,69^{\circ}\text{C}$

Câu 4. Bình chứa oxy ở áp suất 60 at. Sau khi sử dụng hết 0,6 kg, áp suất trong bình là 25 at. Xác định thể tích bình chứa, biết nhiệt độ oxy trước và sau khi sử dụng bằng 30°C .

- a) $1,36 \text{ dm}^3$ b) $13,77 \text{ dm}^3$ c) $9,18 \text{ dm}^3$

Câu 5. Sau khi được nén đoạn nhiệt đến áp suất 7 bar, ga R22 đạt đến nhiệt độ 70°C . Nhờ thải nhiệt trong dàn ngưng tụ R22 trở thành lỏng bão hòa. Lượng nhiệt thải cho môi trường xung quanh là bao nhiêu nếu biết lưu lượng ga R22 trong máy điều hòa nhiệt độ là 2 kg/s .

- a) -240 kJ b) -480 kJ c) -540 kJ

Câu 6. Nhà máy nhiệt điện làm việc theo chu trình Rankin. Hơi vào tuabin có áp suất 8 MPa, nhiệt độ 400°C , áp suất ngưng tụ 40 kPa. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin sẽ là:

- a) 0,42 b) 0,8 c) 0,69

Câu 7. Biết mật độ dòng nhiệt qua vách phẳng dày 40 mm có hệ số dẫn nhiệt 25 W/mK là 350 W/m^2 . Hãy tính độ chênh nhiệt độ 2 mặt vách.

- a) $0,5^{\circ}\text{C}$ b) $373,33^{\circ}\text{C}$ c) $0,99^{\circ}\text{C}$

Câu 8. Một nhà máy nhiệt điện công suất 800 MW có hiệu suất 0,42. Lượng nhiệt nhà máy này thải vào môi trường xung quanh là:

- a) 1563,57 MW b) 1104,76 MW c) 4288,44 MW

Câu 9. Chu trình động cơ Diesel cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt là 60%. Công của chu trình là 400 kJ/kg , quá trình cháy đẳng tích nhiệt độ tăng 580°C . Xác định nhiệt sinh ra ở quá trình cháy đẳng áp với môi chất là không khí.

- a) $248,67 \text{ kJ/kg}$ b) $666,67 \text{ kJ/kg}$ c) $915,33 \text{ kJ/kg}$

Câu 10. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt có vách ngăn cùng chiều của dịch thể nóng và dịch thể lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^{\circ}\text{C}$, $t_1'' = 100^{\circ}\text{C}$; $t_2' = 30^{\circ}\text{C}$, $t_2'' = 90^{\circ}\text{C}$. Nếu chất lỏng lạnh là nước có lưu lượng $0,05 \text{ l/s}$ và hệ số truyền nhiệt bằng $12 \text{ W/m}^2\text{K}$ thì diện tích bề mặt truyền nhiệt bằng:

- a) $0,02 \text{ m}^2$ b) $41,82 \text{ m}^2$ c) $15,38 \text{ m}^2$

Đề 10

Câu 1. Bình chứa oxy ở áp suất 65 at. Sau khi sử dụng hết 0,5 kg, áp suất trong bình là 30 at. Xác định thể tích bình chứa, biết nhiệt độ oxy trước và sau khi sử dụng bằng 27°C .

- a) $1,02 \text{ dm}^3$ b) $11,36 \text{ dm}^3$ c) $7,57 \text{ dm}^3$

Câu 2. Một động cơ lý thuyết làm việc theo chu trình Cárnot ở nhiệt độ thấp nhất 25°C đã sinh công 20 kW và thải cho nguồn lạnh 12 kW. Tính lượng nhiệt cấp vào.

- a) 8 kW b) 32 kW c) 50,157 kW

Câu 3. Người ta đốt nóng 3 kg không khí chứa trong bình kín ở nhiệt độ 20°C cần cấp một nhiệt lượng 150 kJ/kg. Biến thiên entanpy bằng:

- a) 210 kJ b) 630 kJ c) 729,147 kJ

Câu 4. 7 kg hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,7$ được cấp nhiệt đẳng áp $p = 100 \text{ kPa}$ để trở thành hơi bão hoà khô. Tính nhiệt lượng cấp vào.

- a) 4741,8 kJ b) 1580,6 kJ c) 13563,04 kJ

Câu 5. 2 kg hơi ẩm R22 ở nhiệt độ -10°C có entropy ban đầu là 1 kJ/kgK. Hãy tính entropy sau khi khí R22 nhận một lượng nhiệt là 157,8 kJ.

- a) 1,4 kJ/kgK b) 1,3 kJ/kgK c) 1,5 kJ/kgK

Câu 6. Vách phẳng có chiều dày 220 mm, hệ số dẫn nhiệt $0,7 \text{ W/mK}$. Lượng nhiệt truyền qua 20 m^2 vách phẳng trong 1 phút là 8,4 kJ. Tính giá trị tuyệt đối của gradien nhiệt độ trong vách.

- a) 12 K/m b) 10 K/m c) 27,82 K/m

Câu 7. Một ống dẫn hơi bằng thép có đường kính d_2/d_1 là 240/195 mm, hệ số dẫn nhiệt của thép là 45 W/mK . Nếu biết hệ số toả nhiệt giữa ống và không khí xung quanh là $11 \text{ W/m}^2\text{K}$ thì hệ số dẫn nhiệt lớn nhất có thể của vật liệu cách nhiệt là:

- a) 1,32 W/mK b) 2,15 W/mK c) 1,511 W/mK

Câu 8. Máy nhiệt Các nô dùng R12 làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 300 K để biến R12 thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của R12 là 250 K thì hiệu suất nhiệt của chu trình là:

- a) 50 % b) 16,667 % c) 33,381 %

Câu 9. Trong một thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà gia nhiệt cho nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C , khi ra 80°C nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết diện tích truyền nhiệt $F = 2 \text{ m}^2$, hệ số truyền nhiệt qua vách là $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình giữa nước và hơi là 115°C . Lưu lượng nước qua thiết bị là:

- a) 18,25 kg/s b) 3,93 kg/s c) 1,83 kg/s

Câu 10. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, lưu lượng hơi vào tuabin là 36 T/h. Hơi nước ra khỏi tuabin đi vào bình ngưng và ngưng tụ thành nước bão hoà toả ra nhiệt lượng 2111,5 kJ/kg. Xác định công suất

của tuabin biết hiệu suất nhiệt của chu trình là 0,5 (Bỏ qua công nén nước trong bơm).

- a) 21115 kW b) 16573,34 kW c) 27511,94 kW

10 ĐỀ MẪU CHO CHƯƠNG TRÌNH ĐẠI HỌC

Đề 1

Câu 1. Xác định lượng khí của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5 m, biết phân tử lượng của Argon bằng 40 kg/kmol.

- a) 644,83 kg b) 161,21 kg c) 1289,65 kg

Câu 2. Nhiệt độ bên trong tủ lạnh làm việc theo chu trình Cárnot là 5°C nếu nhiệt độ này giảm xuống -13°C. trong khi giữ nguyên nhiệt độ môi trường bên ngoài 27°C thì lượng công phải tăng lên bao nhiêu để thải được cùng một lượng nhiệt ra bên ngoài?

- a) 1,82 lần b) 1,74 lần c) 0,95 lần

Câu 3. Người ta đốt nóng 3 kg không khí chứa trong một bình kín ở nhiệt độ 20°C mất một nhiệt lượng 150 kJ/kg. Thay đổi entanpy bằng:

- a) 630 kJ b) 787,86 kJ c) 824,47 kJ

Câu 4. 6 kg hơi R22 ở áp suất 1 bar có entropy 1 kJ/kgK. Sau khi nhận một lượng nhiệt đẳng áp Q , kJ, entropy tăng 1,7 lần. Lượng nhiệt Q bằng:

- a) 163 kJ b) 976 kJ c) 5539 kJ

Câu 5. Không khí ẩm có nhiệt độ 30°C, độ ẩm tương đối 80%, áp suất 1 bar. Xác định lượng hơi nước chứa trong 100 m³ không khí ẩm.

- a) 2,42 kg b) 2,32 kg c) 4,25 kg

Câu 6. Không khí có áp suất 10 bar, nhiệt độ 300°C, tốc độ 100 m/s đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất sau ống là 5 bar. Xác định tốc độ không khí ra khỏi ống tăng tốc.

- a) 437,78 m/s b) 869,77 m/s c) 894,56 m/s

Câu 7. Một máy nén một phút nén được 100 m^3 Nitơ từ áp suất $p_1 = 90 \text{ kPa}$, 27°C đến áp suất $p_2 = 330 \text{ kPa}$. Hãy tính nhiệt độ cuối nếu quá trình nén là đa biến $n = 1,34$.

- a) $452,12^\circ\text{C}$ b) $144,15^\circ\text{C}$ c) $372,36^\circ\text{C}$

Câu 8. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng áp có công suất 16 kW mỗi giờ thải ra môi trường 240 m^3 (tiêu chuẩn) sản phẩm cháy ở 220°C , nhiệt dung riêng thể tích đẳng áp của sản phẩm cháy $C'_p = 1,5 \text{ kJ/m}^3_{\text{ic}}\cdot\text{K}$, $k = 1,4$. Tính hiệu suất nhiệt của động cơ khi nhiệt độ môi trường là 20°C .

- a) $52,83 \%$ b) $53,33 \%$ c) $37,04\%$

Câu 9. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, lưu lượng hơi vào tuabin là 36 T/h . Hơi nước ra khỏi tuabin đi vào bình ngưng và ngưng tụ thành nước bão hoà toả ra nhiệt lượng $2111,5 \text{ kJ/kg}$. Xác định công suất của tuabin biết hiệu suất nhiệt của chu trình là $0,5$ (Bỏ qua công nén nước trong bơm).

- a) 21115 kW b) $15903,07 \text{ kW}$ c) $12641,64 \text{ kW}$

Câu 10. Chu trình máy lạnh dùng môi chất lạnh $\text{NH}_3(\text{R717})$ có nhiệt lượng nhả ra ở bình ngưng tụ trong 1 h là 2200000 kJ . Entanpy của hơi khi vào máy nén là 1790 kJ/kg ; khi ra khỏi máy nén là 2600 kJ/kg , sau van tiết lưu là 700 kJ/kg . Lưu lượng khối lượng của môi chất qua máy nén là:

- a) $0,75 \text{ kg/s}$ b) $0,32 \text{ kg/s}$ c) $0,67 \text{ kg/s}$

Câu 11. Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 2 lớp có chiều dày tương ứng là 100 mm và 200 mm . Biết nhiệt độ bề mặt $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng $0,4 \text{ W/mK}$ và nhiệt trở của lớp thứ 2 bằng $0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$. Xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 :

- a) $99,92^\circ\text{C}$ b) 20°C c) $55,03^\circ\text{C}$

Câu 12. Không khí chảy rối trong ống có đường kính trong 80 mm , dài 4 m , nhiệt độ không khí 60°C , tốc độ 15 m/s . Xác định hệ số trao đổi nhiệt đối lưu của không khí trong ống khi $Nu_f = 0,018.Re_f^{0,8}$.

- a) $45,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $59,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $57,66 \text{ W/m}^2\text{K}$

Câu 13. Hình hộp lập phương có kích thước cạnh 10 cm , nhiệt độ bề mặt 127°C , độ đen $0,7$ trao đổi nhiệt bức xạ trong phòng rộng có nhiệt độ phòng 27°C . Tính lượng nhiệt trao đổi bằng bức xạ.

- a) $41,67 \text{ W}$ b) $62,6 \text{ W}$ c) $78,98 \text{ W}$

Câu 14. Ống khói đường kính trong 600 mm, khối chuyển động trong ống có hệ số trao đổi nhiệt đối lưu là $40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hệ số trao đổi nhiệt bức xạ của khối với vách ống là $6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Xác định nhiệt trở toả nhiệt tổng hợp.

- a) $0,1017 \text{ mK/W}$ b) $0,0267 \text{ mK/W}$ c) $0,0115 \text{ mK/W}$

Câu 15. Một thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng 210 W/K , được làm nguội từ 120°C xuống 60°C . Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 1200 W/K , nhiệt độ của chất lỏng lạnh đi vào thiết bị bằng 10°C . Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng $40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) $4,379 \text{ m}^2$ b) $4,576 \text{ m}^2$ c) $44,704 \text{ m}^2$

Đề 2

Câu 1. Xác định thể tích riêng của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5m. Biết phân tử lượng của khí Argon là 40 kg/kmol .

- a) $16,24 \text{ m}^3/\text{kg}$ b) $0,28 \text{ m}^3/\text{kg}$ c) $0,41 \text{ m}^3/\text{kg}$

Câu 2. Hai bề mặt song song ở giữa là môi trường trong suốt. Bề mặt 1 là vật xám có nhiệt độ $T_1 = 1000 \text{ K}$, độ đen bằng 0,8. Bề mặt thứ hai là vật đen tuyệt đối có nhiệt độ $T_2 = 600^\circ\text{C}$. Xác định năng suất bức xạ hiệu dụng của bề mặt 1.

- a) $46829,66 \text{ W/m}^2$ b) $106189,56 \text{ W/m}^2$ c) $51946,73 \text{ W/m}^2$

Câu 3. 4 kg khí CO giãn nở đẳng nhiệt từ trạng thái đầu có nhiệt độ 140°C đến trạng thái thứ hai có thể tích tăng lên 4 lần. Công giãn nở bằng:

- a) $170003,36 \text{ J}$ b) $843781,96 \text{ J}$ c) $680013,43 \text{ J}$

Câu 4. Nhiệt lượng cần cấp để đốt nóng đẳng áp 35 kg nước từ trạng thái hơi bão hoà ẩm có độ khô $x = 0,8$, áp suất 20 bar, đến nhiệt độ 350°C bằng:

- a) $42661,34 \text{ kJ}$ b) $713,1 \text{ kJ}$ c) $24958,5 \text{ kJ}$

Câu 5. Khí CO_2 có áp suất 10 bar, nhiệt độ 300°C , tốc độ 100 m/s đi vào ống phun nhỏ dần, áp suất sau ống phun là 5 bar. Xác định tốc độ khí CO_2 ra khỏi ống phun.

- a) $427,452 \text{ m/s}$ b) $349,847 \text{ m/s}$ c) $761,529 \text{ m/s}$

Câu 6. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm R717 với độ khô 0,1 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Tính áp suất trong bình khi toàn bộ lỏng R717 hóa hơi .

- a) 2175 kPa b) 848,8 kPa c) 1243,6 kPa

Câu 7. Một máy nén một phút nén được 60 m^3 Nitơ từ áp suất $p_1 = 100 \text{ kPa}$, 25°C đến áp suất $p_2 = 400 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đa biến $n = 1,34$.

- a) -177,05 kW b) -16,61 kW c) -562,86 kW

Câu 8. Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 2 lớp có đường kính tương ứng $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 200 \text{ mm}$ và $d_3 = 300 \text{ mm}$. Biết nhiệt độ bề mặt $t_1 = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 100^\circ\text{C}$, hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng $0,4 \text{ W/mK}$ và nhiệt trở của lớp thứ 2 bằng $0,4 \text{ mK/W}$. Xác định nhiệt độ mặt ngoài t_3 :

- a) $63,74^\circ\text{C}$ b) $49,85^\circ\text{C}$ c) $27,48^\circ\text{C}$

Câu 9. Nhiệt độ bên trong tủ lạnh làm việc theo chu trình Cárnot là 5°C nếu nhiệt độ này giảm xuống -13°C . trong khi giữ nguyên nhiệt độ môi trường bên ngoài 27°C thì lượng công phải tăng lên bao nhiêu để thải được cùng một lượng nhiệt ra bên ngoài.

- a) 1,82 lần b) 2,06 lần c) 1,3 lần

Câu 10. Một thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng $4,5 \text{ W/K}$, được làm nguội từ 96°C xuống 50°C . Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 22 W/K , nhiệt độ của chất lỏng lạnh ra khỏi thiết bị bằng 40°C . Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng $22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) $0,717 \text{ m}^2$ b) $0,319 \text{ m}^2$ c) $0,329 \text{ m}^2$

Câu 11. Không khí đi vào chu trình tuabin khí Brayton lý tưởng ở áp suất $0,1 \text{ MPa}$ và nhiệt độ 20°C , áp suất ra khỏi máy nén là 1 MPa và nhiệt độ lớn nhất trong chu trình là 1225°C . Xác định công của máy nén.

- a) $-195446,68 \text{ J/kg}$, b) $-440482,31 \text{ J/kg}$ c) $-292450,19 \text{ J/kg}$

Câu 12. Khí chuyển động trong ống có đường kính $d = 100 \text{ mm}$, tốc độ $w = 8 \text{ m/s}$, nhiệt độ $t_f = 100^\circ\text{C}$, chiều dài ống 10 m , nhiệt độ mặt trong ống $t_w = 50^\circ\text{C}$. Dòng nhiệt trao đổi bằng đối lưu của khí là:

- a) $1268,57 \text{ W}$ b) $3983,31 \text{ W}$ c) $6720,34 \text{ W}$

Câu 13. Chu trình máy lạnh nén hơi dùng R22, hơi hút vào là hơi bão hoà khô ở áp suất 5 bar. Biết rằng tỉ số nén của máy nén lạnh bằng 3, lưu lượng hơi qua máy nén là 0,1 kg/s. Năng suất lạnh của chu trình bằng:

- a) 15,7 kW b) 20,41 kW c) 13,08 kW

Câu 14. Lượng hơi nước trong 5,1 kg không khí ẩm có nhiệt độ 30°C, áp suất 1 bar là 100 g. Độ ẩm tương đối:

- a) 7,24% b) 73,83% c) 63,47%

Câu 15. Hơi vào tuabin có entanpy bằng 3350 kJ/kg, ra khỏi tuabin có entanpy bằng 2300 kJ/kg. Entanpy của nước ngưng bằng 140 kJ/kg. Sản lượng hơi bằng 3600 kg/h. Xác định công suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ.

- a) 1050 kW b) 1026,47 kW c) 2160 kW

Đề 3

Câu 1. 5 kg khí CO ở nhiệt độ 450°C được làm nguội đẳng áp xuống nhiệt độ 27°C biến thiên entropy của khí CO sẽ là:

- a) -4,602 kJ/K b) -3,287 kJ/K c) -4,813 kJ/K

Câu 2. Xác định nhiệt trở truyền nhiệt qua ống có đường kính trung bình bằng 600mm (bỏ qua ảnh hưởng của nhiệt trở dẫn nhiệt và chiều dày vách) biết hệ số toả nhiệt ở 2 bề mặt vách tương ứng là 40W/m²K và 20W/m²K.

- a) 0,0398 mK/W b) 0,0964 mK/W c) 0,4114 mK/W

Câu 3. Bình kín có thể tích $V = 38 \text{ m}^3$, nhiệt độ bằng 27°C, chứa 95 kg khí O₂. Sau một thời gian sử dụng, áp suất dư bị giảm còn $P_{dr} = 0,5 \text{ bar}$. Tính lượng khí O₂ đã sử dụng, biết nhiệt độ khí không đổi và áp suất khí quyển bằng 1 bar.

- a) 70,623446 kg b) 19,136547 kg c) 21,870339 kg

Câu 4. Một bề mặt có độ đen 0,8. Năng suất bức xạ của bề mặt đo được là 4000 W/m², năng suất bức xạ đập tới bề mặt là 5800 W/m². Nhiệt độ bề mặt vật là:

- a) 598 K b) 500,2K c) 1188,3 K

Câu 5. Nhiệt độ trong dàn lạnh và dàn ngưng tụ của tủ lạnh là -10°C và 26°C . Nếu tủ lạnh làm việc theo chu trình Các nô với môi chất R12. Hãy tính lượng môi chất lạnh cho 1 kW lạnh.

- a) 0,137 kg/s b) 0,007 kg/s c) 0,006kg/s

Câu 6. Một thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều có nhiệt dung toàn phần của chất lỏng nóng bằng 4,5 W/K, được làm nguội từ 96°C xuống 70°C . Chất lỏng lạnh có nhiệt dung toàn phần bằng 22 W/K, nhiệt độ của chất lỏng lạnh ra khỏi thiết bị bằng 60°C . Hệ số truyền nhiệt của thiết bị bằng $20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt bằng:

- a) 14,5 m² b) 0,24 m² c) 2,45 m²

Câu 7. Trong quá trình cấp nhiệt đẳng áp $p = 0,2 \text{ bar}$ thể tích của 3 kg khí R12 tăng từ $0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$ lên $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$. Tính lượng nhiệt cấp cho khí R12.

- a) 93 kJ b) 27,1 kJ c) 24,8 kJ

Câu 8. Vách phẳng 3 lớp có chiều dày các lớp tương ứng là 100 mm, 200 mm và 150 mm. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là 0,3 W/mK, 0,7 W/mK và 0,6 W/mK. Biết nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là $t_{w2} = 350^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 2 và lớp 3 là $t_{w3} = 180^{\circ}\text{C}$. Xác định nhiệt độ mặt ngoài cùng t_{w4} .

- a) 201,25^oC b) 59,94^oC c) 31,25^oC

Câu 9. Hơi nước lưu động qua ống tăng tốc có tiết diện nhỏ dần tốc độ tại cửa ra 650 m/s, entanpy ở cửa vào bằng 2500 kJ/kg. Entanpy tại cửa ra bằng:

- a) 2288,75 kJ/kg b) 2323,54 kJ/kg c) 4207,46 kJ/kg

Câu 10. Một máy nén một phút nén được $110 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ từ áp suất $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $26,7^{\circ}\text{C}$ đến áp suất $p_2 = 600 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đẳng nhiệt.

- a) -221,013 kW b) -328,489 kW c) -586,532 kW

Câu 11. Không khí đi vào chu trình *Brayton* lý tưởng ở áp suất 0,1 MPa và nhiệt độ 20°C , áp suất ra khỏi máy nén là 1 MPa và nhiệt độ lớn nhất trong chu trình là 1225°C . Xác định công của máy nén.

- a) -195446,68 J/kg b) -390514,21 J/kg c) -134148,44 J/kg

Câu 12. Chu trình Rankin của hơi nước: Quá trình hoá hơi được thực hiện ở áp suất 20 bar. Hơi trước tuabin là hơi quá nhiệt có nhiệt độ lớn hơn

hiệu suất nhiệt của chu trình.

- a) 29,47% b) 14,46% c) 18%

Câu 13. Hơi bão hoà ẩm amoniac $R717(NH_3)$ có áp suất $p_1 = 10,03$ bar và độ khô $x = 0,1$. Sau khi tiết lưu, áp suất hạ xuống $p_2 = 1,195$ bar. Khi ra khỏi dàn bay hơi có độ khô $x = 1$. Lưu lượng của môi chất là $0,011$ kg/s. Tính năng suất lạnh Q_0 .

- a) 11,04 kW b) 1,28 kW c) 16,56 kW

Câu 14. Không khí ẩm có entanpy bằng 9193 kJ. Nếu cấp cho 82 kg không khí ẩm một lượng nhiệt bằng $1677,2$ kJ thì nhiệt độ của không khí sẽ bằng bao nhiêu? Biết trong 82 kg không khí ẩm có 2 kg hơi nước.

- a) 50°C b) $17,38^\circ\text{C}$ c) 70°C

Câu 15. Để nghiên cứu trao đổi nhiệt đối lưu trong ống, người ta xây dựng mô hình với tỷ lệ kích thước mô hình/mẫu bằng $1/15$. Ở thiết bị thực (mẫu) không khí có nhiệt độ trung bình 500°C và tốc độ 2 m/s. Trong mô hình vẫn dùng không khí và nhiệt độ trung bình bằng 100°C . Để mô hình đồng dạng với mẫu thì tốc độ của không khí trong mô hình phải bằng:

- a) $0,05$ m/s b) $11,01$ m/s c) $10,07$ m/s

Đề 4

Câu 1. Vách phẳng 2 lớp có chiều dày các lớp $\delta_1 = 200$ mm, $\delta_2 = 250$ mm. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là $0,6$ W/mK và $0,7$ W/mK. Khí nóng có nhiệt độ $t_n = 200^\circ\text{C}$ tiếp xúc với lớp 1, không khí có nhiệt độ t_a tiếp xúc với lớp 2. Biết hệ số toả nhiệt đối lưu từ khí nóng tới bề mặt là 20 W/m²K, hệ số toả nhiệt đối lưu từ bề mặt lớp 2 tới không khí là 10 W/m²K. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là 130°C . Xác định nhiệt độ không khí.

- a) $46,52^\circ\text{C}$ b) $74,95^\circ\text{C}$ c) $174,67^\circ\text{C}$

Câu 2. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm $R22$ có entropy $1,25$ kJ/kgK ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng $R22$ hóa hơi thì lượng nhiệt cần cấp là:

- a) 390 kJ b) 130 kJ c) 426 kJ

Câu 3. Một bình kín thể tích $1,4 \text{ m}^3$ chứa khí CO ở nhiệt độ 300 K và áp suất ban đầu 500 kPa được cấp một lượng nhiệt cho đến khi áp suất trong bình tăng đến 800 kPa , lượng nhiệt cần cấp của khí CO sẽ là:

- a) $1055,81 \text{ kJ}$ b) $134,36 \text{ kJ}$ c) $1621,98 \text{ kJ}$

Câu 4. Trong thiết bị trao đổi nhiệt cùng chiều, mỗi giờ có 1900 kg hơi nước bão hoà khô ở áp suất $p = 2 \text{ bar}$ ngưng tụ thành nước bão hoà. Nước làm mát ($C_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$) có nhiệt độ vào và ra khỏi thiết bị là 20°C và 70°C . Tính lưu lượng nước làm mát G .

- a) $5,561 \text{ kg/s}$ b) $33,045 \text{ kg/s}$ c) $59,974 \text{ kg/s}$

Câu 5. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, lưu lượng hơi vào tuabin là 36 T/h . Hơi nước ra khỏi tuabin đi vào bình ngưng và ngưng tụ thành nước bão hoà toả ra nhiệt lượng $2111,5 \text{ kJ/kg}$. Xác định công suất của tuabin biết hiệu suất nhiệt của chu trình là $0,5$ (Bỏ qua công nén nước trong bơm).

- a) 21115 kW b) $14582,31 \text{ kW}$ c) $17544,71 \text{ kW}$

Câu 6. Không khí chuyển động ngang (vuông góc) qua một ống có trị số *Reynolds* bằng 990 và hệ số toả nhiệt đối lưu bằng $20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nếu đường kính ống tăng lên 3 lần thì hệ số toả nhiệt bằng bao nhiêu khi các điều kiện khác không đổi?

- a) $31,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $38,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $38,53 \text{ W/m}^2\text{K}$

Câu 7. Một ống thép dài 5 m , đường kính 200 mm , hệ số hấp thụ $0,85$, nhiệt độ bề mặt ống 127°C . Ống đặt trong một phòng rộng có nhiệt độ tường phòng 27°C . Nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa ống thép và tường phòng trong 1 h là:

- a) $141,51 \text{ kJ}$ b) $9538,77 \text{ kJ}$ c) $24179,03 \text{ kJ}$

Câu 8. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar , nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần được giãn nở đoạn nhiệt tới trạng thái có entanpy bằng 3143 kJ/kg . Biết rằng tốc độ khi vào ống không đáng kể, tốc độ tại cửa ra là:

- a) $632,46 \text{ m/s}$ b) $396,52 \text{ m/s}$ c) $548,61 \text{ m/s}$

Câu 9. Vách trụ hai lớp có đường kính $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 200 \text{ mm}$ và $d_3 = 300 \text{ mm}$. Hệ số dẫn nhiệt tương ứng là $0,3 \text{ W/mK}$, và $0,7 \text{ W/mK}$. Biết nhiệt độ tiếp xúc giữa lớp 1 và 2 là $t_{w2} = 350^\circ\text{C}$, nhiệt độ bề mặt lớp ngoài cùng là $t_{w3} = 180^\circ\text{C}$. Xác định nhiệt độ mặt trong cùng t_{w1} .

- a) $1028,452^\circ\text{C}$ b) $2042,984^\circ\text{C}$ c) $2532,59^\circ\text{C}$

Câu 10. Một máy nén một phút nén được $100 \text{ m}^3 \text{ N}_2$ từ áp suất $p_1 = 90 \text{ kPa}$, 27°C đến áp suất $p_2 = 330 \text{ kPa}$. Hãy tính công của máy nén nếu quá trình nén là đoạn nhiệt.

- a) $-235991,34 \text{ W}$ b) $-98529,16 \text{ W}$ c) -237973 W

Câu 11. Không khí đi vào chu trình tuabin khí *Brayton* lý tưởng ở áp suất $0,1 \text{ MPa}$ và nhiệt độ 20°C , áp suất ra khỏi máy nén là 1 MPa và nhiệt độ lớn nhất trong chu trình là 1225°C . Xác định lượng nhiệt cấp cho chu trình.

- a) $941,95 \text{ kJ/kg}$ b) $1948,1 \text{ kJ/kg}$ c) $1177,52 \text{ kJ/kg}$

Câu 12. Một bơm nhiệt lấy 10 kJ nhiệt từ nguồn lạnh có nhiệt độ 9°C và thải nhiệt cho nguồn nóng có nhiệt độ 29°C . Công tiêu hao của bơm nhiệt này là 7 kJ . Xác định hệ số bơm nhiệt.

- a) $4,634$ b) $9,534$ c) 7

Câu 13. Hơi bão hoà khô R12 vào máy nén có $i = 575 \text{ kJ/kg}$, ra khỏi máy nén có $i = 1200 \text{ kJ/kg}$. Trước van tiết lưu có $i = 463 \text{ kJ/kg}$. Năng suất lạnh riêng của chu trình bằng:

- a) 625 kJ/kg b) 112 kJ/kg c) 162 kJ/kg

Câu 14. Dòng không khí ẩm có lưu lượng 200 kg/h , nhiệt độ 50°C , độ chứa hơi 50 g/kg hỗn hợp đẳng áp với dòng không khí ẩm có lưu lượng 300 kg/h , nhiệt độ 30°C , độ chứa hơi 26 g/kg . Xác định entanpy của hỗn hợp.

- a) $129,83 \text{ kJ/kg}$ b) $108,65 \text{ kJ/kg}$ c) $139,89 \text{ kJ/kg}$

Câu 15. Không khí nằm trong lốp ôtô có thể tích $0,015 \text{ m}^3$ ở 30°C có đồng hồ áp suất đo được 150 kPa , Lượng không khí cần bổ sung để nâng áp suất đồng hồ lên tới 200 kPa sẽ là:

- a) $0,013 \text{ kg}$ b) $0,005 \text{ kg}$ c) $0,009 \text{ kg}$

Đề 5

Câu 1. Một khối lập phương có cạnh $b = 100 \text{ mm}$ và độ đen của vách bằng $0,8$ được bọc không tiếp xúc bởi một khối lập phương có cạnh gấp 3 lần, độ đen bằng $0,7$. Độ đen quy dẫn là:

- a) $0,6$ b) $0,77$ c) $1,06$

Câu 2. Nhà máy nhiệt điện làm việc theo chu trình Rankin. Hơi vào tuabin có áp suất 8 MPa, nhiệt độ 400°C , áp suất ngưng tụ 40 kPa. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin sẽ là:

- a) 0,32 b) 0,8 c) 0,81

Câu 3. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar, nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần được giãn nở đoạn nhiệt tới trạng thái có entanpy bằng 3143 kJ/kg. Biết rằng tốc độ khi vào ống không đáng kể, tốc độ tại cửa ra là:

- a) 632,46 m/s b) 1007 m/s c) 1439,8 m/s

Câu 4. Xác định lượng khí của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5 m, biết phân tử lượng của Argon bằng 40 kg/kmol.

- a) 644,83 kg b) 161,21 kg c) 1289,65 kg

Câu 5. Vách có cánh ở một phía. Mặt bên trái không có cánh, diện tích $0,45\text{ m}^2$, hệ số toả nhiệt $2000\text{ W/m}^2\text{K}$, mặt bên phải có cánh, diện tích $4,5\text{ m}^2$, hệ số toả nhiệt $34,5\text{ kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{K}$, vách dày 20 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 45 W/mK . Trong 1 phút lượng nhiệt truyền từ bên phải sang bên trái bằng 250 kcal. Nhiệt độ của môi trường ở phía có cánh bằng 110°C . Tính nhiệt độ môi trường ở phía không có cánh.

- a) $243,17^{\circ}\text{C}$ b) $54,09^{\circ}\text{C}$ c) $216,34^{\circ}\text{C}$

Câu 6. Một bình kín thể tích $0,06\text{ m}^3$ chứa hơi ẩm H_2O ở 350 kPa. Nước sôi chiếm thể tích 3000 cm^3 . Xác định áp suất cuối khi toàn bộ hơi trong bình là hơi bão hòa khô.

- a) 9000 kPa b) 4435,68 kPa c) 13787,7 kPa

Câu 7. Một xylanh có thể tích ban đầu 2 m^3 chứa khí CO ở nhiệt độ 300 K và áp suất ban đầu 500 kPa. Sau đó khí được nén đẳng nhiệt đến khi thể tích còn $0,1\text{ m}^3$, công nén sẽ là:

- a) $-2995,73\text{ kJ}$ b) $-266,86\text{ kJ}$ c) $-3478,51\text{ kJ}$

Câu 8. Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 2 lớp, dài 2 m có đường kính tương ứng $d_1 = 100\text{ mm}$, $d_2 = 200\text{ mm}$, $d_3 = 300\text{ mm}$. Biết mật độ dòng nhiệt truyền từ trong ra ngoài và nhiệt độ tại bề mặt ngoài cùng, ứng với đường kính d_3 bằng 150 W/m^2 và 70°C , hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất $0,4\text{ W/mK}$ và của lớp thứ hai bằng $0,4\text{ W/mK}$. Xác định nhiệt độ bề mặt tiếp giáp giữa 2 lớp:

- a) $104,2^{\circ}\text{C}$ b) $92,81^{\circ}\text{C}$ c) $82,23^{\circ}\text{C}$

Câu 9. Trong thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà có độ khô 0,9 áp suất 100 kPa để đun nóng nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C ; lưu lượng nước bằng 10 kg/s, lưu lượng hơi bằng 1 kg/s, nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K. Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng:

- a) $25,38^{\circ}\text{C}$ b) $68,39^{\circ}\text{C}$ c) $145,5^{\circ}\text{C}$

Câu 10. Một máy nén một phút nén được 110 m^3 Nitơ từ áp suất $p_1 = 100\text{ kPa}$, $26,7^{\circ}\text{C}$ đến áp suất $p_2 = 600\text{ kPa}$. Hãy tính công suất của máy nén nếu quá trình nén là đẳng nhiệt.

- a) -328.49 kW b) -19.71 kW c) -586.53 kW

Câu 11. Không khí đi vào chu trình tuabin khí *Brayton* lý tưởng ở áp suất 0,1 MPa và nhiệt độ 20°C , áp suất ra khỏi máy nén là 1 MPa và nhiệt độ lớn nhất trong chu trình là 1225°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình.

- a) 0,48 b) 0,73 c) 0,66

Câu 12. Máy nhiệt Cácnô dùng R12 làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 27°C để biến lỏng sôi R12 thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của R12 là -23°C thì lượng nhiệt cấp cho chu trình là:

- a) 137,82 kJ/kg b) 323,36 kJ/kg c) 216,07 kJ/kg

Câu 13. Hơi R12 đi vào máy nén là hơi bão hoà khô ở áp suất 50 kPa thực hiện quá trình nén đoạn nhiệt thuận nghịch đến áp suất 600 kPa sau đó được làm lạnh để biến thành hơi bão hoà có độ khô $x = 0$ và tiếp tục đi vào van tiết lưu. Nhiệt lượng R12 thải ra trong giàn ngưng bằng:

- a) 164,6 kJ/kg b) 246,9 kJ/kg c) 126,62 kJ/kg

Câu 14. Không khí ẩm có độ ẩm tương đối bằng 10%, độ chứa hơi bằng 22 g/kg, áp suất bằng 1 bar. Áp suất riêng phần cực đại của hơi nước bằng:

- a) 972,505 kPa b) 34,161 kPa c) 32,447 kPa

Câu 15. Hai hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức (khí chất lỏng chuyển động trong ống) đồng dạng với nhau. Nếu chất lỏng chuyển động trong ống thứ nhất có nhiệt độ trung bình 60°C , hệ số dẫn nhiệt bằng 0,7 W/mK, nhiệt dung riêng bằng 6,4 kJ/kgK, độ nhớt động học bằng 0,00000015 m^2/s và khối lượng riêng bằng 1166,667 kg/m^3 thì nhiệt độ trung bình của nước chảy trong ống thứ hai phải bằng:

- a) $23,13^{\circ}\text{C}$ b) 110°C c) $98,02^{\circ}\text{C}$

ĐỀ 6

Câu 1. 3,21 kg khí O_2 có nhiệt độ ban đầu là 27°C được chứa trong bình kín, áp kế chỉ 2,9 MPa. Sau khi nhận được nhiệt lượng 650 kJ, chỉ số của áp kế là:

- a) 60,963 bar b) 48,947 bar c) 59,983 bar

Câu 2. Bức tường một phòng có chiều cao 3,3 m, rộng 5 m. Mặt bên trong nhà có hệ số toả nhiệt $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, hệ số toả nhiệt phía bên ngoài nhà $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, tường dày 250 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,7 \text{ W/mK}$. Phía bên trong tường có ốp gỗ trang trí chiều dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,4 \text{ W/mK}$. Nếu biết nhiệt độ của môi trường bên ngoài bằng 40°C và nhiệt độ phía bên trong nhà là 27°C thì nhiệt độ lớp gỗ bên trong nhà là:

- a) $29,67^\circ\text{C}$ b) $35,31^\circ\text{C}$ c) $45,87^\circ\text{C}$

Câu 3. Máy nhiệt Cárnot dùng $R12$ làm môi chất. Nhiệt được cấp cho chu trình ở nhiệt độ 300 K để biến $R12$ thành hơi bão hoà khô. Nếu nhiệt độ ngưng tụ của $R12$ là 250 K thì hiệu suất nhiệt của chu trình là:

- a) 50% b) 16,667% c) 27,134%

Câu 4. Hơi nước quá nhiệt có áp suất 30 bar, nhiệt độ 450°C qua ống tăng tốc nhỏ dần. Tốc độ tại cửa ra bằng bao nhiêu nếu biến thiên entanpy trong ống bằng 143 kJ/kg .

- a) 16,912 m/s b) 696,187 m/s c) 534,79 m/s

Câu 5. Xác định lượng khí của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5 m, biết phân tử lượng của Argon bằng 40 kg/kmol .

- a) 644,83 kg b) 161,21 kg c) 1289,65 kg

Câu 6. Một tấm thép có diện tích $0,6 \text{ m}^2$, độ đen bằng 0,6, nhiệt độ bằng 500°C . Nhiệt độ tuyệt đối của tấm thép sẽ giảm đi bao nhiêu lần khi dòng nhiệt bức xạ riêng giảm đi 1,5 lần:

- a) Giảm 0,9 lần b) Giảm 0,93 lần c) Giảm 1,11 lần

Câu 7. 4 kg hơi ẩm $R12$ ở áp suất 20 kPa có độ khô ban đầu $x_1 = 0,1$. Sau khi nhận được một lượng nhiệt đẳng áp Q_p , độ khô của hơi tăng gấp 4 lần. Hãy tính lượng nhiệt hơi $R12$ nhận.

- a) 489,5 kJ b) 220 kJ c) 340,3 kJ

Câu 8. Máy điều hoà dùng môi chất lạnh $R12$. Hơi hút vào máy nén là hơi bão hoà khô có áp suất bằng 1,5695 bar. Nhiệt độ ngưng tụ bằng 50°C . Lưu lượng không khí (coi là không khí khô) được làm lạnh là bao nhiêu biết rằng nhiệt độ của không khí qua dàn bay hơi bị giảm đi 10 K (coi áp suất của không khí không đổi), lưu lượng $R12$ bằng 0,42 kg/s; nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí bằng 1 kJ/kgK.

- a) 3,95 kg/s b) 3,29 kg/s c) 5,92 kg/s

Câu 9. Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 2 lớp. Gradient nhiệt độ trong lớp thứ nhất là 10.K/m, trong lớp thứ 2 là 20 K/m. Khi hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ nhất bằng 0,76 W/mK thì mật độ dòng nhiệt qua lớp thứ 2 là:

- a) 15,2 W/m² b) 13,929 W/m² c) 7,6 W/m²

Câu 10. Một máy nén có năng suất 7 kg/s, không khí hút vào máy nén có nhiệt độ 20°C , áp suất 100 kPa được nén đa biến ($n = 1,3$) đến áp suất 0,8 MPa. Nhiệt toả ra trong quá trình nén:

- a) -20,71 kW b) -303,44 kW c) -252,68 kW

Câu 11. Hơi nước bão hoà ở áp suất 2 bar ngưng tụ để đốt nóng không khí trong một thiết bị trao đổi nhiệt. Nhiệt độ không khí tăng từ 25°C đến 75°C . Độ chênh nhiệt độ trung bình bằng:

- a) $89,61^{\circ}\text{C}$ b) $114,13^{\circ}\text{C}$ c) $67,16^{\circ}\text{C}$

Câu 12. Hơi nước đi vào tuabin có nhiệt độ 600°C và áp suất 30 bar. Biết áp suất ngưng tụ là 0,04 bar. Hãy xác định công của tuabin.

- a) 1419,31 kJ/kg b) 2504,95 kJ/kg c) 1547,41 kJ/kg

Câu 13. Tường lò dày 0,1 m, hệ số dẫn nhiệt bằng 1 W/mK, hệ số toả nhiệt đối lưu giữa bề mặt ngoài của tường lò và không khí bằng 10 W/m²K. Nhiệt độ của không khí bao bên ngoài tường lò bằng 20°C , nhiệt độ bề mặt trong của tường lò bằng 800°C . Tính nhiệt độ bề mặt ngoài của tường lò.

- a) 410°C b) $396,22^{\circ}\text{C}$ c) $492,7^{\circ}\text{C}$

Câu 14. Không khí ẩm có thể tích 200 lít, độ ẩm tương đối 70%, nhiệt độ 25°C , áp suất 1 bar. Xác định lượng không khí khô có trong không khí ẩm ?

- a) 2,34 kg b) 0,09kg c) 0,23 kg

Câu 15. Động cơ đốt trong cấp nhiệt đẳng tích, coi môi chất là không khí. Tỷ số nén $\varepsilon = 7$, công suất của động cơ bằng 4800 W. Nhiệt lượng khối thải vào môi trường trong 0,5 giờ là:

- a) 14670,1 kJ b) 7335,05 kJ c) 24615,05 kJ

Đề 7

Câu 1. Một ấm đun trà công suất điện 1 kW chứa 1 lít nước ở nhiệt độ 25°C . Xác định thời gian để nước bắt đầu sôi.

- a) 250 s b) 313,5 s c) 407,55 s

Câu 2. Một xylanh có thể tích ban đầu 2 m^3 chứa khí CO ở nhiệt độ 300 K và áp suất ban đầu 500 kPa. Sau đó khí được nén đẳng nhiệt đến khi thể tích còn $0,1 \text{ m}^3$, công nén sẽ là:

- a) $-2995,73 \text{ kJ}$ b) $-266,86 \text{ kJ}$ c) $-3964,75 \text{ kJ}$

Câu 3. Xác định thể tích riêng của khí Argon ở áp suất 150 kPa và nhiệt độ 20°C được chứa trong bình cầu có đường kính 5m. Biết phân tử lượng của khí Argon là 40 kg/kmol.

- a) $16,24 \text{ m}^3/\text{kg}$ b) $0,28 \text{ m}^3/\text{kg}$ c) $0,41 \text{ m}^3/\text{kg}$

Câu 4. Máy lạnh Cánhò dùng R12 làm môi chất lạnh. Trước khi nén đoạn nhiệt R12 là hơi ẩm ở áp suất 1 bar, sau khi nén đoạn nhiệt là hơi bão hoà khô ở áp suất 10 bar. Hãy tính công nén trong quá trình đoạn nhiệt.

- a) $29,86 \text{ kJ/kg}$ b) $64,704 \text{ kJ/kg}$ c) $38,457 \text{ kJ/kg}$

Câu 5. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, hơi nước ở bình ngưng nhả ra cho nước làm mát nhiệt lượng 50000 kW, ở lò hơi nước vào có nhiệt độ 180°C , áp suất 90 bar, lưu lượng 42 kg/s, ra khỏi lò hơi, hơi quá nhiệt có nhiệt độ 500°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình.

- a) 83,36% b) 54,54% c) 23,11%

Câu 6. Một tấm thép có diện tích bề mặt $F = 1,5 \text{ m}^2$, độ đen bằng 0,85, nhiệt độ tấm thép là T_1 (K). Sau một thời gian nhiệt độ giảm xuống còn T_2 . Năng suất bức xạ riêng giảm đi 1,3 lần. Tính nhiệt độ T_2 biết $T_1 = 300 \text{ K}$.

- a) 320,34 K b) 240,35 K c) 280,95 K

Câu 7. Trong thiết bị ngưng tụ dùng hơi nước bão hoà ẩm có độ khô 0,9 để đun nóng nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C ; lưu lượng nước bằng 5 kg/s, lưu lượng hơi bằng 0,7kg/s, nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K. Biết rằng ở áp suất hơi nước bão hoà ẩm, entanpy của hơi bão hoà khô bằng 2675 kJ/kg, của nước bão hoà bằng 417,4 kJ/kg. Nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị bằng:

- a) $87,73^{\circ}\text{C}$ b) $217,78^{\circ}\text{C}$ c) $122,11^{\circ}\text{C}$

Câu 8. Một ống có đường kính ngoài 400 mm, hệ số dẫn nhiệt 25 W/m.K. Nhiệt trở ứng với 1 m chiều dài ống $R_1 = 0,004414 \text{ mK/W}$. Trong trường hợp này đường kính trong của ống sẽ là:

- a) 199,4 mm b) 100,3 mm c) 377,7 mm

Câu 9. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,95 đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất ra 1 bar. Xác định tốc độ tại cửa ra.

- a) 222,84 m/s b) 469,46 m/s c) 996,59 m/s

Câu 10. Máy nén khí O_2 hai cấp; ở mỗi cấp ta đều có nhiệt độ oxy khi vào máy nén là 27°C ; khi ra khỏi máy nén là 127°C . Quá trình nén có số mũ đa biến $n = 1,25$. Nếu năng suất của máy nén bằng 1000 kg/h thì công suất nhiệt của thiết bị làm mát trung gian (làm mát đẳng áp và coi $C_p = 1 \text{ kJ/kgK}$) bằng:

- a) 27,778 kW b) 48,323 kW c) 13,481 kW

Câu 11. Không khí đi vào máy nén trong chu trình tuabin khí *Brayton* cơ bản ở 100 kPa, 20°C với lưu lượng thể tích $8 \text{ m}^3/\text{s}$. Biết tỷ số áp suất là 12, nhiệt độ vào tuabin là 1200°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình.

- a) 0,51 b) 0,74 c) 0,22

Câu 12. Nước lạnh thường được dùng để làm lạnh không khí trong thiết bị trao đổi nhiệt để điều hoà không khí. Nếu nhiệt độ nước tăng 15°C khi đi qua thiết bị và nhiệt độ không khí giảm 20°C . Tỷ số lưu lượng của nước và không khí là:

- a) 0,32 b) 1,81 c) 3,46

Câu 13. Khối chuyển động trong ống có đường kính trong 200 mm, tốc độ 10 m/s, nhiệt độ khối 300°C , ống dài 15 m. Nhiệt độ bề mặt trong của ống bằng 100°C . Dòng nhiệt đối lưu của không khí với bề mặt ống là:

- a) 42310,27 W b) 15464,15 W c) 71436,23 W

Câu 14. Khi bị làm nguội đi 5°C nhưng vẫn chưa đạt đến trạng thái bão hoà, lượng không khí ẩm tương ứng với 1 kg không khí khô toả ra một lượng nhiệt bằng 5300 J. Hãy xác định độ chứa hơi của không khí ẩm này.

- a) 0,12 g/kg b) 0,081 g/kg c) 2,11 g/kg

Câu 15. Máy điều hoà nhiệt độ dùng môi chất R22 có năng suất lạnh là 7,5 KW. Không khí qua giàn ngưng có nhiệt độ vào 30°C , ra 35°C với lưu lượng 2 kg/s. Hệ số làm lạnh là:

- a) 3 b) 4 c) 2

Đề 8

Câu 1. Vách phẳng gồm 2 lớp vật liệu có bề dày như nhau, hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ nhất bằng 1 kcal/m.h.K. Khi ổn định nhiệt, độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt của lớp thứ nhất là 10°C , của lớp còn lại là 20°C . Hệ số dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ hai là:

- a) 2,322 W/mK b) 1,211 W/mK c) 0,581 W/mK

Câu 2. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm R22 có entropy 1,25 kJ/kgK ở áp suất ban đầu 30 kPa. Trong trường hợp trong bình toàn bộ lỏng R22 hóa hơi thì áp suất ở trạng thái cuối là:

- a) 70 kPa b) 488,1 kPa c) 426 kPa

Câu 3. Khi nén đa biến 0,2 kg không khí, công máy nén tiêu tốn bằng 143,3 kJ và nhiệt độ tăng từ 27°C đến 127°C . Số mũ đa biến khi đó bằng:

- a) 0,922 b) 0,249 c) 0,962

Câu 4. Máy lạnh có năng suất lạnh 50 kW. Công suất nhiệt của bình ngưng bằng 1,5 năng suất lạnh. Công suất của máy nén bằng:

- a) 25kW b) 35 kW c) 20 kW

Câu 5. Máy lạnh Cácô dùng R12 làm môi chất lạnh. Trước khi nén đoạn nhiệt R12 là hơi ẩm ở áp suất 1 bar, sau khi nén đoạn nhiệt là hơi bão hoà khô ở áp suất 9 bar. Hệ số làm lạnh của chu trình là:

- a) 0,28 b) 3,54 c) 6,57

Câu 6. Lưu lượng nước được gia nhiệt trong một thiết bị trao đổi nhiệt bằng 47 kg/s. Nhiệt độ nước trước và sau gia nhiệt tương ứng bằng 25°C và 78°C. Công suất nhiệt của thiết bị bằng:

- a) 1317,68 kW b) 10412,38 kW c) 52458,49 kW

Câu 7. Hệ số toả nhiệt của không khí chuyển động trong ống được xác định bằng hàm tiêu chuẩn $Nu = 0,018.Re^{0,5}$. Để tăng hệ số toả nhiệt đối lưu lên 1,3 lần khi các điều kiện khác không đổi thì đường kính trong của ống sẽ phải giảm bao nhiêu lần ?

- a) 0,88 lần b) 0,69 lần c) 0,59 lần

Câu 8. Tấm phẳng có kích thước 800 x 1400 mm có độ đen 0,85, nhiệt độ 159°C. Trong 30 phút nhiệt bức xạ đập tới tấm phẳng là 360 kcal. Dòng bức xạ hiệu dụng của tấm phẳng là:

- a) 2005,39 W b) 919,83 W c) 1831,67 W

Câu 9. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,95 đi vào ống tăng tốc nhỏ dần, áp suất ra 1 bar. Xác định tiết diện cửa ra nếu biết lưu lượng là 3 kg/s :

- a) 9,39 cm² b) 9,33 cm² c) 0,01 cm²

Câu 10. Máy nén thực hiện nén đoạn nhiệt không khí có nhiệt độ 20°C, áp suất 100 kPa tới áp suất 1 MPa. Năng suất của máy nén tính tại đầu hút là 20 m³/phút. Tính công suất của máy nén.

- a) -91,208 kW b) -143 kW c) -108,581 kW

Câu 11. Không khí đi vào chu trình tuabin khí *Brayton* lý tưởng ở áp suất 0.1 MPa và nhiệt độ 20°C, áp suất ra khỏi máy nén là 1 MPa và nhiệt độ lớn nhất trong chu trình là 1225°C. Xác định công của tuabin.

- a) 517557,03 J/kg b) 1097960,95 J/kg c) 348195,38 J/kg

Câu 12. Hơi vào tuabin có entanpy bằng 3350 kJ/kg, ra khỏi tuabin có entanpy bằng 2300 kJ/kg. Entanpy của nước ngưng bằng 140 kJ/kg. Sản lượng hơi bằng 36000 kg/h. Xác định công suất của tuabin.

- a) 21600 kW b) 7965,22 kW c) 10500 kW

Câu 13. Một bình khí hình cầu đường kính 6 m chứa Heli ở nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$ và áp suất $p = 200\text{ kPa}$, số kmol khí Heli nằm trong đó là:

- a) 6,96 kmol b) 9,28 kmol c) 7,73 kmol

Câu 14. Không khí ẩm có nhiệt độ 25°C , độ chứa hơi 8 g/kg được đốt nóng rồi đưa vào buồng sấy. Sau khi sấy không khí ẩm có nhiệt độ 30°C , độ chứa hơi 20 g/kg. Nhiệt lượng cần để bốc hơi 1kg nước trong vật sấy là:

- a) 335,46 kJ/kg b) 4173,86 kJ/kg c) 2981 kJ/kg

Câu 15. Dòng nhiệt trao đổi giữa không khí và nước qua các ống đồng mỏng (bỏ qua nhiệt trở vách) là 10 kW, hệ số toả nhiệt phía nước gấp 8 lần phía không khí. Khi được làm cánh với hệ số làm cánh bằng 10, độ chênh nhiệt độ và hệ số toả nhiệt như cũ thì dòng nhiệt trao đổi khi đã làm cánh sẽ là:

- a) 50 kW b) 91,32 kW c) 93,88 kW

Đề 9

Câu 1. Khối khí có nhiệt độ 500°C , trao đổi nhiệt với bề mặt tường bao quanh có nhiệt độ 50°C . Mật độ dòng nhiệt trao đổi (cả đối lưu và bức xạ) giữa khí và vách $q = 100 \text{ kW/m}^2$. Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu bằng $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hãy xác định hệ số bức xạ quy dẫn giữa khí và tường:

- a) $197,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $25,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $31,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Câu 2. Máy lạnh Cácnô nhận nhiệt ở nhiệt độ -10°C cần phải tiêu hao 1 kW để lấy đi 6 kW nhiệt từ vật cần làm lạnh. Nhiệt độ của nguồn nóng là:

- a) 306,833 K b) 501,431 K c) 498,366 K

Câu 3. Vào mùa đông nhiệt độ ở 0°C sấm lốp ô tô chỉ áp suất 2 bar nếu giả thiết van kín và nhiệt độ mùa hè là 50°C , thì áp suất trong sấm lốp ô tô là:

- a) 2,37 bar b) 3,35 bar c) 3,55 bar

Câu 4. 1,5 Kmol khí O_2 chứa trong bình kín có thể tích 2 m^3 nhiệt độ 30°C . Người ta dùng máy nén đưa thêm vào bình một lượng O_2 nữa thì áp suất trong bình là 25 bar, nhiệt độ 40°C . Xác định lượng khí đưa thêm vào bình:

- a) 433,12 kg b) 13,48 kg c) 27,88 kg

Câu 5. Nhiệt độ bề mặt của một bức tường thép không gỉ dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng 15 W/mK là $(t_w = 90^{\circ}\text{C})$ được duy trì bằng hơi ngưng tụ.

Phía bên kia tường tiếp xúc với không khí có nhiệt độ $t_f = 20^\circ\text{C}$ và hệ số tỏa nhiệt $= 25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nhiệt độ bề mặt tiếp xúc với không khí là:

- a) $89,998^\circ\text{C}$ b) 86°C c) $164,66^\circ\text{C}$

Câu 6. Một bình kín thể tích 2 m^3 chứa hơi bão hòa khô H_2O ở áp suất 14 bar. Sau một thời gian nhất định để ở ngoài trời, độ khô của hơi trong bình lúc này là 0,8. Xác định lượng nhiệt nhả ra.

- a) $-6379,94 \text{ kJ}$ b) $-449,15 \text{ kJ}$ c) $-6179,86 \text{ kJ}$

Câu 7. Nhiệt độ vào ra thiết bị trao đổi nhiệt có vách ngăn cùng chiều của dịch thể nóng và dịch thể lạnh tương ứng bằng $t_1' = 250^\circ\text{C}$, $t_1'' = 100^\circ\text{C}$; $t_2' = 30^\circ\text{C}$, $t_2'' = 90^\circ\text{C}$. Nếu chất lỏng lạnh là nước có lưu lượng $0,05 \text{ l/s}$ và hệ số truyền nhiệt bằng $12 \text{ W/m}^2\text{K}$ thì diện tích bề mặt truyền nhiệt bằng:

- a) $0,02 \text{ m}^2$ b) $40,2 \text{ m}^2$ c) $15,38 \text{ m}^2$

Câu 8. Dẫn nhiệt ổn định qua một ống có đường kính trong 100 mm, chiều dày 10 mm, hệ số dẫn nhiệt bằng $0,6 \text{ W/mK}$. Nhiệt độ vách ngoài 343 K . Biết trong 1 phút nhiệt tổn thất qua 10 m ống là 60 kcal. Tính nhiệt độ mặt trong của ống.

- a) $363,226^\circ\text{C}$ b) $90,226^\circ\text{C}$ c) $186,382^\circ\text{C}$

Câu 9. Hơi ẩm ở áp suất 22 bar, độ khô 0,9 đi vào ống tăng tốc *Laval* áp suất ra 1 bar. Xác định tốc độ tại cửa ra.

- a) $182,7 \text{ m/s}$ b) 1070 m/s c) $316,89 \text{ m/s}$

Câu 10. Máy nén không khí 2 cấp, áp suất đầu 1 at, áp suất cuối 36 at, nén đa biến $n = 1,3$, nhiệt độ ban đầu 27°C . Tổng nhiệt của các quá trình nén là:

- a) $-73,809 \text{ kJ/kg}$ b) $-93,101 \text{ kJ/kg}$ c) $-36,905 \text{ kJ/kg}$

Câu 11. Không khí đi vào máy nén trong chu trình tuabin khí *Brayton* cơ bản ở 100 kPa , 20°C với lưu lượng thể tích $8 \text{ m}^3/\text{s}$. Biết tỷ số áp suất là 12, nhiệt độ vào tuabin là 1200°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình.

- a) 0,51 b) 0,6 c) 0,47

Câu 12. Không khí chuyển động ngang qua (vuông góc) một ống với $Re = 1100$ và hệ số tỏa nhiệt đối lưu bằng $30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hàm tiêu chuẩn $Nu_f = 0,44.Re_f^{0,5}$. Nếu đường kính ống tăng lên 2 lần còn các điều kiện khác không đổi thì hệ số tỏa nhiệt lúc này bằng:

- a) $42,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $21,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ c) $32,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Câu 13. Máy lạnh dùng máy nén không khí có nhiệt độ vào máy nén là -1°C , ra khỏi máy nén là 123°C nhiệt độ vào buồng lạnh là -43°C . Xác định công trong chu trình (coi không khí là khí lý tưởng).

- a) 94,99 kJ/kg b) 19,74 kJ/kg c) 39,48 kJ/kg

Câu 14. Đốt nóng không khí với điều kiện áp suất không đổi, độ chứa hơi không đổi $d = 0,02 \text{ kg/kg}$ từ trạng thái 1 có độ ẩm tương đối bằng 60%, nhiệt độ t_1 đến trạng thái 2 có độ ẩm tương đối bằng 30%, nhiệt độ t_2 . Tỷ số phân áp suất bão hoà của hơi nước ứng với trạng thái 1 và trạng thái 2 là:

- a) 0,5 b) 0,49 c) 1,09

Câu 15. Hơi nước đi vào tuabin có nhiệt độ 500°C và áp suất 30 bar. Độ khô của hơi ra khỏi tuabin bằng 0,95. Công tuabin bằng:

- a) 478,5 kJ/kg b) 754,89 kJ/kg c) 920,5 kJ/kg

ĐỀ 10

Câu 1. Trong chu trình thiết bị động lực hơi nước, hơi nước ở bình ngưng nhả ra cho nước làm mát nhiệt lượng 50000 kW, ở lò hơi nước vào có nhiệt độ 180°C , áp suất 90 bar, lưu lượng 42 kg/s, ra khỏi lò hơi, hơi quá nhiệt có nhiệt độ 500°C . Xác định hiệu suất nhiệt của chu trình:

- a) 83,36% b) 54,54% c) 64,24%

Câu 2. Bơm nhiệt dùng chu trình Cácno có hệ số bơm nhiệt là 10 khi bơm nhiệt vào phòng có nhiệt độ 25°C . Nhiệt độ không khí đầu vào là:

- a) $268,2^{\circ}\text{C}$ b) $-4,8^{\circ}\text{C}$ c) $62,17^{\circ}\text{C}$

Câu 3. Vách phẳng có chiều dày 220 mm, hệ số dẫn nhiệt 0,7 W/mK. Lượng nhiệt truyền qua 20 m^2 vách phẳng trong 1 phút là 8,4 kJ. Tính giá trị tuyệt đối của gradien nhiệt độ trong vách:

- a) 12 K/m b) 10 K/m c) 19,72 K/m

Câu 4. Một bình kín cứng thể tích 3 m^3 chứa Argon ở nhiệt độ -100°C và 1 MPa. Nhiệt được cấp cho đến khi nhiệt độ tăng đến 0°C . Xác định lượng khí argon trong bình. Coi argon như khí lý tưởng và $a = 40 \text{ kg/kmol}$.

- a) 83,43 kg b) 492,72 kg c) 73,14 kg

Câu 5. Máy lạnh dùng NH_3 , áp suất sôi 2 bar, áp suất ngưng tụ 10 bar. 17000 kg/h dung dịch muối được làm lạnh trong bình bay hơi, nhiệt độ giảm từ $2^{\circ}C$ đến $-8^{\circ}C$. Nhiệt dung riêng của dung dịch của dung dịch muối $C_m = 3,8 \text{ kJ/kg.K}$. Lưu lượng môi chất lạnh NH_3 là:

- a) 0,16kg/s b) 0,58 kg/s c) 575,44 kg/s

Câu 6. Vào mùa đông nhiệt độ ở $0^{\circ}C$ hầm lớp ô tô chỉ áp suất 2 bar nếu giả thiết van kín và nhiệt độ mùa hè là $50^{\circ}C$, thì áp suất trong hầm lớp ô tô là:

- a) 2,37 bar b) 1,38 bar c) 3,55 bar

Câu 7. Bình kín chứa 3 kg hơi ẩm R12 với độ khô 0,15 ở áp suất ban đầu 100 kPa. Tính áp suất trong bình khi toàn bộ lỏng R12 hóa hơi.

- a) 700 kPa b) 238,2 kPa c) 223,1 kPa

Câu 8. Một ống dẫn hơi bằng thép có đường kính d_2/d_1 là 216/200 mm, hệ số dẫn nhiệt của thép là $46,44 \text{ W/mK}$. Nếu biết hệ số tỏa nhiệt giữa ống và không khí xung quanh là 10 W/m^2K thì hệ số dẫn nhiệt lớn nhất có thể của vật liệu cách nhiệt là:

- a) 1,08 W/mK b) 2 W/mK c) 1,124 W/mK

Câu 9. Hơi nước có áp suất 30 bar, nhiệt độ $400^{\circ}C$ lưu động qua ống tăng tốc nhỏ dần vào môi trường có áp suất 20 bar. Biết thể tích của hơi và đường kính của ống khi ra là $0,1358 \text{ m}^3/\text{kg}$ và 15 mm. Xác định lượng hơi qua ống:

- a) 0,198 kg/s b) 1352,21 kg/s c) 0,399 kg/s

Câu 10. Công nén để tiến hành nén đoạn nhiệt 24 kg/phút không khí từ $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $22^{\circ}C$ lên áp suất cao hơn là 38 kW. Nếu coi quá trình nén là thuận nghịch thì nhiệt độ cuối là:

- a) $154,55^{\circ}C$ b) $241,9^{\circ}C$ c) $260,71^{\circ}C$

Câu 11. Không khí đi vào máy nén trong chu trình tuabin khí *Brayton* cơ bản ở 100 kPa , $20^{\circ}C$ với lưu lượng thể tích $8 \text{ m}^3/\text{s}$. Biết tỷ số áp suất là 12, nhiệt độ vào tuabin là $1200^{\circ}C$. Xác định công của chu trình.

- a) 4290,07 kW b) 3318,08 kW c) 1766,6 kW

Câu 12. Một lò ống hình trụ, đường kính ngoài của lò $d = 1,8 \text{ m}$, lò dài 90 m. Nhiệt độ trung bình của vỏ lò $t_n = 85^{\circ}C$. Nhiệt độ trung bình của không khí xung quanh lò $t_f = 30^{\circ}C$. Hệ số dẫn nhiệt của không khí $0,027$

W/mK. Giá trị tiêu chuẩn $Nusselt\ Nu_f = 1030$. Lượng nhiệt trao đổi bằng đối lưu từ vỏ lò ra ngoài không khí trong 7 phút bằng (bỏ qua hai bề mặt đầu của lò).

- a) 3025,76 kJ b) 181545,35 kJ c) 259592,1 kJ

Câu 13. Một thiết bị trao đổi nhiệt gắn trên vệ tinh dùng năng lượng mặt trời cần phải thải ra ngoài vũ trụ năng lượng tích tụ. Bề mặt của thiết bị có diện tích $0,5\text{ m}^2$ và độ đen bằng 0,95. Nhiệt độ của bề mặt bằng bao nhiêu khi biết dòng bức xạ mặt trời bằng 1000 W/m^2 và lượng nhiệt cần thải đi là 1500 W/m^2 .

- a) 405,06 K b) 479,61 K c) 401,52 K

Câu 14. Không khí ẩm có độ ẩm tương đối bằng 10 %, độ chứa hơi bằng $0,022\text{ kg/kg}$, áp suất không khí ẩm bằng 1 bar. Áp suất riêng phần cực đại của hơi nước ứng với nhiệt độ không khí là:

- a) 0,34 bar b) 0,87 bar c) 0,81 bar

Câu 15. Trong một thiết bị trao đổi nhiệt dùng hơi nước bão hoà gia nhiệt cho nước. Nước khi vào có nhiệt độ 20°C , khi ra 80°C nhiệt dung riêng của nước bằng 4200 J/kg.K . Biết diện tích truyền nhiệt $F = 2\text{ m}^2$, hệ số truyền nhiệt qua vách là $2000\text{ W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình giữa nước và hơi là 115°C . Lưu lượng nước qua thiết bị là:

- a) 18,25 kg/s b) 4,53 kg/s c) 1,83 kg/s

ĐÁP ÁN

- 1.14b, 1.15c, 1.16a, 1.17b, 2.18c, 1.19c, 1.20a, 1.21c, 1.22b, 1.23a, 1.24b, 1.25a, 1.26c, 1.27b, 1.28a, 1.34a, 1.35c, 1.36b, 1.37a, 1.38c, 1.39b, 1.40b, 1.41a, 1.42a, 1.43a, 1.44a, 1.45b, 1.52b, 1.53b, 1.54a, 1.55a, 1.56c, 1.57b, 1.58a, 1.59a.
- 2.13c, 2.14c, 2.15b, 2.16b, 2.17b, 2.18b, 2.19b, 2.20b, 2.21b, 2.22b, 2.23c, 2.24c, 2.25a, 2.26a, 2.27b, 2.28a, 2.30a, 2.31a, 2.32a, 2.33a, 2.34c, 2.35a, 2.36b, 2.37a, 2.38b, 2.39a, 2.40b, 2.41c, 2.42a, 2.43a, 2.44a, 2.45a, 2.46a, 2.47b, 2.48c, 2.49b, 2.50b, 2.51a, 2.52b, 2.53a, 2.54a, 2.55b, 2.56b, 2.57b, 2.58b, 2.59b, 2.60b, 2.61a, 2.62a, 2.63a, 2.64a, 2.65a, 2.66b, 2.67a, 2.68a, 2.69a, 2.70a, 2.71a, 2.72a, 2.73a, 2.74a, 2.75b, 2.76a, 2.77c, 2.78b, 2.79a, 2.80c, 2.81a, 2.82b, 2.83b, 2.84a, 2.85b, 2.86b, 2.87a, 2.88c, 2.89a, 2.90b, 2.91c, 2.92b, 2.93b, 2.94b, 2.95b, 2.96b, 2.97b, 2.98b, 2.99b, 2.100b, 2.101b, 2.102b, 2.103b, 2.104b, 2.105a, 2.106a, 2.107a, 2.108a, 2.109b, 2.110c, 2.111a, 2.112a, 2.113a, 2.114a, 2.115b, 2.116a, 2.117b, 2.118b, 2.119b, 2.120c, 2.121b, 2.122b, 2.123b, 2.124a, 2.125b, 2.126b, 2.127a, 2.128a, 2.129b, 2.130a, 2.131a, 2.132a, 2.133a.
- 3.9a, 3.10c, 3.11c, 3.12a, 3.13c, 3.14a, 3.15a
- 4.6b, 4.7b, 4.8c, 4.9a, 4.10b, 4.11c, 4.12a, 4.13c, 4.14c, 4.15a, 4.16c, 4.17b, 4.18b, 4.19b, 4.20a, 4.21a, 4.22a, 4.23a, 4.24a.
- 5.7a, 5.8c, 5.9b, 5.10a, 5.11c, 5.12a, 5.13b, 5.14b, 5.15b, 5.16b, 5.17b, 5.18b, 5.19a, 5.20a.
- 6.8b, 6.9c, 6.10b, 6.11a, 6.12b, 6.13a, 6.14a, 6.15a, 6.16a, 6.17b, 6.18a, 6.19b, 6.20b, 6.21b, 6.22c, 6.23a.
- 7.8b, 7.9a, 7.10b, 7.11c, 7.12a, 7.13a, 7.14a, 7.15b, 7.16a, 7.17a, 7.18c, 7.19a, 7.20b, 7.21c, 7.22a, 7.23b.
- 8.10a, 8.11b, 8.12a, 8.13a, 8.14b, 8.15a, 8.16a, 8.17c, 8.18a, 8.19a, 8.20a, 8.21c, 8.22a, 8.23a.
- 9.11c, 9.12b, 9.13c, 9.14, 9.15a, 9.16c, 9.17b, 9.18b, 9.19a, 9.20b, 9.21b, 9.22a, 9.23b, 9.40c, 9.41a, 9.42a, 9.43a, 9.44a, 9.45a, 9.46a, 9.47a.
- 10.7b, 10.8b, 10.9a, 10.10a, 10.11b, 10.12b, 10.13c, 10.14b, 10.15b, 10.16c, 10.17a, 10.18a, 10.19a, 10.28b, 10.29b, 10.30c, 10.31a, 10.32a, 10.33a, 10.34a, 10.35a, 10.36a.
- 11.7a, 11.8c, 11.9b, 11.10c, 11.11a, 11.12b, 11.13b, 11.14a, 11.15b, 11.16a, 11.17a.
- 12.15a, 12.16a, 12.17a, 12.18a, 12.19a, 12.20a, 12.21b, 12.22a, 12.23a, 12.24a, 12.25b, 12.26b, 12.27a, 12.28c, 12.29b, 12.30c.

PHỤ LỤC

- Bảng 1. Phân tử lượng, Hằng số chất khí và các thông số tới hạn
Bảng 2. Nhiệt dung riêng của khí lý tưởng phụ thuộc vào nhiệt độ
Bảng 3. Nước bão hoà tra theo nhiệt độ
Bảng 4. Nước bão hoà tra theo áp suất
Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt
Bảng 6. Thông số vật lý của không khí
Bảng 7. Tính chất nhiệt vật lý của nước trên đường bão hoà
Bảng 8. Tính chất nhiệt vật lý của hơi
Bảng 9. Tính chất nhiệt vật lý của dầu máy biến áp
Bảng 10. Độ đen bức xạ toàn phần
Bảng 11. $R134a$ bão hoà theo nhiệt độ
Bảng 12. $R134a$ bão hoà theo áp suất
Bảng 13. $R134a$ quá nhiệt
Bảng 14. Tra ε_{AT} theo P và R
Đồ thị 1. Đồ thị $I - S$
Đồ thị 2. Đồ thị $I - d$
Đồ thị 3. Ẩm độ $T - d$
Đồ thị 4. Đồ thị $R12$
Đồ thị 5. Đồ thị $R22$
Đồ thị 6. Đồ thị $R134a$
Đồ thị 7. Đồ thị $R717$
Hình 1. Hệ số nén – (áp suất thấp)
Hình 2. Hệ số nén – (áp suất vừa)
Hình 3. Hệ số nén – (áp suất cao)

Bảng 1. Phân tử lượng, hằng số chất khí, các thông số tới hạn

Chất	Công thức	Phân tử lượng μ kg/kmol	Hằng số chất khí kJ/kgK	Tính chất tới hạn		
				Nhiệt độ K	Áp suất MPa	Thể tích $m^3/kmol$
Không khí	-	28.97	0.287	132.5	3.77	0.0883
Ammoniac	NH_3	17.03	0.4882	405.5	11.28	0.0724
Argon	Ar	39.948	0.2081	151	4.86	0.0749
Benzen	C_6H_6	78.115	0.1064	562	4.92	0.2603
Bromine	Br	159.808	0.052	584	10.34	0.1355
n-Butan	C_4H_{10}	58.124	0.143	425.2	3.8	0.2547
Di ô xít Căcbonic	CO_2	44.01	0.1889	304.2	7.39	0.0943
Ôxít cacbonic	CO	28.011	0.2968	133	3.5	0.093
Tetra clorua cacbon	CCl_4	153.82	0.05405	556.4	4.56	0.2759
Clo	Cl_2	70.906	0.1173	417	7.71	0.1242
Clorua foóc	$CHCl_3$	119.38	0.06964	536.6	5.47	0.2403
R12	CCL_2F_2	120.91	0.06876	384.7	4.01	0.2179
R21	$CHCl_2F$	102.92	0.08078	451.7	5.17	0.1973
Etan	C_2H_6	30.07	0.2765	305.5	4.48	0.148
Rượu êtilic	C_2H_5OH	46.07	0.1805	516	6.38	0.1673
Etylen	C_2H_4	28.054	0.2964	282.4	5.12	0.1242

Chất	Công thức	Phân tử lượng μ kg/kmol	Hằng số chất khí kJ/kgK	Tính chất tới hạn		
				Nhiệt độ K	Áp suất MPa	Thể tích $m^3/kmol$
Heli	He	4.003	2.0769	5.3	0.23	0.0578
n-Hexane	C_6H_{14}	86.179	0.09647	507.9	3.03	0.3677
Hydrô	H_2	2.016	4.124	33.3	1.3	0.0649
Krypton	Kr	83.8	0.09921	209.4	505	0.0924
Metan	CH_4	16.043	0.5182	191.1	4.64	0.0993
Rượu Metilic	CH_3OH	32.042	0.2595	513.2	7.95	0.118
Clorua Metyl	CH_3CL	50.488	0.1647	416.3	6.68	0.143
Ne ôn	Ne	20.183	0.4119	44.5	2.73	0.0417
Ni tơ	N_2	28.013	0.2968	126.2	3.39	0.0899
Ôxit Nitơ	N_2O	44.013	0.1889	309.7	7.27	0.0961
Ôxy	O_2	31.999	0.2598	154.8	5.08	0.078
Propan	C_3H_8	44.097	0.1885	370	4.26	0.1998
Propylen	C_3H_6	42.081	0.1976	365	4.62	0.181
Ôxits sunfuaric	SO_2	64.063	0.1298	430.7	7.88	0.1217
R134a	CF_3CH_2F	102.03	0.08149	374.3	4.067	0.1847
R11	CCL_3F	137.37	0.06052	471.2	4.38	0.2478
Nước	H_2O	18.015	0.4615	647.3	22.09	0.0568
Xenon	Xe	131.3	0.06332	289.8	5.88	0.1186

Bảng 2. Nhiệt dung của khí lý tưởng phụ thuộc vào nhiệt độ

$$\overline{C_p} = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (T \text{ K}, \overline{C_p} \text{ kJ/kgK})$$

Chất	Công thức	a	b.10 ²	c.10 ⁵	d.10 ⁹	Khoảng nhiệt độ K	% sai số	
							max	min
Ni tơ	N ₂	28.9	-0.1571	0.8081	-2.873	273-1800	0.59	0.34
Ô xy	O ₂	25.48	1.52	-0.7155	1.312	273-1800	1.19	0.28
Không khí	-	28.11	0.1967	0.4802	-1.966	273-1800	0.72	0.33
Hydro	H ₂	29.11	-0.1916	0.4003	-0.8704	273-1800	1.01	0.26
ô xít cacbon	CO	28.16	0.1675	0.5372	-2.222	273-1800	0.89	0.37
Đi ô xít Cacbon	CO ₂	22.26	5.981	-3.501	7.469	273-1800	0.67	0.22
Hơi nước	H ₂ O	32.24	0.1923	1.055	-3.595	273-1800	0.53	0.24
Ô xít Nơ	NO	29.34	0.09395	0.9747	-4.187	273-1500	0.97	0.36
Ô xít Nơ	N ₂ O	24.11	5.8632	-3.562	10.58	273-1500	0.59	0.26
Đi ôxít Nơ	NO ₂	22.9	5.715	-3.52	7.87	273-1500	0.46	0.18
Ammoniac	NH ₃	27.568	2.563	0.99907	-6.6909	273-1500	0.91	0.36
Lưu huỳnh	S ₂	27.21	2.218	-1.628	3.986	273-1800	0.99	0.38
Điôxít lưu huỳnh	SO ₂	25.78	5.795	-3.812	8.612	273-1800	0.45	0.24
Tri ôxít lưu huỳnh	SO ₃	16.4	14.58	-11.2	32.42	273-1300	0.29	0.13
Axêtylen	C ₂ H ₂	21.8	9.2143	-6.527	18.21	273-1500	1.46	0.59
Benzen	C ₆ H ₆	-36.22	48.475	-31.57	77.62	273-1500	0.34	0.2
Metanol	CH ₄ O	19	9.152	-1.22	-8.039	273-1000	0.18	0.08
Etanol	C ₂ H ₆ O	19.9	20.96	-10.38	20.05	273-1500	0.4	0.22
A xít cloric	HCl	30.33	-0.762	1.827	-4.338	273-1500	0.22	0.08
Metan	CH ₄	19.89	5.024	1.269	-11.01	273-1500	1.33	0.57
Etan	C ₂ H ₆	6.9	17.27	-6.406	7.285	273-1500	0.83	0.28
Propan	C ₃ H ₈	-4.04	30.48	-15.72	31.74	273-1500	0.4	0.12
n-Butan	C ₄ H ₁₀	3.96	37.15	-18.34	35	273-1500	0.54	0.24
i-Butan	C ₄ H ₁₀	-7.913	41.6	-23.01	49.91	273-1500	0.25	0.13
n-Pentan	C ₅ H ₁₂	6.774	45.43	-22.46	42.29	273-1500	0.56	0.21
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	6.938	55.22	-28.65	57.69	273-1500	0.72	0.2
Etylen	C ₂ H ₄	3.95	15.64	-8.344	17.69	273-1500	0.54	0.13
Propylen	C ₃ H ₆	3.15	23.83	-12.18	24.62	273-1500	0.73	0.17

Bảng 3. Nước sôi và hơi bão hoà (theo nhiệt độ)

t°C	p Bar	v' m³/kg	v'' m³/kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.k	s'' kJ/kg.k
0.01	0.006108	0.0010002	206.3	0	2374.99	0	2501	2501	0	9.1544
5	0.008719	0.0010001	147.2	21.05	2381.66	21.05	2510	2488.95	0.0762	9.0241
10	0.012277	0.0010004	106.42	42.04	2388.35	42.04	2519	2476.96	0.151	8.8994
15	0.017041	0.001001	77.97	62.97	2395.13	62.97	2528	2465.03	0.2244	8.7806
20	0.02337	0.0010018	57.84	83.9	2401.83	83.9	2537	2453.1	0.2964	8.6665
25	0.03166	0.001003	43.4	104.81	2409.6	104.81	2547	2442.19	0.3672	8.557
30	0.04241	0.0010044	32.93	125.71	2416.34	125.71	2556	2430.29	0.4366	8.4523
35	0.05622	0.0010061	25.24	146.59	2423.1	146.6	2565	2418.4	0.5049	8.3519
40	0.07375	0.0010079	19.55	167.49	2429.82	167.5	2574	2406.5	0.5723	8.2559
45	0.09584	0.0010099	15.28	188.39	2435.56	188.4	2582	2393.6	0.6384	8.1638
50	0.12335	0.0010121	12.04	209.29	2443.49	209.3	2592	2382.7	0.7038	8.0753
55	0.1574	0.0010145	9.578	230.18	2449.24	230.2	2600	2369.8	0.7679	7.9901
60	0.19917	0.0010171	7.678	251.08	2456.08	251.1	2609	2357.9	0.8311	7.9084
65	0.2501	0.0010199	6.201	272.07	2461.91	272.1	2617	2344.9	0.8934	7.8297
70	0.3117	0.0010228	5.045	292.97	2468.75	293	2626	2333	0.9549	7.7544
75	0.3855	0.0010258	4.133	313.96	2475.67	314	2635	2321	1.0157	7.6815
80	0.04736	0.001029	3.408	334.9	2626.86	334.9	2643	2308.1	1.0753	7.6116
85	0.05781	0.0010324	2.828	355.89	2634.65	355.9	2651	2295.1	1.1342	7.5438
90	0.7011	0.0010359	2.361	376.93	2493.47	377	2659	2282	1.1925	7.4787
95	0.8451	0.0010396	1.982	397.91	2500.5	398	2668	2270	1.2502	7.4155
100	1.0132	0.0010435	1.673	418.99	2506.49	419.1	2676	2256.9	1.3071	7.3547
105	1.2079	0.0010474	1.419	440.07	2511.6	440.2	2683	2242.8	1.3632	7.2959
110	1.4326	0.0010515	1.21	461.15	2517.66	461.3	2691	2229.7	1.4184	7.2387
115	1.6905	0.0010559	1.036	482.32	2522.86	482.5	2698	2215.5	1.4733	7.1832
120	1.9854	0.0010603	0.8917	503.49	2528.96	503.7	2706	2202.3	1.5277	7.1298
125	2.3208	0.0010649	0.7704	524.75	2534.21	525	2713	2188	1.5814	7.0777
130	2.7011	0.0010697	0.6683	546.01	2540.49	546.3	2721	2174.7	1.6345	7.0272
135	3.13	0.0010747	0.582	567.16	2544.83	567.5	2727	2159.5	1.6869	6.9781
140	3.614	0.0010798	0.5087	588.61	2550.16	589	2734	2145	1.7392	6.9304
145	4.155	0.0010851	0.4461	610.05	2554.65	610.5	2740	2129.5	1.7907	6.8839
150	4.76	0.0010906	0.3926	631.68	2559.12	632.2	2746	2113.8	1.8418	6.8383

Bảng 3. Nước sôi và hơi bão hoà (theo nhiệt độ)

t°C	p Bar	v' m³/kg	v' m³/kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg. k	s'' kJ/kg.k
155	5.433	0.001096	0.3466	653.3	2564.69	653.9	2753	2099.1	1.8924	6.794
160	6.18	0.001102	0.3068	674.82	2568.4	675.5	2758	2082.5	1.9427	6.7508
165	7.008	0.001108	0.2725	696.52	2572.03	697.3	2763	2065.7	1.9924	6.7081
170	7.92	0.001114	0.2426	718.32	2576.86	719.2	2769	2049.8	2.0417	6.6666
175	8.925	0.001121	0.2166	713.1	2579.68	714.1	2773	2058.9	2.0909	6.6266
180	10.03	0.001128	0.1939	761.97	2583.58	763.1	2778	2014.9	2.1395	6.5858
185	11.23	0.001134	0.1709	783.93	2590.01	785.2	2782	1996.8	2.1876	6.5465
190	12.55	0.001142	0.1564	806.07	2589.67	807.5	2786	1978.5	2.2357	6.5074
195	13.99	0.001149	0.1409	828.29	2592.89	829.9	2790	1960.1	2.2834	6.4694
200	15.55	0.001157	0.1272	850.6	2595.19	852.4	2793	1940.6	2.3308	6.4318
205	17.25	0.001164	0.1151	872.99	2597.51	875	2796	1921	2.3777	6.3945
210	19.08	0.001173	0.1043	895.46	2599	897.7	2798	1900.3	2.4246	6.3577
215	21.06	0.001181	0.09465	918.21	2600.65	920.7	2800	1879.3	2.4715	6.3212
220	23.2	0.00119	0.08606	940.94	2602.33	943.7	2802	1858.3	2.5179	6.2849
225	25.5	0.001199	0.07837	963.84	2602.13	966.9	2802	1835.1	2.564	6.2488
230	27.98	0.001209	0.07147	987.02	2603.03	990.4	2803	1812.6	2.6101	6.2133
235	30.64	0.001219	0.06527	1010.2	2604.05	1014	2804	1790.1	2.6561	6.178
240	33.48	0.001229	0.05967	1033.4	2603.22	1038	2803	1765.5	2.7021	6.1425
245	36.52	0.00124	0.05462	1057.1	2603.51	1062	2803	1741.4	2.7478	6.1073
250	39.78	0.001251	0.05006	1080.7	2601.88	1086	2801	1715.3	2.7934	6.0721
255	43.25	0.001263	0.04591	1104.7	2600.44	1110	2799	1688.8	2.8394	6.0366
260	46.94	0.001276	0.04251	1129.1	2596.46	1135	2796	1660.9	2.8815	6.0013
265	50.87	0.001289	0.03872	1153.6	2597.03	1160	2794	1633.8	2.9307	5.9657
270	55.05	0.001302	0.0356	1178.1	2594.02	1185	2790	1604.7	2.9764	5.9297
275	59.49	0.001317	0.03274	1202.9	2590.23	1211	2785	1574.3	3.0223	5.8938
280	64.91	0.001332	0.03013	1228.3	2584.43	1237	2780	1543.1	3.0681	5.8573
285	69.18	0.001348	0.02774	1253.8	2581.09	1263	2773	1509.9	3.1146	5.8205
290	74.45	0.001366	0.02554	1279.8	2575.85	1290	2766	1476	3.1611	5.7827
295	80.02	0.001384	0.02351	1306.1	2569.87	1317	2758	1440.8	3.2073	5.7443
300	85.92	0.001404	0.02164	1332.8	2563.07	1345	2749	1404.1	3.2548	5.7049
305	92.14	0.001425	0.01992	1360	2555.46	1373	2739	1365.9	3.3026	5.6647

Bảng 3. Nước sôi và hơi bão hoà (theo nhiệt độ)

t°C	p Bar	v' m³/kg	v'' m³/kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg. K	s'' kJ/kg. K
310	98.7	0.001447	0.01832	1387.82	2546.18	1402.1	2727	1324.9	3.3508	5.6233
315	106	0.001472	0.01683	1416.15	2563.26	1431.7	2741	1309.3	3.3996	5.5802
320	113	0.001499	0.01545	1445.18	2525.57	1462.1	2700	1237.9	3.4495	5.5353
325	121	0.001529	0.01417	1475.16	2513.15	1493.6	2684	1190.4	3.5002	5.4891
330	129	0.001562	0.01297	1506	2499.14	1526.1	2666	1139.9	3.5522	5.4412
335	137	0.001599	0.01184	1537.87	2483.63	1559.8	2646	1086.2	3.6056	5.3905
340	146	0.001639	0.01078	1570.76	2464.53	1594.7	2622	1027.3	3.6605	5.3361
345	155	0.001686	0.009771	1612.79	2443.08	1639	2595	956	3.7184	5.2769
350	165	0.001741	0.008803	1642.21	2419.42	1671	2565	894	3.7786	5.2117
355	176	0.001807	0.007869	1682.24	2388.69	1714	2527	813	3.8439	5.1385
360	187	0.001894	0.006943	1726.63	2351.35	1762	2481	719	3.9162	5.053
365	198	0.00202	0.00599	1776.94	2302.22	1817	2421	604	4.0009	4.9463
370	211	0.00222	0.00493	1846.26	2227.21	1893	2331	438	4.1137	4.7951
374	225	0.0028	0.00347	422.24	434.55	485.3	512.7	27.4	1.0332	4.5029

Bảng 4. Nước sôi và hơi bão hoà (theo áp suất)

p Bar	t oC	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.k
0.01	6.92	0.0010001	129.9	29.32	2383.1	29.32	2513	2484	0.1054	8.975
0.02	13.038	0.0010007	87.9	54.75	2393.15	54.75	2525	2470	0.1958	8.827
0.02	17.514	0.0010014	66.97	73.52	2399.06	73.52	2533	2459	0.2609	8.722
0.03	21.094	0.0010021	54.24	88.5	2403.4	88.5	2539	2451	0.3124	8.642
0.03	24.097	0.0010028	45.66	101.04	2408.02	101.04	2545	2444	0.3546	8.576
0.04	26.692	0.0010035	39.48	111.86	2411.82	111.86	2550	2438	0.3908	8.521
0.04	28.979	0.0010041	34.81	121.42	2414.76	121.42	2554	2433	0.4225	8.473
0.05	31.033	0.0010047	31.13	130	2416.92	130	2557	2427	0.4507	8.431
0.05	32.88	0.0010053	28.19	137.82	2420.05	137.83	2561	2423	0.4761	8.393
0.06	36.18	0.0010064	23.74	151.49	2424.56	151.5	2567	2415	0.5207	8.328
0.07	39.03	0.0010075	20.53	163.42	2428.29	163.43	2572	2409	0.5591	8.274
0.08	41.54	0.0010085	18.1	173.89	2431.2	173.9	2576	2402	0.5927	8.227
0.09	43.79	0.0010094	16.2	183.29	2434.2	183.3	2580	2397	0.6225	8.186
0.1	45.84	0.0010103	14.68	191.89	2437.2	191.9	2584	2392	0.6492	8.149
0.11	47.72	0.0010111	13.4	199.69	2440.6	199.7	2588	2388	0.674	8.116
0.12	49.45	0.0010119	12.35	206.99	2442.8	207	2591	2384	0.6966	8.058
0.13	51.07	0.0010126	11.46	213.79	2445.02	213.8	2594	2380	0.7174	8.057
0.14	52.58	0.0010133	10.69	220.09	2446.34	220.1	2596	2376	0.7368	8.031
0.15	54	0.001014	10.02	226.08	2448.7	226.1	2599	2373	0.755	8.007
0.2	60.08	0.0010171	7.647	251.38	2456.06	251.4	2609	2358	0.8321	7.907
0.25	64.99	0.0010199	6.202	271.97	2462.95	272	2618	2346	0.8934	7.83
0.3	69.12	0.0010222	5.226	289.27	2468.22	289.3	2625	2336	0.9441	7.769
0.4	75.88	0.0010264	3.994	317.66	2376.24	317.7	2536	2318	1.0261	7.67
0.5	81.35	0.0010299	3.239	340.55	2483.05	340.6	2645	2304	1.091	7.593
0.6	85.95	0.001033	2.732	359.94	2489.08	360	2653	2293	1.1453	7.531
0.7	89.97	0.0010359	2.364	376.73	2494.52	376.8	2660	2283	1.1918	7.479
0.8	93.52	0.0010385	2.087	391.72	2498.04	391.8	2665	2273	1.233	7.434
0.9	96.72	0.0010409	1.869	405.21	2501.79	405.3	2670	2265	1.2696	7.394
1	99.64	0.0010432	1.694	417.3	2505.6	417.4	2675	2258	1.3026	7.36
1.1	102.32	0.0010452	1.55	428.79	2526.5	428.9	2697	2250	1.3327	7.328
1.2	104.81	0.0010472	1.429	439.27	2511.52	439.4	2683	2244	1.3606	7.289
1.3	107.14	0.0010492	1.325	449.06	2514.75	449.2	2687	2238	1.3866	7.271
1.4	109.33	0.001051	1.236	458.35	2516.96	458.5	2690	2232	1.4109	7.246
1.5	111.38	0.0010527	1.159	467.04	2519.15	467.2	2693	2226	1.4336	7.223
1.6	113.32	0.0010543	1.091	475.43	2521.44	475.6	2696	2221	1.455	7.202
1.7	115.17	0.0010559	1.031	483.02	2523.73	483.2	2699	2216	1.4752	7.182
1.8	116.94	0.0010575	0.9773	490.51	2526.09	490.7	2702	2211	1.4943	7.163
1.9	118.62	0.0010591	0.929	497.7	2527.49	497.9	2704	2206	1.5126	7.145
2	120.23	0.0010605	0.8854	504.59	2529.92	504.8	2707	2202	1.5302	7.127
2.1	121.78	0.0010619	0.8459	511.18	2531.36	511.4	2709	2198	1.547	7.111

p Bar	t °C	v' m³/kg	v'' m³/kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg, K	s'' kJ/kg, K
2.2	123.27	0.0010633	0.8098	517.57	2532.84	517.8	2711	2193	1.563	7.096
2.3	124.71	0.0010646	0.7768	523.76	2534.34	524	2713	2189	1.5783	7.081
2.4	126.09	0.0010659	0.7465	529.54	2535.84	529.8	2715	2185	1.5929	7.067
2.5	127.43	0.001067	0.7185	535.13	2537.38	535.4	2717	2182	1.607	7.053
2.6	128.73	0.001069	0.6925	540.62	2538.95	540.9	2719	2178	1.621	7.04
2.7	129.98	0.00107	0.6684	545.91	2540.53	546.2	2721	2175	1.634	7.027
2.8	131.2	0.001071	0.6461	551.1	2541.09	551.4	2722	2171	1.647	7.015
2.9	132.39	0.001072	0.6253	556.19	2542.66	556.5	2724	2167	1.66	7.003
3	133.54	0.001073	0.6057	561.08	2543.29	561.4	2725	2164	1.672	6.922
3.1	134.66	0.001074	0.5873	565.97	2544.94	566.3	2727	2161	1.683	6.981
3.2	135.75	0.010754	0.5701	567.66	2545.57	571.1	2728	2157	1.695	6.971
3.3	136.82	0.001077	0.5538	575.34	2520.25	575.7	2703	2154	1.706	6.961
3.4	137.66	0.001078	0.5386	579.83	2547.88	580.2	2731	2751	1.717	6.951
3.5	138.88	0.001079	0.5241	584.12	2548.57	584.5	2732	2148	1.728	6.941
3.6	139.78	0.00108	0.5104	588.31	2550.26	588.7	2734	2145	1.738	6.932
3.7	140.84	0.001081	0.4975	592.4	2550.93	592.8	2735	2142	1.748	6.933
3.8	141.79	0.001082	0.4852	596.39	2551.62	596.8	2736	2139	1.758	6.914
3.9	142.71	0.001083	0.4735	600.38	2552.34	600.8	2737	2136	1.768	6.905
4	143.62	0.001084	0.4624	604.27	2553.04	604.7	2738	2133	1.777	6.897
4.1	144.51	0.001085	0.4518	608.06	2554.76	608.5	2740	2131	1.786	6.889
4.2	145.39	0.001086	0.4416	611.84	2555.53	612.3	2741	2129	1.795	6.881
4.3	146.25	0.001087	0.4319	615.63	2556.28	616.1	2742	2126	1.804	6.873
4.4	147.09	0.001087	0.4227	619.32	2557.01	619.8	2743	2123	1.812	6.865
4.5	147.92	0.001088	0.4139	622.91	2557.75	623.4	2744	2121	1.821	6.857
5	151.84	0.001093	0.3747	639.55	2561.65	640.1	2749	2109	1.86	6.822
6	158.84	0.001101	0.3156	669.84	2567.64	670.5	2757	2086	1.931	6.761
7	164.96	0.001108	0.2727	696.42	2573.11	697.2	2764	2067	1.992	6.709
8	170.42	0.001115	0.2403	720.01	2576.76	720.9	2769	2048	2.046	6.663
9	175.35	0.001121	0.2149	741.79	2580.59	742.8	2774	2031	2.094	6.623
10	179.88	0.001127	0.1946	761.57	2583.4	762.7	2778	2015	2.138	6.587
11	184.05	0.001133	0.1775	779.85	2585.75	781.1	2781	2000	2.179	6.554
12	178.95	0.001139	0.1633	796.93	2589.04	798.3	2785	1987	2.216	6.523
13	191.6	0.001144	0.1512	813.01	2590.44	814.5	2787	1973	2.251	6.495
14	195.04	0.001149	0.1408	828.39	2592.88	830	2790	1960	2.284	6.469
15	198.28	0.001154	0.1317	842.87	2594.45	844.6	2792	1947	2.314	6.445
16	201.36	0.001159	0.1238	856.45	2594.92	858.3	2793	1935	2.344	6.422
17	204.3	0.001163	0.1167	869.62	2596.61	871.6	2795	1923	2.371	6.4
18	207.1	0.001168	0.1104	882.3	2597.28	884.4	2796	1912	2.397	6.379
19	209.78	0.001172	0.1047	894.37	2599.07	896.6	2798	1901	2.422	6.359
20	212.37	0.001177	0.0996	906.15	2599.84	908.5	2799	1891	2.447	6.34
21	214.84	0.001181	0.0949	917.32	2600.67	919.8	2800	1880	2.47	6.322

p Bar	t oC	v' m³/kg	v'' m³/kg	u' kJ/kg	u'' kJ/kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg. K	s'' kJ/kg. K
22	217.24	0.0011851	0.09068	928.29	2601.5	930.9	2801	1870	2.492	6.305
23	219.55	0.0011892	0.08679	938.76	2601.38	941.5	2801	1860	2.514	6.288
24	221.77	0.0011932	0.08324	948.94	2602.22	951.8	2802	1850	2.534	6.272
25	223.93	0.0011972	0.07993	958.81	2602.18	961.8	2802	1840	2.554	6.256
26	226.03	0.0012012	0.07688	968.68	2603.11	971.8	2803	1831	2.573	6.242
27	228.06	0.001205	0.07406	978.05	2603.04	981.3	2803	1822	2.592	6.227
28	230.04	0.0012088	0.07141	987.02	2603.05	990.4	2803	1813	2.611	6.213
29	231.96	0.0012126	0.06895	995.88	2603.05	999.4	2803	1804	2.628	6.199
30	233.83	0.0012163	0.06665	1004.65	2604.05	1008.3	2804	1796	2.646	6.186
32	237.44	0.0012238	0.06246	1021.38	2603.13	1025.3	2803	1778	2.679	6.161
34	240.88	0.001231	0.05875	1037.71	2603.25	1041.9	2803	1761	2.71	6.137
36	244.16	0.001238	0.05543	1053.04	2602.45	1057.5	2802	1745	2.74	6.113
38	241.31	0.001245	0.05246	1067.97	2602.65	1072.7	2802	1729	2.769	6.091
40	250.33	0.001242	0.04977	1082.53	2601.92	1087.5	2801	1713	2.796	6.07
42	253.24	0.0012588	0.04732	1096.41	2601.26	1101.7	2800	1698	2.823	6.049
44	256.05	0.0012656	0.04508	1109.73	2599.65	1115.3	2798	1683	2.849	6.029
46	258.75	0.0012724	0.04305	1122.95	2598.97	1128.8	2797	1668	2.874	6.01
48	261.37	0.001279	0.04118	1135.66	2598.34	1141.8	2796	1654	2.898	5.991
50	263.91	0.0012857	0.03944	1147.97	2596.8	1154.4	2794	1640	2.921	5.973
55	269.94	0.0013021	0.03564	1177.74	2593.98	1184.9	2790	1604.6	2.976	5.93
60	275.56	0.0013185	0.03243	1205.99	2590.42	1213.9	2785	1570.8	3.027	5.89
65	280.83	0.0013347	0.02973	1232.62	2585.76	1241.3	2779	1537.5	3.076	5.851
70	285.8	0.001351	0.02737	1257.94	2580.41	1267.4	2772	1504.9	3.122	5.814
75	290.5	0.001367	0.02532	1282.45	2576.1	1292.7	2766	1472.8	3.166	5.779
80	294.98	0.001384	0.02352	1305.93	2569.84	1317	2758	1441.1	3.208	5.745
85	299.24	0.001405	0.02192	1328.86	2564.68	1340.8	2751	1409.8	3.248	5.711
90	303.22	0.001417	0.02048	1350.94	2558.68	1363.7	2743	1379.3	3.287	5.678
95	307.22	0.001435	0.01919	1372.27	2551.7	1385.9	2734	1348.4	3.324	5.646
100	310.96	0.001452	0.01803	1393.18	2544.7	1407.7	2725	1317	3.36	5.615
110	318.04	0.001489	0.01598	1433.82	2529.22	1450.2	2705	1255	3.43	5.553
120	324.63	0.001527	0.01426	1472.78	2513.88	1491.1	2685	1193.5	3.496	5.492
130	330.81	0.001567	0.01277	1511.13	2495.99	1531.5	2662	1130.8	3.561	5.432
140	336.63	0.001611	0.01149	1548.25	2477.14	1570.8	2638	1066.9	3.623	5.372
150	342.11	0.001658	0.01035	1585.13	2455.75	1610	2611	1001.1	3.684	5.31
160	347.32	0.00171	0.00932	1622.64	2432.91	1650	2582	932	3.746	5.247
170	352.26	0.001768	0.00968	1659.94	2483.41	1690	2648	858.3	3.807	5.177
180	356.96	0.001837	0.0075	1698.93	2374.93	1732	2510	778.2	3.871	5.107
190	361.44	0.00192	0.00668	1739.5	2339.08	1776	2466	690	3.938	5.027
200	365.71	0.00204	0.00585	1786.2	2293	1827	2410	583	4.015	4.928
210	369.79	0.00221	0.00498	1841.59	2231.42	1888	2336	448	4.108	4.803
220	373.7	0.00273	0.00367	1955.94	2087.26	2016	2168	152	4.303	4.591

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

p; bar	t°C	20	40	60	80	100	120	140	160	180
0.04	v	0.0010018	36.12	38.45	40.75	43.07	45.39	47.96	50.01	52.31
	l	83.7	2574	2612	2650	2688	2726	2764	2803	2841
	s	0.2964	8.537	8.651	8.762	8.867	8.966	9.060	9.150	9.238
	u	83.70	2429.52	2458.20	2487.00	2515.72	2544.44	2572.16	2602.96	2631.76
0.08	v	0.0010018	0.0010079	19.19	20.34	21.5	22.66	23.82	24.97	26.13
	l	83.7	167.5	2612	2650	2688	2726	2764	2802	2841
	s	0.2964	0.5715	8.331	8.441	8.546	8.645	8.74	8.83	8.917
	u	83.69	167.49	2458.48	2487.28	2516.00	2544.72	2573.44	2602.24	2631.96
0.10	v	0.0010018	0.0010079	15.35	16.27	17.2	18.13	19.06	19.98	20.9
	l	83.7	167.5	2611	2649	2688	2726	2764	2802	2841
	s	0.2964	0.5715	8.227	8.337	8.442	8.542	8.636	8.727	8.814
	u	83.69	167.49	2457.50	2486.30	2516.00	2544.70	2573.40	2602.20	2632.00
0.12	v	0.0010018	0.0010079	12.79	13.55	14.33	15.1	15.87	16.64	17.42
	l	83.7	167.5	2611	2649	2687	2725	2764	2802	2841
	s	0.2964	0.5715	8.143	8.253	8.358	8.457	8.552	8.643	8.730
	u	83.69	167.49	2457.52	2486.40	2515.04	2543.80	2573.56	2602.32	2631.96
0.14	v	0.0010018	0.0010079	10.95	11.61	12.27	12.94	13.6	14.26	14.92
	l	83.7	167.5	2611	2649	2687	2725	2763	2802	2840
	s	0.2964	0.5715	8.071	8.181	8.287	8.386	8.481	8.572	8.659
	u	83.69	167.49	2457.70	2486.46	2515.22	2543.84	2572.60	2602.36	2631.12
0.16	v	0.0010018	0.0010079	9.573	10.160	10.740	11.320	11.899	12.478	13.057
	l	83.7	167.5	2610	2649	2687	2725	2763	2802	2840
	s	0.2964	0.5715	8.009	8.120	8.225	8.324	8.419	8.510	8.597
	u	83.68	167.48	2456.83	2486.44	2515.16	2543.88	2572.62	2602.35	2631.09
0.2	v	0.0010018	0.0010079	0.001017	8.119	8.584	9.049	9.513	9.977	10.441
	l	83.7	167.5	251.1	2648	2687	2725	2763	2801	2840
	s	0.2964	0.5715	0.8307	8.015	8.120	8.220	8.315	8.406	8.493
	u	83.68	167.48	251.08	2485.62	2515.32	2544.02	2572.74	2601.46	2631.18
0.3	v	0.0010018	0.0010079	0.001017	5.400	5.713	6.025	6.335	6.645	6.955
	l	83.7	167.5	251.1	2646	2685	2724	2762	2801	2839
	s	0.2964	0.5715	0.8307	7.825	7.931	8.031	8.126	8.217	8.304
	u	83.67	167.47	251.07	2484.00	2513.61	2543.25	2571.95	2601.65	2630.35
1.0	v	0.0010018	0.0010079	0.001017	0.001029	1.695	1.795	1.889	1.984	2.078
	l	83.7	167.5	251.1	334.9	2676	2717	2757	2796	2835
	s	0.2964	0.5715	0.8307	1.0748	7.361	7.4665	7.562	7.654	7.743
	u	83.60	167.40	251.00	334.80	2506.50	2537.50	2568.10	2597.60	2627.20
1.2	v	0.0010018	0.0010079	0.001017	0.001029	0.0010434	1.491	1.572	1.65	1.729
	l	83.7	167.5	251.1	334.9	419.0	2715	2755	2795	2834
	s	0.2964	0.5715	0.8307	1.0748	1.3067	7.376	7.475	7.568	7.657
	u	83.58	167.38	250.98	334.78	418.87	2536.08	2566.36	2597.00	2626.52

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

p, bar	t°C	200	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
0.04	v	54.63	56.93	59.24	61.56	63.87	66.18	71.96	77.73	85.31	89.28	100.84
	l	2880	2918	2958	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	s	9.321	9.402	9.479	9.554	9.627	9.698	9.866	10.024	10.174	10.371	10.585
	u	2661.48	2690.28	2721.04	2750.76	2781.52	2812.28	2889.16	2969.08	3042.76	3132.88	3303.64
0.08	v	27.29	28.44	29.6	30.75	31.9	33.06	35.94	38.84	41.72	44.61	50.38
	l	2880	2918	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3701
	s	9.000	9.081	9.159	9.234	9.306	9.377	9.546	9.704	9.854	9.997	10.265
	u	2661.68	2690.48	2720.20	2751.00	2781.80	2812.52	2889.48	2969.28	3050.24	3133.12	3297.96
0.10	v	21.83	22.76	23.68	24.60	25.53	26.46	28.76	31.08	33.39	35.70	40.32
	l	2879	2981	2957	1997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8.897	8.978	9.056	9.131	9.203	9.274	9.443	9.601	9.751	9.895	10.162
	u	2660.70	2753.40	2720.20	1751.00	2781.70	2812.40	2889.40	2969.20	3050.10	3133.00	3303.80
0.12	v	18.19	18.96	19.37	20.50	21.27	22.04	23.96	25.89	27.82	29.74	33.6
	l	2897	2981	2957	2996	3036	3177	3177	3280	3384	3490	377
	s	8.813	8.894	8.972	9.047	9.199	9.190	9.359	9.517	9.667	9.810	10.078
	u	2678.72	2753.48	2724.56	2750.00	2780.76	2912.52	2889.48	2969.32	3050.16	3133.12	-365.50
0.14	v	15.58	16.24	16.9	17.56	18.22	18.88	20.53	22.18	29.83	25.49	28.79
	l	2897	2918	2957	2997	3037	3077	3077	3280	3384	3490	3707
	s	8.742	8.823	8.9	8.975	9.048	9.119	9.288	9.446	9.596	9.739	10.007
	u	2678.88	2690.64	2720.40	2751.16	2781.92	2812.68	2789.58	2969.48	2966.38	3133.14	3303.94
0.16	v	13.635	14.231	14.79	15.367	15.943	16.52	17.96	19.41	20.85	22.92	25.18
	l	2897	2981	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8.680	8.761	8.838	8.913	8.986	9.057	9.226	9.384	9.534	9.678	9.945
	u	2678.84	2753.30	2720.36	2751.13	2781.91	2812.68	2889.64	2969.44	3050.40	3123.28	3304.12
0.2	v	10.905	11.369	11.832	10.295	12.758	13.220	14.376	15.530	16.68	17.82	20.15
	l	2897	2981	2957	2996	3036	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8.576	8.657	8.735	8.81	8.883	8.954	9.123	9.281	9.431	9.575	9.842
	u	2678.90	2753.62	2720.36	2790.10	2780.84	2812.60	2889.48	2969.40	3050.40	3133.60	3304.00
0.3	v	7.246	7.573	7.882	8.191	8.500	8.809	9.58	10.351	11.121	11.891	13.430
	l	2878	2917	2956	2.996	3036	3075	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8.388	8.469	8.547	8.622	8.695	8.766	8.935	9.093	9.244	9.388	9.655
	u	2660.62	2689.81	2719.54	-242.73	2781.00	2810.73	2889.60	2969.47	3050.37	3133.27	3304.10
1.0	v	3.172	2.266	2.358	2.452	2.545	2.638	2.871	3.102	3.334	3.565	4.028
	l	2875	2914	2954	2993	3033	3074	3175	3278	3382	3488	3706
	s	7.828	7.910	7.988	8.064	8.139	8.211	8.381	8.541	8.690	8.833	9.097
	u	2557.80	2687.40	2718.20	2747.80	2778.50	2810.20	2887.90	2967.80	3048.60	3131.50	3303.20
1.2	v	1.807	1.886	1.964	2.042	2.120	2.197	2.391	2.584	2.777	2.97	3.357
	l	2874	2913	2953	2993	3033	3073	3174	3278	3382	3488	3705
	s	7.742	7.824	7.903	7.979	8.053	8.126	8.296	8.456	8.606	8.749	9.013
	u	2657.16	2686.68	2717.32	2747.96	2778.60	2809.36	2887.08	2967.92	3048.76	3131.60	3302.16

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

Pi bar	t°C	20	40	60	80	100	120	140	160	180
6.0	v	0.0010015	0.0010076	0.001007	0.001029	0.0010432	0.00106	0.0010797	0.3167	0.3348
	l	84.3	167.9	251.5	335.2	419.1	503.7	589.1	2759	2805
	s	0.2964	0.7516	0.8302	1.0744	1.3062	1.5265	1.738	6.767	6.869
	u	83.70	167.30	250.90	334.58	418.47	503.06	588.45	2568.98	2604.12
8.0	v	0.0010015	0.0010076	0.001017	0.001029	0.0010431	0.0010600	0.0010795	0.0011020	0.2473
	l	84.5	168.1	251.7	335.3	419.2	503.8	589.1	6.753	2792
	s	0.2962	0.5714	0.8300	1.0743	1.3060	1.5263	1.737	1.941	6.715
	u	83.70	167.29	250.89	334.48	418.37	502.95	588.24	5.87	2594.16
10	v	0.0010014	0.0010075	0.001017	0.001029	0.0010430	0.00106	0.0010794	0.001102	0.1949
	l	84.7	168.3	251.8	335.4	419.3	503.9	589.2	675.4	2778
	s	0.2960	0.5712	0.8298	1.0744	1.3058	1.5261	1.737	1.941	6.588
	u	83.70	167.29	250.78	334.37	418.26	502.84	588.12	674.30	2583.10
12	v	0.0010013	0.0010074	0.001017	0.001028	0.0010429	0.00106	0.0010793	0.001102	0.1645
	l	84.9	168.5	251.9	335.5	419.4	504.0	598.3	675.5	2790
	s	0.2959	0.5711	0.8297	1.0738	1.3056	1.5259	1.737	1.94	6534
	u	83.70	167.29	250.68	334.27	418.15	502.73	597.00	674.18	2592.60
14	v	0.0010012	0.0010073	0.001016	0.001028	0.0010427	0.00106	0.0010792	0.001102	0.00113
	l	85.1	168.7	251.1	335.7	419.6	504.2	598.5	675.7	763.2
	s	0.2958	0.5710	0.8296	1.0736	1.3054	1.5257	1.736	1.94	2.137
	u	83.70	167.29	249.68	334.26	418.14	502.72	596.99	674.16	761.62
16	v	0.0010011	0.0010072	0.00163	0.001028	0.0010426	0.00106	0.0010790	0.001101	0.0011270
	l	85.3	168.8	252.2	335.8	419.7	504.3	589.6	675.7	763.2
	s	0.2958	0.5710	0.8296	1.0735	1.3052	1.5256	1.736	1.940	2.137
	u	83.70	167.19	249.59	334.15	418.03	502.60	587.87	673.94	761.40
18	v	0.0010010	0.0010071	0.001016	0.001028	0.0010425	0.001059	0.0010789	0.001101	0.00113
	l	85.5	169.0	252.4	336.0	419.9	504.5	589.8	675.8	763.2
	s	0.2957	0.5709	0.8295	1.0733	1.3050	1.5254	1.736	1.939	2.136
	u	83.70	167.19	250.57	334.15	418.02	502.59	587.86	673.82	761.17
20	v	0.0010009	0.0010070	0.001016	0.0010280	0.0010424	0.001059	0.0010788	0.001101	0.00113
	l	85.7	169.2	252.6	336.2	420.1	504.7	589.9	675.9	763.2
	s	0.2957	0.5708	0.8294	1.0731	1.3048	1.5252	1.736	1.939	2.136
	u	83.70	167.19	250.57	334.14	418.02	502.58	587.74	673.70	760.95
30	v	0.0010004	0.0010065	0.001016	0.001028	0.0010419	0.001059	0.0010782	0.0011	0.00113
	l	86.7	170.1	253.5	337.0	420.9	505.4	590.6	676.4	763.7
	s	0.2956	0.5707	0.8290	1.0726	1.3038	1.5244	1.735	1.938	2.134
	u	83.70	167.08	250.45	333.92	417.77	502.22	587.37	673.10	760.32

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

p bar	t°C	200	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
6	v	0.352	0.3688	0.3855	0.4019	0.4181	0.4342	0.4741	0.5136	0.5528	0.5919	0.6697
	l	2849	2891	2933	2975	3017	3059	3164	3270	3376	3483	3701
	s	6.963	7.051	7.135	7.215	7.292	7.366	7.541	7.704	7.857	8.001	8.266
	u	2637.8	2669.72	2701.7	2733.86	2766.14	2798.48	2879.54	2961.84	3044.32	3127.86	3299.2
8	v	0.2609	0.2739	0.2867	0.2993	0.3118	0.324	0.3542	0.3842	0.4137	0.4432	0.5018
	l	2839	2883	2926	2969	3011	3054	3160	3267	3373	3481	3699
	s	6.841	6.905	6.991	7.073	7.151	7.226	7.404	7.568	7.722	7.866	8.132
	u	2630.28	2663.88	2696.64	2729.56	2761.56	2794.8	2876.64	2959.64	3042.04	3126.44	3297.6
10	v	0.206	0.2169	0.2274	0.2377	0.2478	0.2578	0.2822	0.3065	0.3303	0.3539	0.401
	l	2827	2874	2918	2962	3005	3058	3156	3263	3370	3479	3698
	s	6.692	6.788	6.877	6.961	7.04	7.116	7.296	7.461	7.615	7.761	8.027
	u	2621	2657.1	2690.6	2724.3	2757.2	2800.2	2873.6	2956.5	3039.7	3125.1	3297
12	v	0.1693	0.1788	0.1879	0.1967	0.2054	0.2139	0.2343	0.2547	0.2747	0.2944	0.333
	l	2816	2865	2911	2955	2999	3042	3151	3260	3364	3477	3696
	s	6.588	6.688	6.778	6.866	6.947	7.025	7.206	7.373	7.529	7.674	7.942
	u	2612.84	2650.44	2685.52	2718.04	2752.52	2785.32	2869.84	2954.36	3034.36	3123.72	3296.4
14	v	0.1429	0.1515	0.1596	0.1673	0.1748	0.1823	0.2001	0.2176	0.2349	0.252	0.285
	l	2803	2855	2902	2948	2992	3036	3147	3256	3365	3474	3695
	s	6.497	6.602	6.697	6.784	6.867	6.945	7.13	7.299	7.455	7.601	7.87
	u	2602.94	2642.9	2678.56	2713.78	2747.28	2780.78	2868.86	2951.36	3036.14	3121.2	3296
16	v	0.00116	0.1309	0.1382	0.1452	0.1519	0.1585	0.1743	0.1899	0.2051	0.2201	0.249
	l	852.4	2844	2893	2940	2986	3030	3142	3253	3363	3472	3691
	s	2.329	6.524	6.622	6.711	6.796	6.877	7.063	7.233	7.39	7.537	7.804
	u	850.55	2634.56	2671.88	2707.68	2742.96	2776.4	2863.12	2949.16	3034.84	3119.84	3292.6
18	v	0.00116	0.1149	0.1216	0.128	0.1341	0.1401	0.1545	0.1683	0.1819	0.1953	0.2211
	l	852.4	2833	2884	2932	2979	3025	3138	3249	3360	3470	3690
	s	2.328	6.452	6.554	6.646	6.732	6.814	7.003	7.175	7.333	7.48	7.75
	u	850.32	2626.18	2665.12	2701.6	2737.62	2772.82	2859.9	2946.06	3032.58	3118.46	3292
20	v	0.00116	0.1021	1.084	0.1143	0.12	0.1255	0.1384	0.1511	0.1634	0.1755	0.199
	l	852.4	2821	2875	2924	2972	3019	3134	3246	3357	3468	3690
	s	2.328	6.385	6.491	6.586	6.674	6.757	6.946	7.122	7.282	7.429	7.701
	u	850.09	2616.8	707	2695.4	2732	2768	2857.2	2943.8	3030.2	3117	3292
30	v	0.00116	0.001189	0.06826	0.07294	0.0772	0.08119	0.09051	0.09929	0.1078	0.1161	0.1325
	l	852.6	943.5	2823	2882	2937	2988	3111	3229	3343	3456	3682
	s	2.836	2.514	6.225	6.337	6.438	6.53	6.735	6.916	7.08	7.231	7.506
	u	849.13	939.93	2618.22	2663.18	2705.4	2744.43	2839.47	2931.13	3019.6	3107.7	3284.5

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

p bar	t°C	20	40	60	80	100	120	140	160	180
80	v	0.000983	0.0010004	0.001013	0.001025	0.00104	0.001056	0.001097	0.001122	
	l	91.3	174.6	257.8	341.2	424.9	509.1	593.4	679.6	766.7
	s	0.2943	0.5686	0.826	1.0689	1.2996	1.5198	1.73	1.931	2.126
	u	83.44	166.6	249.69	333	416.58	500.65	584.62	670.62	766.7
90	v	0.000998	0.0010038	0.001013	0.001025	0.001039	0.001056	0.001075	0.001097	0.001121
	l	92.3	175.5	258.7	342.1	425.7	509.8	594.6	680.3	767.4
	s	0.2941	0.5681	0.8253	1.0682	1.2988	1.5189	1.729	1.93	2.125
	u	83.32	166.47	249.58	332.88	416.35	500.3	584.93	670.43	757.31
100	v	0.000998	0.0010031	0.001013	0.001025	0.001039	0.001055	0.001074	0.001096	0.00112
	l	93.2	176.9	259.6	342.9	426.5	510.5	595.3	681	768
	s	0.2939	0.5674	0.8247	1.0676	1.2982	1.5182	1.718	1.929	2.123
	u	83.23	166.87	249.48	332.66	416.11	499.95	584.56	670.04	756.8
120	v	0.000997	0.0010024	0.001012	0.001024	0.001038	0.001054	0.001073	0.001095	0.001119
	l	95.5	178.2	261.4	344.6	428.1	512	596.7	682.4	769.1
	s	0.2935	0.5668	0.8236	1.0662	1.2967	1.5165	1.727	1.927	2.121
	u	83.54	166.17	249.26	332.32	415.65	499.35	583.82	669.26	755.67
130	v	0.000996	0.001002	0.001011	0.001023	0.001057	0.001054	0.001073	0.001094	0.001118
	l	96	179	262.2	345.4	428.9	512.7	597.4	683	769.7
	s	0.2931	0.5664	0.823	0.0655	1.2959	1.5156	1.726	1.926	2.119
	u	83.05	165.97	249.05	332.1	415.16	499	583.46	668.78	755.16
140	v	0.000996	0.0010016	0.001011	0.001023	0.001037	0.001053	0.001072	0.001099	0.001117
	l	96.9	179.9	263	346.2	429.6	513.1	598	683.6	770.2
	s	0.293	0.566	0.8224	1.0648	1.2951	1.5148	1.724	1.925	2.118
	u	82.96	165.88	248.85	331.88	415.08	498.35	582.99	668.21	754.56
160	v	0.000995	0.0010007	0.00101	0.001022	0.001036	0.001052	0.001071	0.001092	0.001116
	l	98.9	181.7	264.7	347.9	431.2	524.9	599.4	684.9	771.3
	s	0.2925	0.5653	0.8212	1.0634	1.2937	1.5131	1.722	1.922	2.116
	u	82.98	165.69	248.54	331.55	414.63	508.06	582.27	667.43	753.45
240	v	0.000991	0.0009973	0.001007	0.001018	0.001032	0.001048	0.001066	0.001086	0.00111
	l	106.4	188.8	271.5	254.3	437.2	520.8	604.6	689.9	775.7
	s	0.2911	0.5625	0.8169	0.0582	1.2881	1.5062	1.715	1.915	2.108
	u	82.61	164.86	247.34	229.86	412.43	495.65	579.02	663.83	749.07
300	v	0.000989	0.0009949	0.001004	0.001016	0.001029	0.001045	0.001066	0.001083	0.001105
	l	112	194.1	276.5	359.1	441.9	525.1	609	693.6	779.1
	s	0.2902	0.5603	0.814	0.0545	1.2864	1.5024	1.709	1.908	2.1
	u	82.34	164.25	246.38	328.63	411.02	493.75	577.01	661.13	745.95

Bảng 5. Nước chưa sôi và hơi quá nhiệt

p; bar	t°C	200	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
80	v	0.00115	0.0012	0.001221	0.0013	0.00136	0.0249	0.03003	0.03438	0.03821	0.0418	0.0484
	l	855.0	945.1	1037.9	1134.4	1235.4	2784	2985	3135	3270	3397	3640
	s	2.317	2.504	2.688	2.873	3.059	5.788	6.126	6.358	6.552	6.722	7.019
	u	845.80	935.63	1028.13	1124.25	1224.54	2584.80	2744.76	2859.96	2964.32	3062.84	3252.48
90	v		0.001220				0.001401					
	l	855.5	945.2	1038.1	1134.2	1234.9	1344.4	2954	3114	3254	3386	3631
	s	2.316	2.502	2.686	2.870	3.056	3.249	6.033	6.280	6.481	6.656	6.957
	u	845.15	934.56	1027.11	1122.80	1222.98	1331.79	2721.26	2843.91	2952.14	3054.80	3245.35
100	v		0.001218				0.001397					
	l	856.0	945.8	1038.3	1134.1	1234.5	1342.2	2920	3093	3239	3372	3621
	s	2.314	2.500	2.684	2.868	3.053	3.244	5.940	6.20	6.416	6.596	6.901
	u	844.52	934.00	1026.12	1121.45	1221.28	1328.23	2695.30	2828.40	2941.10	3043.90	3216.00
120	v		0.001216				0.001388					
	l	901.5	946.6	1038.7	1133.9	1231.7	1340.0	2844	3049	3206	3347	3603
	s	2.404	2.497	2.680	2.863	3.046	3.235	5.755	6.071	6.298	6.487	6.803
	u	887.55	932.45	1024.10	1118.77	1219.90	1323.34	2636.88	2795.44	2916.32	3025.28	3223.44
130	v		0.001215				0.001384					
	l	857.4	946.9	1038.9	1133.8	1233.3	1339.0	2799	3026	3189	3334	3294
	s	2.309	2.495	2.678	2.860	3.043	3.230	5.657	6.006	6.243	6.138	6.758
	u	842.50	931.59	1023.11	1117.43	1216.22	1321.00	2602.18	2778.35	2903.39	3015.50	2916.61
140	v		0.001213				0.001380					
	l	857.9	947.3	1039.1	1133.8	1232.9	1338.0	2750	3000	3172	3321	3585
	s	2.308	2.493	2.676	2.858	3.040	3.226	5.550	5.942	6.190	6.390	6.716
	u	841.87	930.83	1022.11	1116.20	1214.54	1318.67	2564.50	2758.36	2890.60	3005.72	3209.38
160	v		0.001210				0.001373					
	l	858.8	948.0	1039.5	1133.7	1232.2	1336.2	2612	2945	3137	3294	3567
	s	2.305	2.489	2.672	2.853	3.035	3.218	5.302	5.816	6.090	6.303	6.640
	u	840.51	929.21	1020.13	1113.64	1211.30	1314.22	2455.52	2716.36	2864.36	2985.20	3148.20
240	v		0.001200				0.001375					
	l	862.6	950.9	1041.3	1134.0	1230.3	1331.2	1625	2638	2971	3174	3493
	s	2.295	2.477	2.657	2.835	3.011	3.190	3.684	5.236	5.723	5.999	6.394
	u	835.34	922.92	1012.49	1104.23	1199.38	1298.20	1586.31	2475.76	2736.52	2892.24	3138.28
300	v		0.001193				0.001331					
	l	865.4	953.3	1042.9	1134.7	1229.0	1329.0	1608	2155	2616	3073	3434
	s	2.287	2.468	2.647	2.822	2.996	3.171	3.640	4.476	5.446	5.799	6.242
	u	831.49	918.51	1007.11	1097.76	1190.71	1289.07	1561.32	2070.10	2414.40	2812.30	3090.80

Bảng 6. Thông số vật lý của không khí khô ở $p = 760 \text{ mmHg}$

$t, ^\circ\text{C}$	ρ kg/m^3	C_p , kJ/kg.K	$\lambda \cdot 10$ W/m.K	$a \cdot 10^6$ m/s	$\mu \cdot 10^6$ Pa.s	$\nu \cdot 10^6$ m^2/s	Pr
-50	1.584	1.013	2.040	17.200	14.600	9.230	0.728
-40	1.515	1.013	2.12	13.8	15.2	10.04	0.728
-30	1.453	1.013	2.20	14.9	15.7	10.80	0.723
-20	1.395	1.009	2.28	16.2	16.2	12.79	0.716
-10	1.345	1.009	2.36	17.4	16.7	12.43	0.712
0	1.293	1.005	2.44	18.8	17.2	13.28	0.707
10	1.247	1.005	2.51	20.0	17.6	14.16	0.705
20	1.205	1.005	2.59	21.4	18.1	15.06	0.703
30	1.165	1.005	2.67	22.9	18.6	16.00	0.701
40	1.128	1.005	2.76	24.3	19.1	16.96	0.699
50	1.093	1.005	2.83	25.7	19.6	17.95	0.698
60	1.060	1.005	2.90	27.2	20.1	18.97	0.696
70	1.029	1.009	2.96	28.6	20.6	20.02	0.694
80	1.000	1.009	3.05	30.2	21.1	21.09	0.692
90	0.972	1.009	3.13	31.9	21.5	22.10	0.690
100	0.946	1.009	3.21	33.6	21.9	23.13	0.688
120	0.898	1.009	3.34	36.8	22.8	24.45	0.686
140	0.854	1.013	3.49	40.3	23.7	27.80	0.684
160	0.815	1.017	3.64	43.9	24.5	30.09	0.682
180	0.779	1.022	3.78	47.5	25.3	32.49	0.681
200	0.746	1.026	3.93	51.4	26.0	34.85	0.680
250	0.674	1.039	4.27	61.0	27.4	40.61	0.677
300	0.615	1.047	4.60	71.6	29.7	48.33	0.674
350	0.566	1.059	4.91	81.9	31.4	55.46	0.676
400	0.524	1.068	5.21	93.1	33.0	63.09	0.678
500	0.456	1.093	5.74	115.3	36.2	79.38	0.687
600	0.404	1.114	6.22	138.3	39.1	96.89	0.699
700	0.362	1.135	6.71	163.4	41.8	115.4	0.706
800	0.329	1.156	7.18	188.8	44.3	134.8	0.713
900	0.301	1.172	7.63	216.2	46.7	155.1	0.717
1000	0.277	1.185	8.07	245.9	49.0	177.1	0.719
1100	0.257	1.197	8.50	276.2	51.2	199.3	0.722
1200	0.239	1.210	9.15	316.5	53.5	133.7	0.724

Bảng 7. Tính chất vật lý của nước trên đường bão hoà

t, oC	$P \cdot 10^{-5}$ Pa	ρ kg/m ³	i kJ/kg	C _p kJ/kgK	$\lambda \cdot 10^2$ W/mK	$a \cdot 10^8$ m ² /s	$\mu \cdot 10^6$ Ns/m ²	$\nu \cdot 10^6$ m ² /s	$\beta \cdot 10^4$ 1/K	$\sigma \cdot 10^4$ N/m	Pr
0	1.01	999.9	0	4.212	55.1	13.1	1788	1.789	-0.63	766	13.7
10	1.01	999.7	42.04	4.191	57.4	13.7	1306	1.306	0.7	741.6	9.52
20	1.01	998.2	83.91	4.183	59.9	14.3	1004	1.006	1.82	726.9	7.02
30	1.01	995.7	125.7	4.174	61.8	14.9	801.5	0.805	3.21	712.2	5.42
40	1.01	992.2	167.5	4.174	63.5	15.3	653.3	0.659	3.87	696.5	4.31
50	1.01	988.1	209.3	4.174	64.8	15.7	549.4	0.55	4.49	676.9	3.54
60	1.01	983.1	251.1	4.179	65.9	16	469.9	0.478	5.11	662.2	2.98
70	1.01	977.8	293	4.187	66.8	16.3	406.1	0.415	5.7	643.5	2.55
80	1.01	971.8	355	4.195	67.4	16.6	355.1	0.365	6.32	625.9	2.21
90	1.01	958.4	419.1	4.22	68.3	16.9	282.5	0.295	7.52	588.6	1.75
100	1.01	958.4	419.1	4.22	68.3	16.9	282.5	0.295	7.52	588.6	1.75
110	1.43	951	461.4	4.233	68.5	17	259	0.272	8.08	569	1.6
120	1.98	943.1	503.7	4.25	68.6	17.1	237.4	0.252	8.64	584.4	1.47
130	2.7	954.8	546.4	4.266	68.6	17.2	217.8	0.233	9.19	528.8	1.36
140	3.61	926.1	589.1	4.287	68.5	17.2	201.1	0.217	9.72	507.2	1.26
150	4.76	917	632.2	4.313	68.4	17.3	186.4	0.203	10.3	486.6	1.17
160	6.18	907	675.4	4.346	68.3	17.3	173.6	0.191	10.7	466	1.1
170	7.92	897.3	719.3	4.38	67.9	17.3	162.3	0.181	11.3	443.4	1.05
180	10	886.9	763.3	4.417	67.4	17.2	153	0.173	11.9	442.8	1

t, °C	$P \cdot 10^{-5}$ Pa	ρ kg/m ³	i kJ/kg	C _p kJ/kgK	$\lambda \cdot 10^2$ W/mK	$a \cdot 10^8$ m ² /s	$\mu \cdot 10^6$ Ns/m ²	$\nu \cdot 10^6$ m ² /s	$\beta \cdot 10^4$ 1/K	$\sigma \cdot 10^4$ N/m	Pr
190	12.6	876	807.8	4.459	67	17.1	144.2	0.165	12.6	400.2	0.96
200	15.6	863	852.5	4.505	66.3	17	136.4	0.158	13.3	376.7	0.93
210	19.1	852.8	897.7	4.555	65.5	16.9	130.5	0.153	14.1	354.1	0.91
220	23.2	840.3	943.7	4.614	64.5	16.6	124.6	0.148	14.8	331.6	0.89
230	28	827.3	990.2	4.681	63.7	16.4	119.7	0.145	15.9	310	0.88
240	33.5	81.6	1038	4.756	62.8	16.2	114.8	0.141	16.8	285.5	0.87
250	39.8	799	1086	4.844	61.8	15.9	109.9	0.137	18.1	261.9	0.86
260	46.9	784	1136	4.949	60.5	15.6	105.9	0.135	19.7	237.4	0.87
270	55.1	767.9	1186	5.07	59	15.1	102	0.133	21.6	214.8	0.88
280	64.2	750.7	1237	5.23	57.4	14.6	98.1	0.131	23.7	191.3	0.9
290	74.5	723.3	1290	5.485	55.8	13.9	94.2	0.129	26.2	168.7	0.93
300	85.9	712.5	1345	5.736	54	13.2	91.2	0.128	29.2	144.2	0.97
310	98.7	961.1	1402	6.071	52.3	12.5	88.3	0.128	32.9	120.7	1.03
320	113	667.1	1462	6.574	50.6	11.5	85.3	0.128	38.2	98.1	1.11
330	129	640.2	1526	7.244	48.4	10.4	81.4	0.127	43.3	76.71	1.22
340	146	610.1	1595	8.165	45.7	9.17	77.5	0.127	53.4	56.7	1.39
350	165	574.4	1671	9.504	43	7.88	72.6	0.126	66.6	38.16	1.6
360	187	528	1762	15.984	39.5	5.36	66.7	0.126	109	20.21	2.35
370	211	450.5	1893	40.321	33.7	1.86	56.9	0.126	164	4.709	6.79

Bảng 8. Thông số vật lý của không khí*($p = 760 \text{ mmHg}$; $p_{\text{CO}_2}=0,13$; $p_{\text{H}_2\text{O}}=0,11$; $p_{\text{N}_2}=0,76$)*

$t, ^\circ\text{C}$	ρ kg/m^3	C_p , kJ/kg.K	$\lambda \cdot 10$ W/m.K	$a \cdot 10^6$ m^2/s	$\mu \cdot 10^6$ Pa.s	$\nu \cdot 10^6$ m^2/s	Pr
0	1.295	1.042	2.280	16.900	15.800	12.200	0.720
100	0.950	1.068	3.13	30.8	20.4	21.54	0.690
200	0.748	1.097	4.01	48.9	24.5	32.80	0.670
300	0.617	1.122	4.84	69.9	28.6	45.81	0.650
400	0.525	1.151	5.70	94.3	31.7	60.38	0.640
500	0.457	1.185	6.56	121.1	34.8	76.30	0.630
600	0.405	1.214	7.42	150.9	37.9	93.61	0.620
700	0.363	1.239	8.27	183.8	40.7	112.10	0.610
800	0.330	1.264	9.15	219.7	43.4	131.80	0.600
900	0.301	1.290	10.00	258.0	45.9	152.50	0.590
1000	0.275	1.306	10.90	303.4	48.4	174.30	0.580
1100	0.257	1.323	11.75	345.5	50.7	197.10	0.570
1200	0.240	1.340	12.62	392.4	53.0	221.00	0.560

Bảng 9. Thông số vật lý của dầu máy biến áp

t, °C	ρ kg/m ³	C _p , kJ/kg.K	λ W/m.K	$\mu \cdot 10^4$ Pa.s	$\gamma \cdot 10^6$ m ² /s	$\alpha \cdot 10^8$ m/s	$\beta \cdot 10^4$ 1/K	Pr
0	892.500	1.549	0.112	629.80	70.50	8.14	6.80	866.0
10	886.400	1.620	0.11	335.5	37.9	7.8	6.85	484.0
20	880.300	1.666	0.11	198.2	22.5	7.6	6.90	298.0
30	874.200	1.729	0.11	128.2	14.7	7.3	6.95	202.0
40	868.200	1.788	0.11	89.4	10.3	7.0	7.00	145.0
50	862.100	1.846	0.11	63.5	7.6	6.8	7.05	111.0
60	856.000	1.905	0.11	49.5	5.8	6.6	7.10	87.8
70	850.000	1.964	0.11	38.6	4.5	6.4	7.15	71.3
80	843.900	2.026	0.11	30.8	3.7	6.2	7.20	59.3
90	837.800	2.085	0.10	25.4	3.0	6.0	7.25	50.5
100	831.800	2.144	0.10	21.3	2.6	5.8	7.30	43.9
110	825.700	2.202	0.10	18.1	2.2	5.7	7.35	38.8
120	819.600	2.261	0.10	15.7	1.9	5.5	7.40	34.9

Bảng 10. Độ đen bức xạ toàn phần của một số vật liệu

Tên vật liệu	t, °C	ϵ
Nhôm nhẵn	50 ÷ 500	0,04 ÷ 0,06
Nhôm có bề mặt nhám	20 ÷ 50	0,06 ÷ 0,07
Đồng đỏ nhẵn	50	0,1
Đồng đỏ nhám	50 ÷ 150	0,55
Vonfram	200	0,05
Vonfram	600 ÷ 1000	0,11 ÷ 0,16
Vonfram	1500 ÷ 2200	0,24 ÷ 0,31
Sắt:		
- điện phân, được đánh bóng	175 ÷ 225	0,052 ÷ 0,064
- hàn, được đánh bóng cẩn thận	40 ÷ 250	0,28
- được đánh bóng	425 ÷ 1020	0,144 ÷ 0,377
- sắt tấm chưa gia công	925 ÷ 1115	0,87 ÷ 0,95
Thép:		
- Thép tấm được mài nhẵn	940 ÷ 1100	0,52 ÷ 0,61
- Bị oxy hoá ở 600°C	200 ÷ 600	0,79
- Bị oxy hoá, bề mặt xù xì	40 ÷ 370	0,94 ÷ 0,97
Gang:		
- được đánh bóng	200	0,21
- được tiện	830 ÷ 990	0,60 ÷ 0,70
- bị oxy hoá ở 600°C	200 ÷ 600	0,64 ÷ 0,78
- xù xì, bị oxy hoá nhiều	40 ÷ 250	0,96
Vàng, được đánh bóng cẩn thận	225 ÷ 625	0,018 ÷ 0,035
Đồng thau:		
- được đánh bóng cẩn thận, thành phần khối lượng 73,2% Cu, 26,7% Zn	245 ÷ 355	0,028 ÷ 0,031
- được dát mỏng với bề mặt tự nhiên	22	0,06
- bị mờ đục	50 ÷ 350	0,22
- bị oxy hoá khi đốt nóng dưới 600°C	200 ÷ 600	0,061 ÷ 0,59
Đồng		
- điện phân, được đánh bóng cẩn thận	80	0,018
- được đánh bóng	115	0,023
- bị đốt nóng liên tục và bị phủ một lớp oxy dày	25	0,78
- khi bị oxy hoá khi đốt nóng dưới 600°C	200 ÷ 600	0,57 ÷ 0,59

Tên vật liệu	t, °C	ε
Bạch kim tinh khiết được đánh bóng	225 ÷ 625	0,054 ÷ 0,019
Các chế phẩm từ bạch kim		
- sợi mảnh	25 ÷ 1230	0,036 ÷ 0,199
- dây	115 ÷ 1735	0,073 ÷ 0,182
Thuỷ ngân tinh khiết	0 ÷ 100	0,09 ÷ 0,12
Bạc nguyên chất được đánh bóng	200 ÷ 600	0,02 ÷ 0,03
Crôm	38 ÷ 538	0,08 ÷ 0,26
Các vật liệu chịu lửa, cách nhiệt xây dựng		
Cáctông amiăng	24	0,96
Gạch samôt	1100	0,75
Gạch đỏ bề mặt xù xì	20	0,93
Sứ có tráng men	22	0,92
Vôi vữa trát xù xì	10 ÷ 90	0,91
Gỗ	70	0,91
Các loại vật liệu khác	95	0,89
Giấy	125 ÷ 625	0,81 ÷ 0,79
Than đá đã chọn rửa (độ tro 0,9%)	0 ÷ 100	0,95 ÷ 0,963
Nước	20	0,98
Bề mặt kim loại dính ướt	25	0,875
Sơn đen bóng phủ trên bề mặt thép	40 ÷ 95	0,96 ÷ 0,90
Sơn đen không bóng	100	0,92 ÷ 0,96
Các loại sơn dầu màu sắc khác nhau	20	0,39
Sơn kim nhũ (nhôm) trên thép tấm không nhẵn bóng	24	0,859
Cao su mềm đã tinh chế, màu xám	23	0,945
Cao su cứng đã được mài bóng	250 ÷ 1000	0,87 ÷ 0,72
Thuỷ tinh	0 ÷ 100	0,97 ÷ 0,93
Xi lò hơi	200 ÷ 500	0,89 ÷ 0,70
Xi lò hơi	600 ÷ 1200	0,76 ÷ 0,7
Xi lò hơi	1400 ÷ 1800	0,69 ÷ 0,67
Xi lò hơi	20	0,9
Sắt tráng men màu trắng	40 ÷ 360	0,945
Muội đèn (bỏ hóng)	20 ÷ 200	0,66
Muội đèn trên thuỷ tinh nước	50 ÷ 1000	0,96
Muội đèn trên bề mặt cứng	20	0,903
Thạch cao		

Bảng 11. R134a bão hòa theo nhiệt độ

T°C	Áp suất	Thể tích riêng		Nội năng		Entanpy			Entropy	
	P,	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/kg			kJ/kgK	
	Mpa	v'	v''	u'	u''	i'	r	i''	s'	s''
-40	0.05164	0.0007055	0.3569	-0.04	204.45	0.00	222.88	222.88	0.0000	0.9560
-36	0.06332	0.0007113	0.2947	4.68	206.73	4.73	220.67	225.40	0.0201	0.9506
-32	0.07704	0.0007172	0.2451	9.47	209.01	9.52	218.37	227.89	0.0401	0.9456
-28	0.09305	0.0007233	0.2052	14.31	211.29	14.37	216.01	230.38	0.0600	0.9411
-26	0.10199	0.0007265	0.1882	16.75	212.43	16.82	214.80	231.62	0.0699	0.9390
-24	0.11160	0.0007296	0.1728	19.21	213.57	19.29	213.57	232.86	0.0798	0.9370
-22	0.12192	0.0007328	0.1590	21.68	214.70	21.77	212.32	234.09	0.0897	0.93510
-20	0.13299	0.0007361	0.1464	24.17	215.84	24.26	211.05	235.31	0.0996	0.9332
-18	0.14483	0.0007395	0.1350	26.67	216.97	26.77	209.76	236.53	0.1094	0.9315
-16	0.15748	0.0007428	0.1247	29.18	218.10	29.30	208.45	237.75	0.1192	0.9298
-12	0.18540	0.0007498	0.1068	34.25	220.36	34.39	205.77	240.16	0.1388	0.9267
-8	0.21704	0.0007569	0.0919	39.38	222.60	39.54	203.00	242.54	0.1583	0.9239
-4	0.25274	0.0007644	0.0794	44.56	224.84	44.75	200.15	244.90	0.1777	0.9213
0	0.29282	0.0007721	0.0689	49.79	227.06	50.02	197.21	247.23	0.1970	0.9190
4	0.33765	0.0007801	0.0600	55.08	229.27	55.35	194.19	249.54	0.2162	0.9169
8	0.38756	0.0007884	0.0525	60.43	231.46	60.73	191.07	251.80	0.2354	0.9150
12	0.44294	0.0007971	0.0460	65.83	233.63	66.18	187.85	254.03	0.2545	0.9132
16	0.50416	0.0008062	0.0405	71.29	235.78	71.69	184.52	256.21	0.2735	0.9116
20	0.57160	0.0008157	0.0358	76.80	237.91	77.26	181.09	258.35	0.2924	0.9102

T ^o C	Áp suất	Thể tích riêng		Nội năng		Entanpy			Entropy	
	P _t Mpa	m ³ /kg v'	m ³ /kg v''	kJ/kg u'	kJ/kg u''	kJ/kg i'	kJ/kg r	kJ/kg i''	kJ/kgK s'	kJ/kgK s''
24	0.64566	0.0008257	0.0317	82.37	240.01	82.90	177.55	260.45	0.3113	0.9189
26	0.68530	0.0008309	0.0298	85.18	241.05	85.75	175.73	261.48	0.3208	0.9082
28	0.72675	0.0008362	0.0281	88.00	242.08	88.61	173.89	262.50	0.3302	0.9076
30	0.77006	0.0008417	0.0266	90.84	243.10	91.49	172.00	263.49	0.3396	0.9070
32	0.81528	0.0008473	0.0250	93.70	244.12	94.39	170.09	264.48	0.3490	0.9064
34	0.86247	0.0008530	0.0236	96.58	245.12	97.31	168.14	265.45	0.3584	0.9058
36	0.91168	0.0008590	0.0223	99.47	246.11	100.25	166.15	266.40	0.3678	0.9053
38	0.96298	0.0008651	0.0210	102.38	247.09	103.21	164.12	267.33	0.3772	0.9047
40	1.10640	0.0008714	0.0199	105.30	248.06	106.19	162.05	268.24	0.3866	0.9041
42	1.07200	0.0008780	0.0188	108.25	249.02	109.19	159.94	269.13	0.3960	0.9035
44	1.12990	0.0008847	0.0177	111.22	249.96	112.22	157.79	270.01	0.4054	0.9030
48	1.25260	0.0008989	0.0159	117.22	251.79	118.35	153.33	271.68	0.4243	0.0170
52	1.38510	0.0009142	0.0142	123.31	253.55	124.58	148.66	273.24	0.4432	0.9004
56	1.52780	0.0009308	0.0127	129.51	255.23	130.93	143.75	274.68	0.4622	0.8990
60	1.68130	0.0009488	0.0114	135.82	256.81	137.42	138.57	275.99	0.4814	0.8973
70	2.11620	0.0010027	0.0086	152.22	260.15	154.34	124.08	278.42	0.5302	0.8918
80	2.63240	0.0010766	0.0064	169.88	262.14	172.71	106.41	279.12	0.5814	0.8827
90	3.24350	0.0011949	0.0046	189.82	261.34	193.69	82.63	276.32	0.6380	0.8655
100	3.97420	0.0015443	0.0027	218.60	248.49	224.74	34.40	259.14	0.7196	0.8117

Bảng 12. R134a bão hòa tra theo áp suất

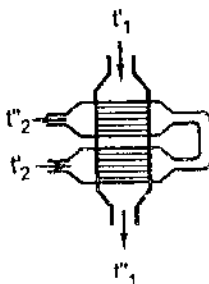
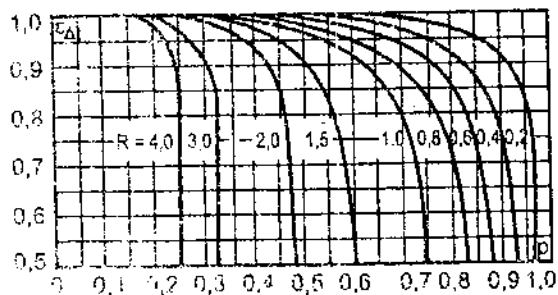
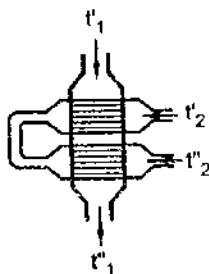
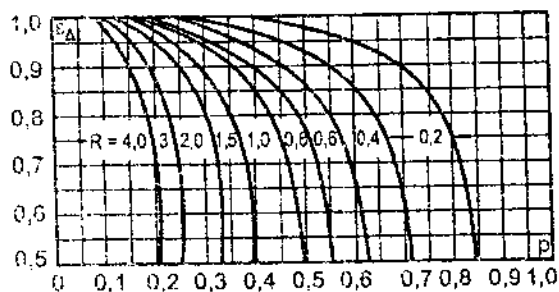
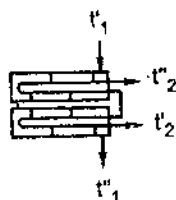
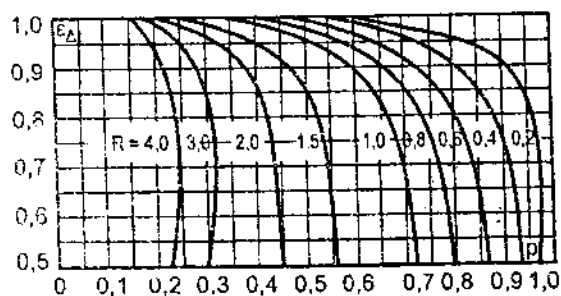
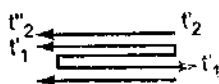
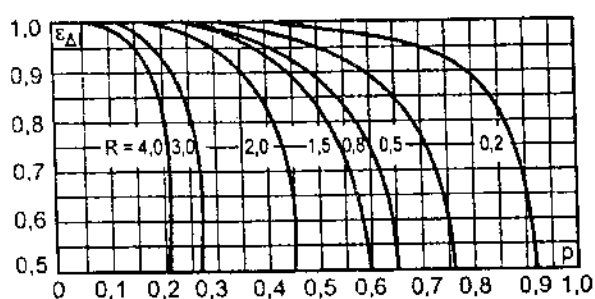
Áp suất P_s Mpa	T_s , °C	Thể tích riêng m ³ /kg		Nội năng kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kgK	
		v'	v''	u'	u''	i'	r	i''	s'	s''
0.06	-37.07	0.0007097	0.3100	3.41	206.12	3.46	221.27	224.73	0.1470	0.9520
0.08	-31.21	0.0007184	0.2366	10.41	209.46	10.47	217.92	228.39	0.0440	0.9447
0.10	-26.43	0.0007258	0.1917	16.22	212.18	16.29	215.06	231.35	0.0678	0.9395
0.12	-22.36	0.0007323	0.1614	21.23	214.50	21.32	212.54	233.86	0.0879	0.9354
0.14	-18.80	0.0007738	0.1395	25.66	216.52	25.77	210.27	236.04	0.1055	0.9322
0.16	-15.62	0.0007435	0.1229	29.66	218.32	29.78	208.18	237.96	0.1211	0.9295
0.18	-12.73	0.0007485	0.1098	33.31	219.94	33.45	206.26	239.71	0.1352	0.9273
0.20	-10.09	0.0007532	0.0993	36.69	221.43	36.80	204.46	241.26	0.1481	0.9253
0.24	-5.37	0.0007618	0.0834	42.77	224.07	42.95	201.14	244.09	0.1710	0.9222
0.28	-1.23	0.0007697	0.0719	48.18	226.38	48.39	198.13	246.52	0.1911	0.9197
0.32	2.48	0.0007770	0.0632	53.06	228.43	53.31	195.35	248.66	0.2089	0.9177
0.36	5.84	0.0007839	0.0564	57.54	230.28	57.82	192.76	250.58	0.2251	0.9160
0.4	8.93	0.0007904	0.0509	61.69	231.97	62.00	190.32	252.32	0.2399	0.9145
0.5	15.74	0.0008056	0.0409	70.93	235.64	71.33	184.74	256.07	0.2723	0.9117
0.6	21.58	0.0008196	0.0341	78.99	238.74	79.48	179.71	259.19	0.2999	0.9097
0.7	26.72	0.0008328	0.0292	86.19	241.42	86.78	175.07	261.85	0.3242	0.9080
0.8	31.33	0.0008454	0.0255	92.75	243.78	93.42	170.73	264.15	0.3459	0.9066
0.9	35.53	0.0008576	0.0226	98.79	245.88	99.56	166.62	266.18	0.3656	0.9054
1.0	39.39	0.0008695	0.0202	104.42	247.77	105.29	162.68	267.97	0.3838	0.9043
1.2	46.32	0.0008928	0.0166	114.69	251.03	115.76	155.23	270.99	0.4164	0.9023
1.4	52.43	0.0009159	0.0140	123.98	253.74	125.26	148.14	273.40	0.4453	0.9003
1.6	57.92	0.0009392	0.1210	132.52	256.00	134.02	141.31	275.33	0.4714	0.8982
1.8	62.91	0.0009631	0.0105	140.49	257.88	42.22	134.60	176.82	0.4954	0.8959
2.0	67.49	0.0009878	0.0093	148.02	259.41	149.99	127.95	277.94	0.5178	0.8934
2.5	77.59	0.0010562	0.0069	165.48	261.84	168.12	111.06	279.18	0.5687	0.8854
3.0	86.22	0.0011416	0.0053	181.88	262.16	185.30	92.71	278.01	0.6156	0.8735

Bảng 13. Hơi R134A quá nhiệt

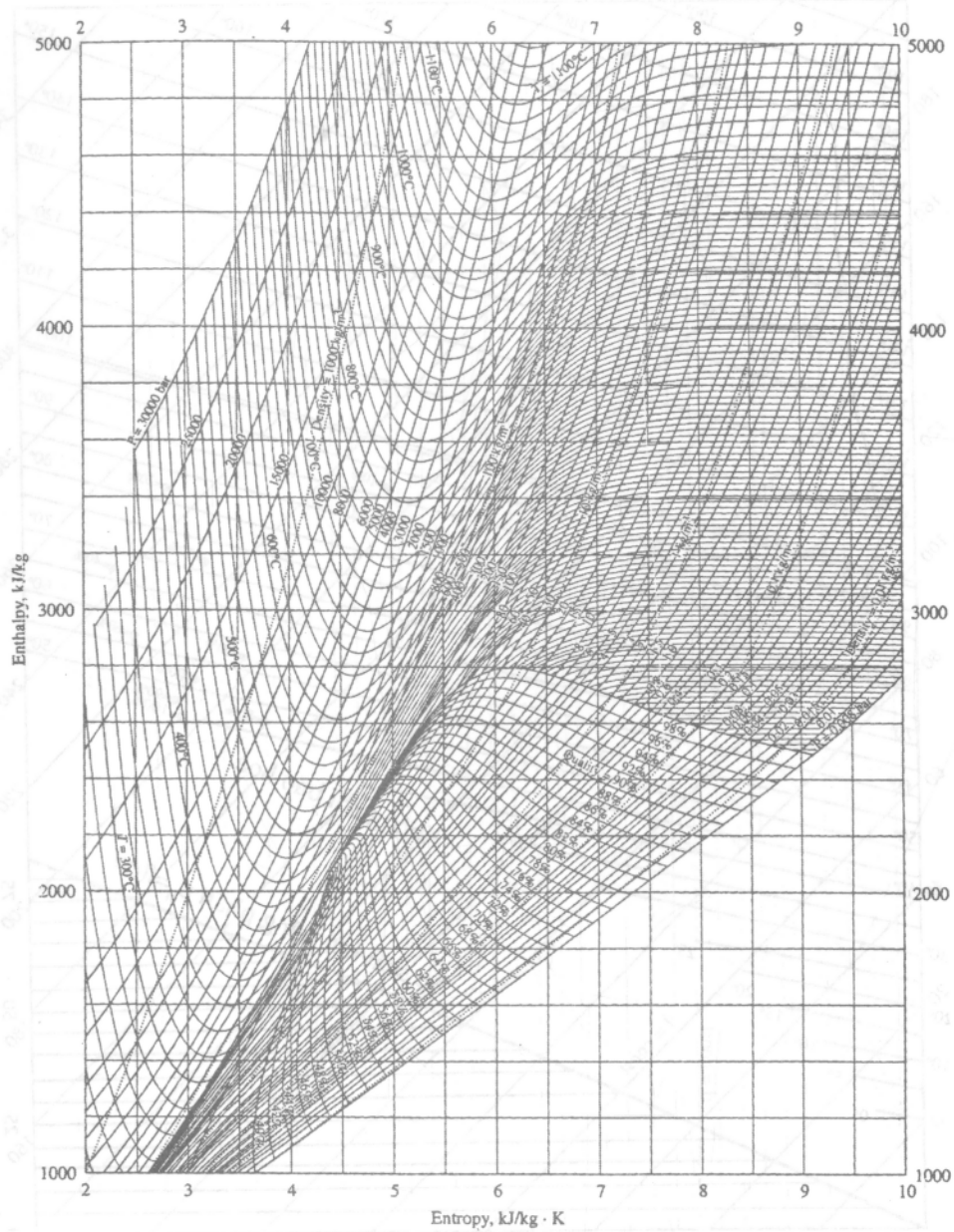
t °C	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK
	p=0.06 MPa(T _{sat} =-37.07°C)				p=0.1 MPa(T _{sat} =-26.43°C)				p=0.14 MPa(T _{sat} =-18.8°C)			
sat	0.31003	206.12		0.952	0.1917	212.18	231.35	0.9395	0.13945	216.52	236.04	0.9322
-20	0.33536	217.86	238	1.0062	0.1977	216.77	236.54	0.9602				
-10	0.34992	224.97	246	1.0371	0.20686	224.01	244.7	0.9918	0.14549	223.03	243.4	0.9606
0	0.36433	232.24	254.1	1.0675	0.21587	231.41	252.99	1.0227	0.15219	230.55	251.86	0.9922
10	0.37861	239.69	262.4	1.0973	0.22473	238.96	261.43	1.0531	0.15875	238.21	260.43	1.023
20	0.39279	247.32	270.9	1.1267	0.23349	246.67	270.02	1.0829	0.1652	246.01	269.13	1.0532
30	0.40688	255.12	279.5	1.1557	0.24216	254.54	278.76	1.1122	0.17155	253.96	277.97	1.0828
40	0.42091	263.1	288.4	1.1844	0.25076	262.58	287.66	1.1411	0.17783	262.06	286.96	1.112
50	0.43487	271.25	297.3	1.2126	0.2593	270.79	296.72	1.1696	0.18404	270.32	296.09	1.1407
60	0.44879	279.58	306.5	1.2405	0.26779	279.16	305.94	1.1977	0.1902	278.74	305.37	1.169
70	0.46266	288.08	315.8	1.2681	0.27623	287.7	315.32	1.2254	0.19633	287.32	314.8	1.1969
80	0.4765	296.75	325.3	1.2954	0.28464	296.4	324.87	1.2528	0.20241	296.06	324.39	1.2244
90	0.49031	305.58	335	1.3224	0.29302	305.27	334.57	1.2799	0.20846	304.95	334.14	1.2516
100									0.21449	314.01	334.57	1.2785
	p=0.18 MPa(T _{sat} =-12.73°C)				p=0.1 MPa(T _{sat} =-26.43°C)				p=0.14 MPa(T _{sat} =-18.8°C)			
sat	0.31003	206.12	224.7	0.952	0.1917	212.18	231.35	0.9395	0.13945	216.52	236.04	0.9322
-10	0.33536	217.86	238	1.0062	0.1977	216.77	236.54	0.9602				
0	0.34992	224.97	246	1.0371	0.20686	224.01	244.7	0.9918	0.14549	223.03	243.4	0.9606
10	0.36433	232.24	254.1	1.0675	0.21587	231.41	252.99	1.0227	0.15219	230.55	251.86	0.9922
20	0.37861	239.69	262.4	1.0973	0.22473	238.96	261.43	1.0531	0.15875	238.21	260.43	1.023

30	0.39279	247.32	270.9	1.1267	0.23349	246.67	270.02	1.0829	0.1652	246.01	269.13	1.0532
40	0.40688	255.12	279.5	1.1557	0.24216	254.54	278.76	1.1122	0.17155	253.96	277.97	1.0828
50	0.42091	263.1	288.4	1.1844	0.25076	262.58	287.66	1.1411	0.17783	262.06	286.96	1.112
60	0.43487	271.25	297.3	1.2126	0.2593	270.79	296.72	1.1696	0.18404	270.32	296.09	1.1407
70	0.44879	279.58	306.5	1.2405	0.26779	279.16	305.94	1.1977	0.1902	278.74	305.37	1.169
80	0.46266	288.08	315.8	1.2681	0.27623	287.7	315.32	1.2254	0.19633	287.32	314.8	1.1969
90	0.4765	296.75	325.3	1.2954	0.28464	296.4	324.87	1.2528	0.20241	296.06	324.39	1.2244
100	0.49031	305.58	335	1.3224	0.29302	305.27	334.57	1.2799	0.20846	304.95	334.14	1.2516
	p=0.28 Mpa ($T_{sat}=-1.23^{\circ}\text{C}$)				p=0.32 Mpa ($T_{sat}=2.48^{\circ}\text{C}$)				p=0.4 Mpa ($T_{sat}=8.93^{\circ}\text{C}$)			
Sat	0.07193	226.38	246.52	0.9197	0.06322	228.43	248.66	0.9177	0.05089	231.97	252.32	0.9145
0	0.07240	227.37	247.64	0.9238								
10	0.07613	235.44	256.76	0.9566	0.06576	234.61	255.65	0.9427	0.05119	232.87	253.35	0.9182
20	0.07972	243.59	265.91	0.9883	0.06901	242.87	264.95	0.9749	0.05397	241.37	262.96	0.9515
30	0.08320	251.83	275.12	1.0192	0.07214	251.19	274.28	1.0062	0.05662	249.89	272.54	0.9837
40	0.08660	260.17	284.42	1.0494	0.07518	259.61	283.67	1.0367	0.05917	258.47	282.14	1.0148
50	0.08992	268.64	293.81	1.0789	0.07815	268.14	293.15	1.0665	0.06164	267.13	291.79	1.0452
60	0.09319	277.23	303.32	1.1079	0.08106	276.79	302.72	1.0957	0.06405	275.89	301.51	1.0748
70	0.09641	285.96	312.95	1.1364	0.08392	285.56	312.41	1.1243	0.06641	284.75	311.32	1.1038
80	0.09960	294.82	322.71	1.1644	0.08674	294.46	322.22	1.1525	0.06873	293.73	321.23	1.1322
90	0.10275	303.83	332.60	1.1920	0.08953	303.50	332.15	1.1802	0.07102	302.84	331.25	1.1602
100	0.10587	312.98	342.62	1.2193	0.09229	312.68	342.21	1.2076	0.07327	312.07	341.38	1.1878
110	0.10897	322.27	352.78	1.2345	0.09503	322.00	352.40	1.2345	0.07550	321.44	351.64	1.2149
120	0.11205	331.71	363.08	1.2727	0.09774	331.45	362.73	1.2611	0.07771	330.94	362.03	1.2417
130									0.07991	340.58	372.54	1.2681
140									0.08208	350.35	383.18	1.2941

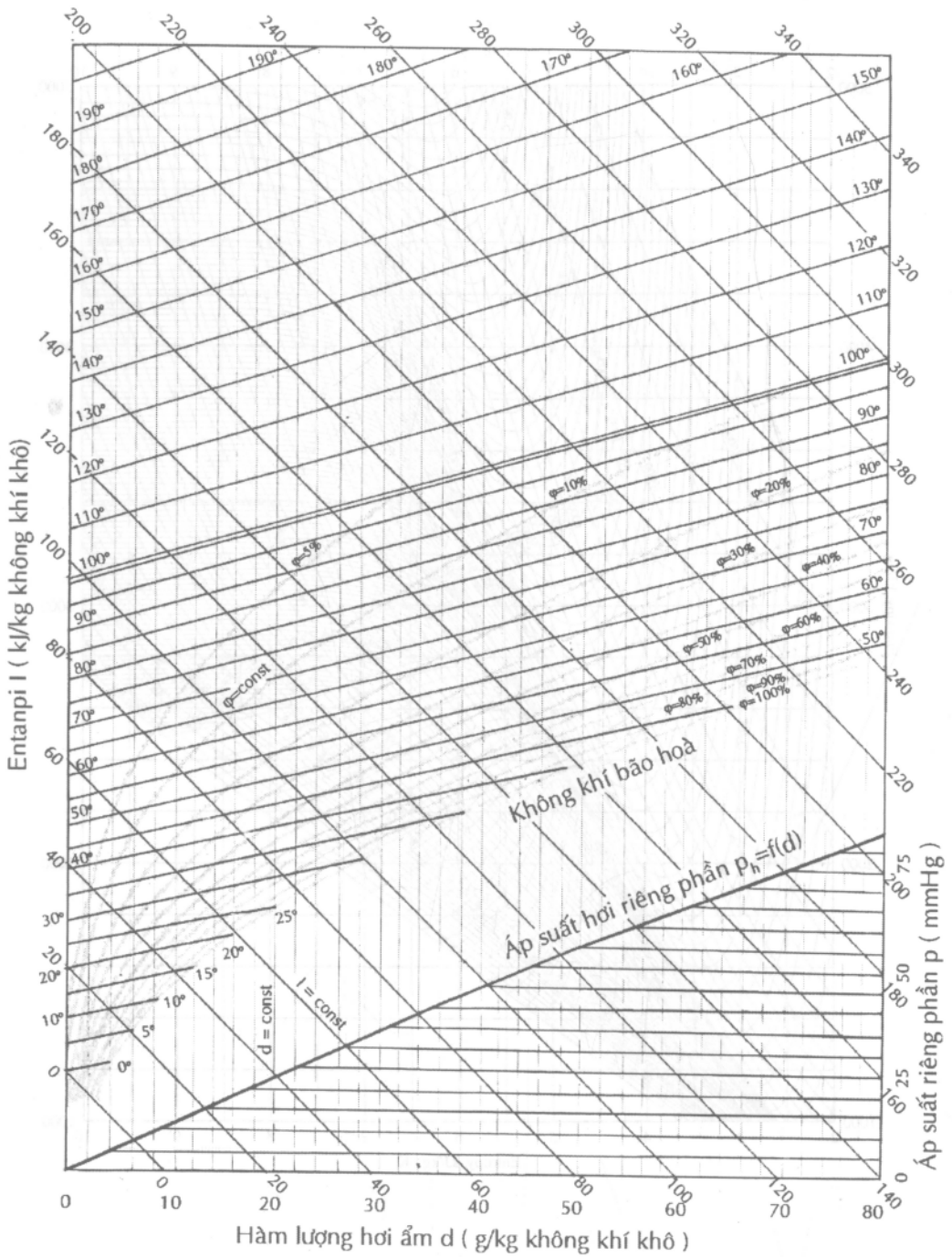
Bảng 14. Tra hệ số $\varepsilon_{AT} = F(P, R)$ trong các thiết bị trao đổi nhiệt kiểu cắt nhau



Đồ thị 1. Đồ thị I - S



Đồ thị 2. Đồ thị $I - d$ của không khí ẩm



Đồ thị 3. Ẩm độ T - d



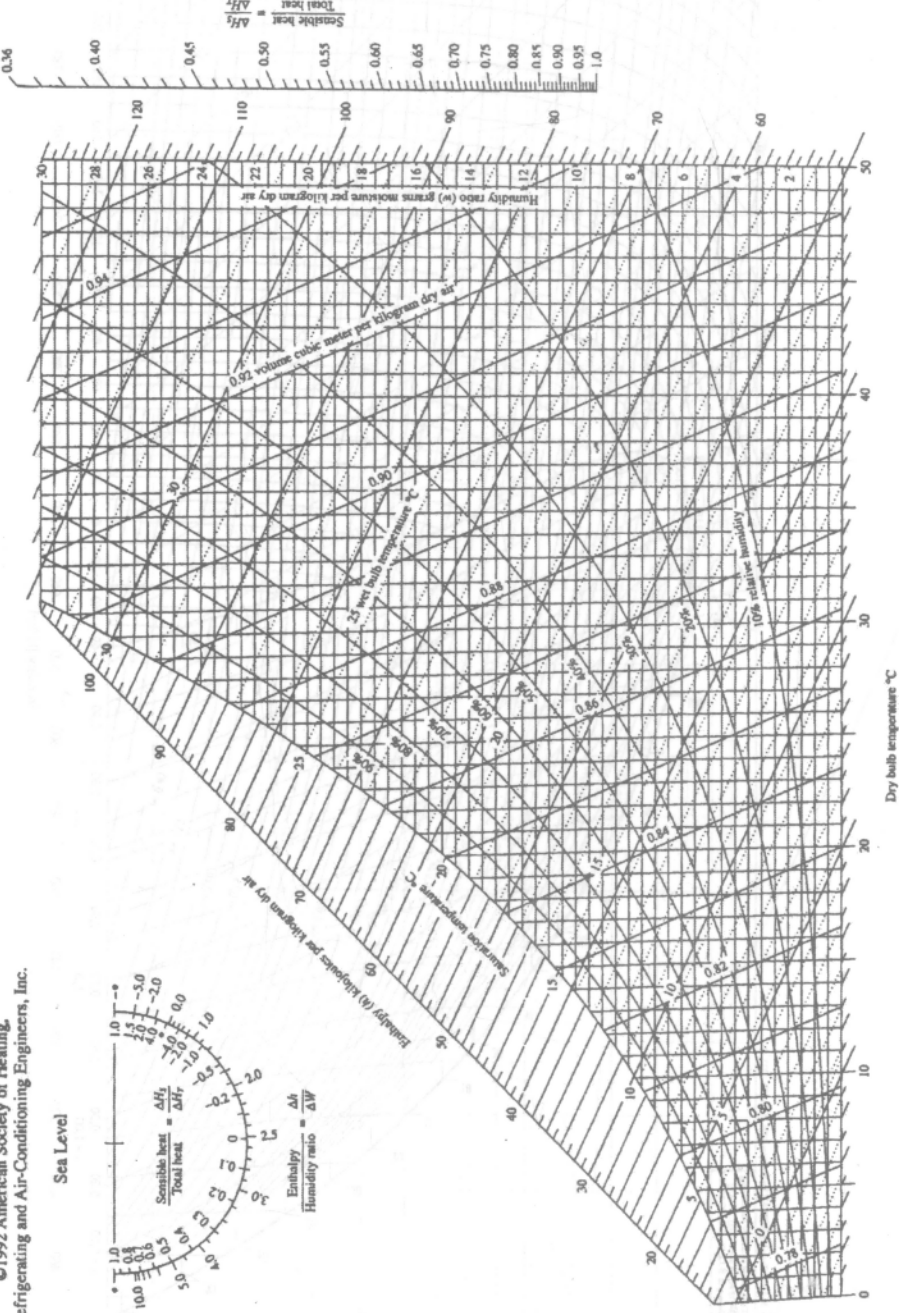
ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

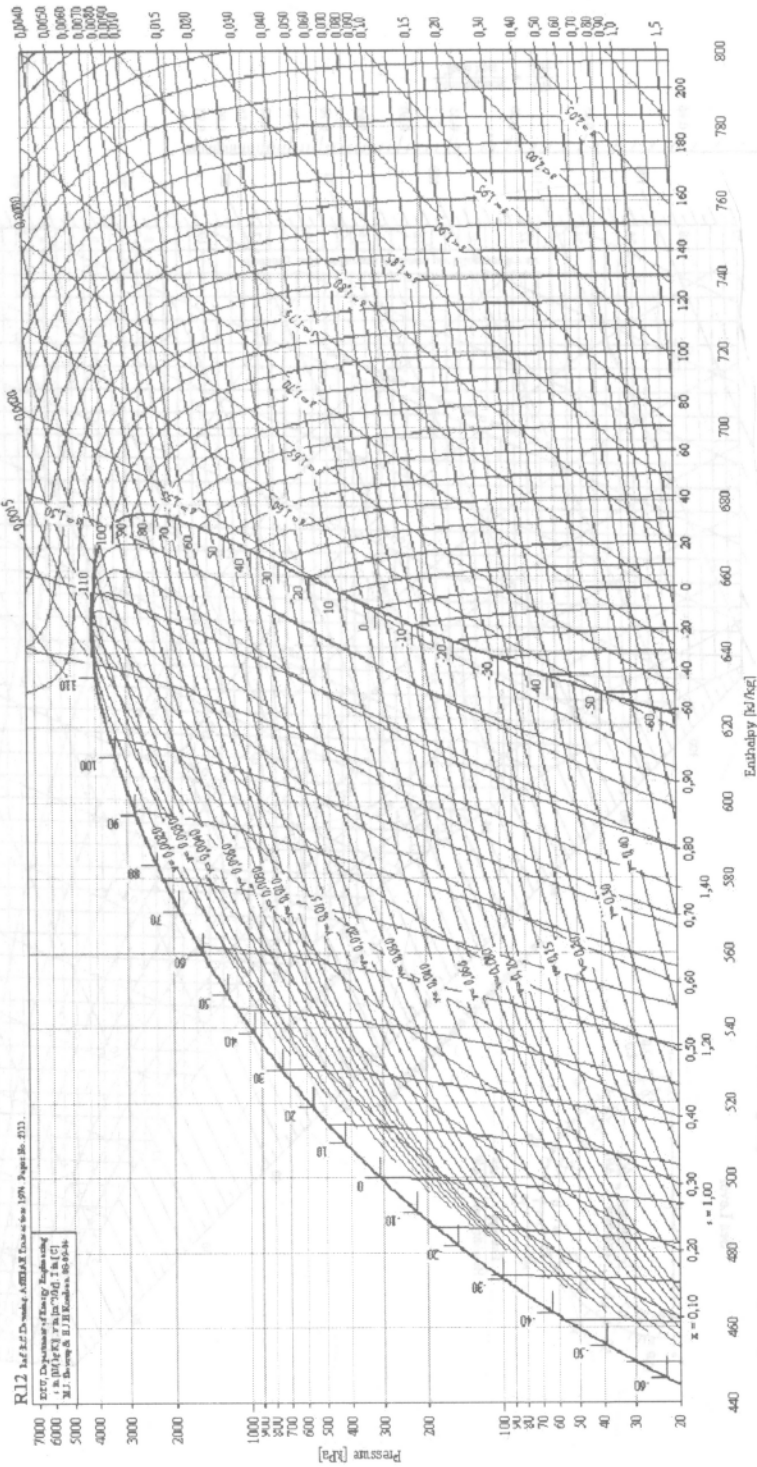
Normal Temperature

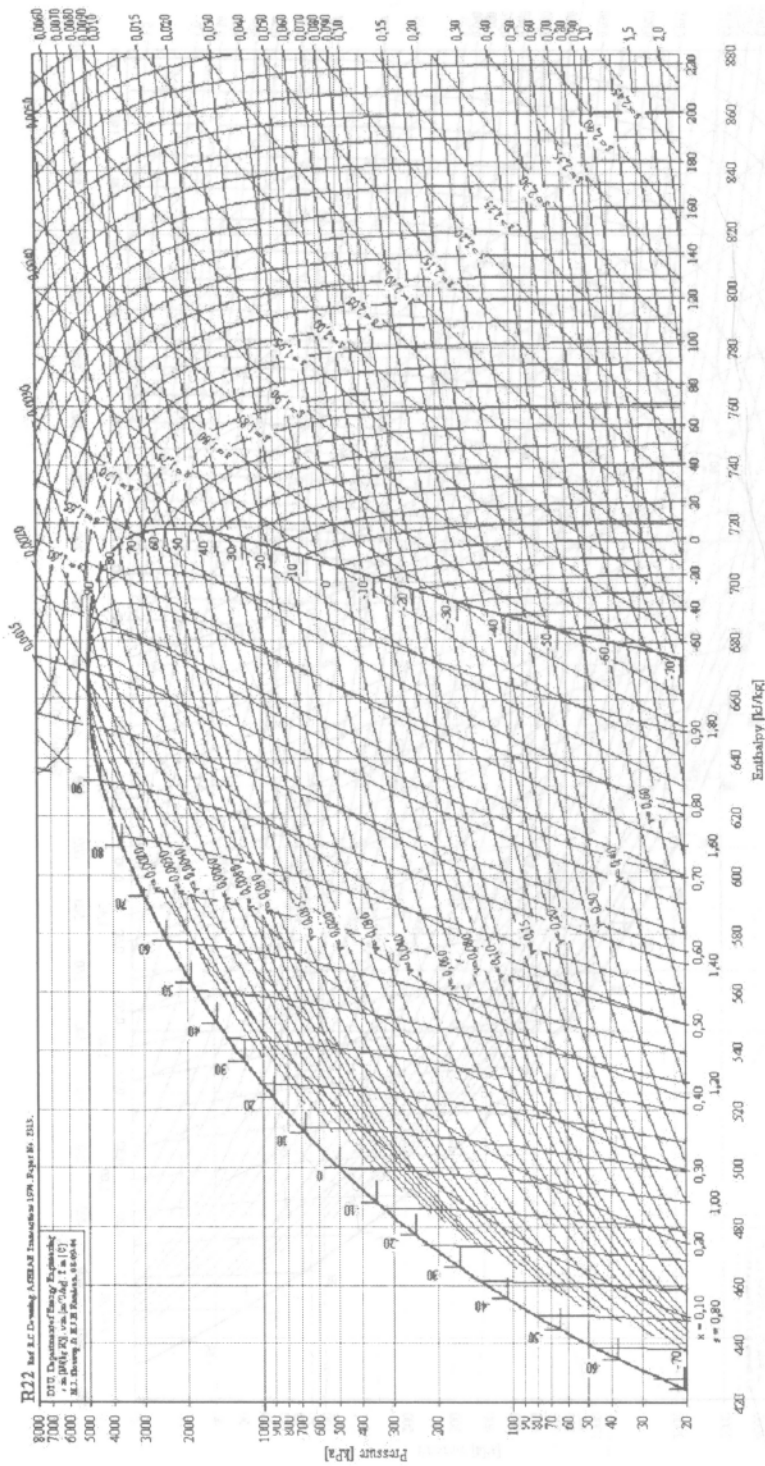
Barometric Pressure: 101.325 kPa

©1992 American Society of Heating,
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

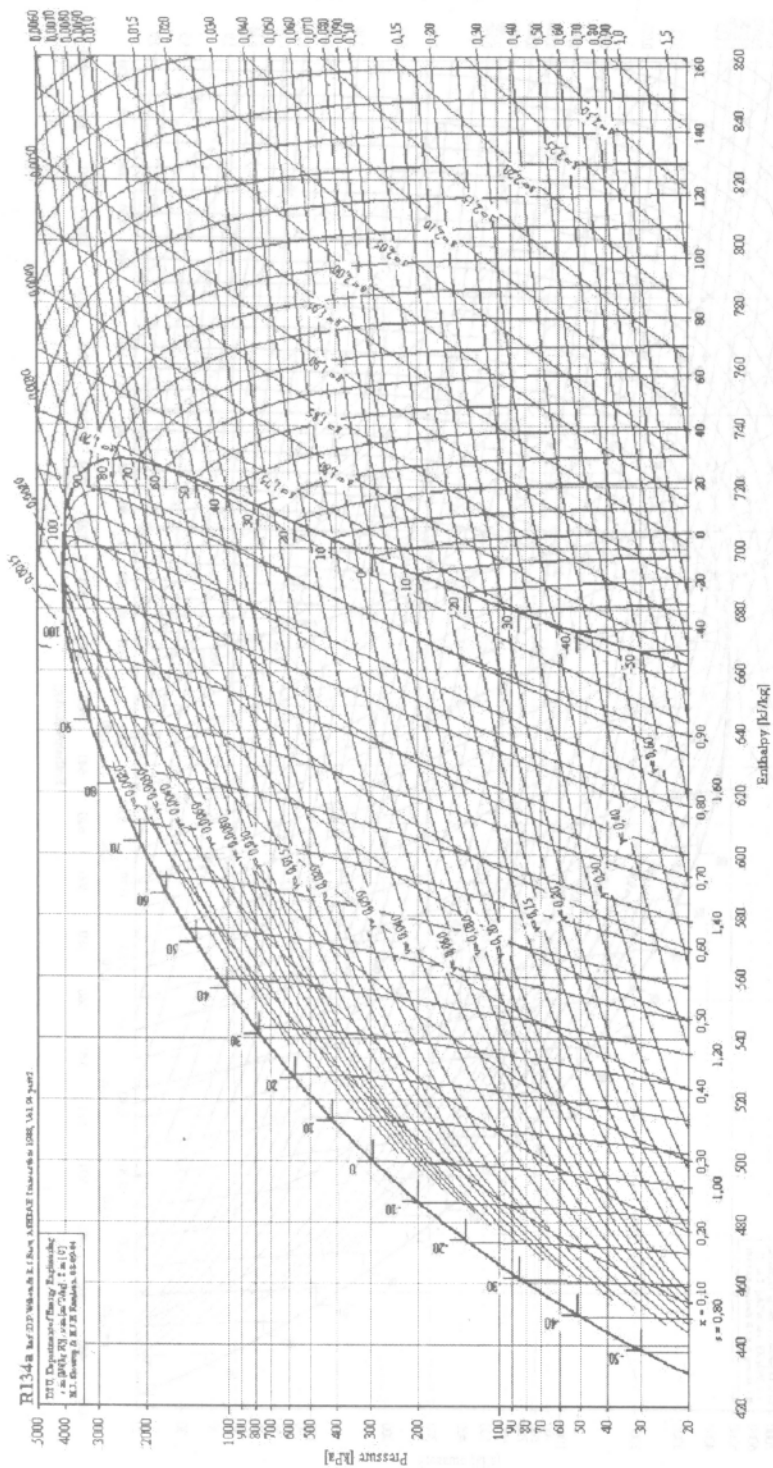
Sea Level



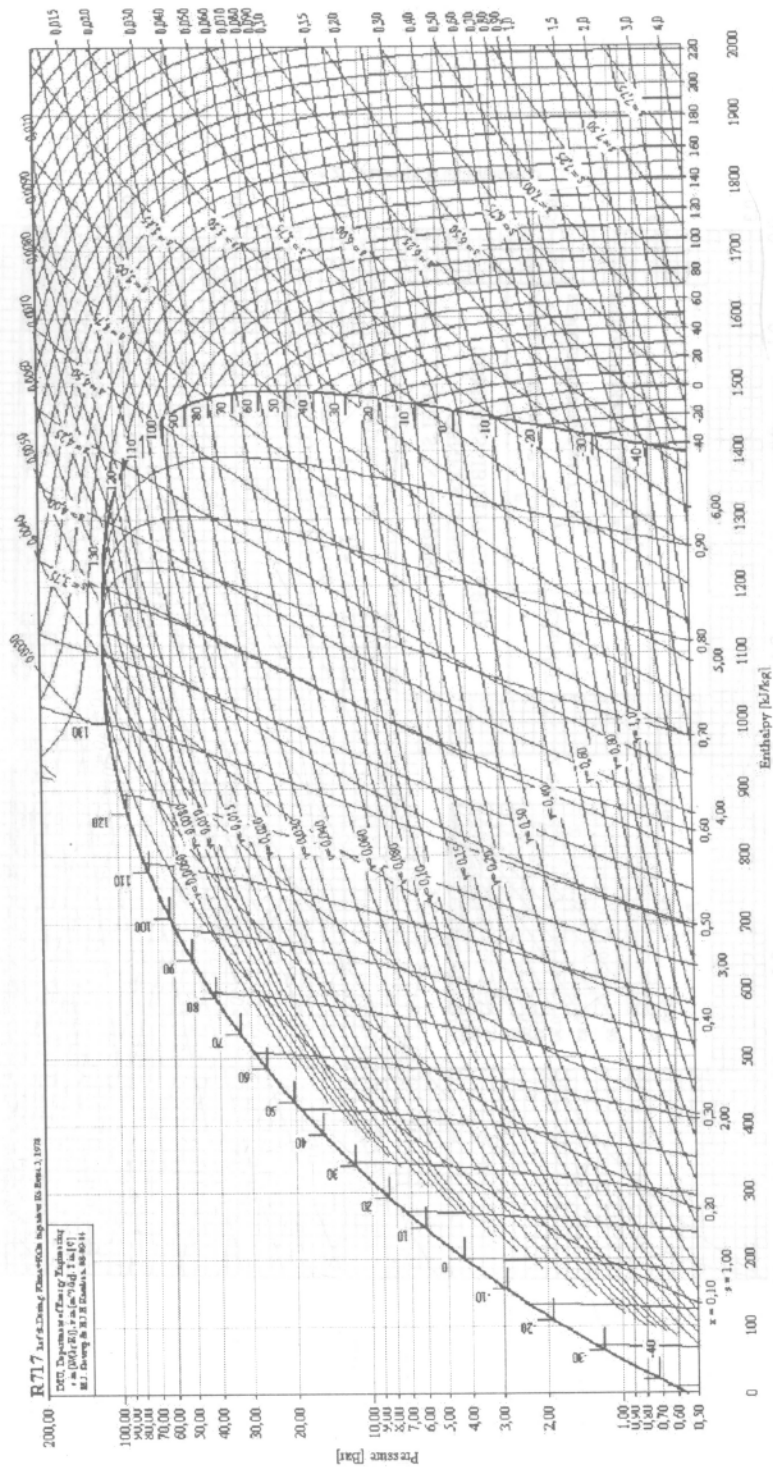




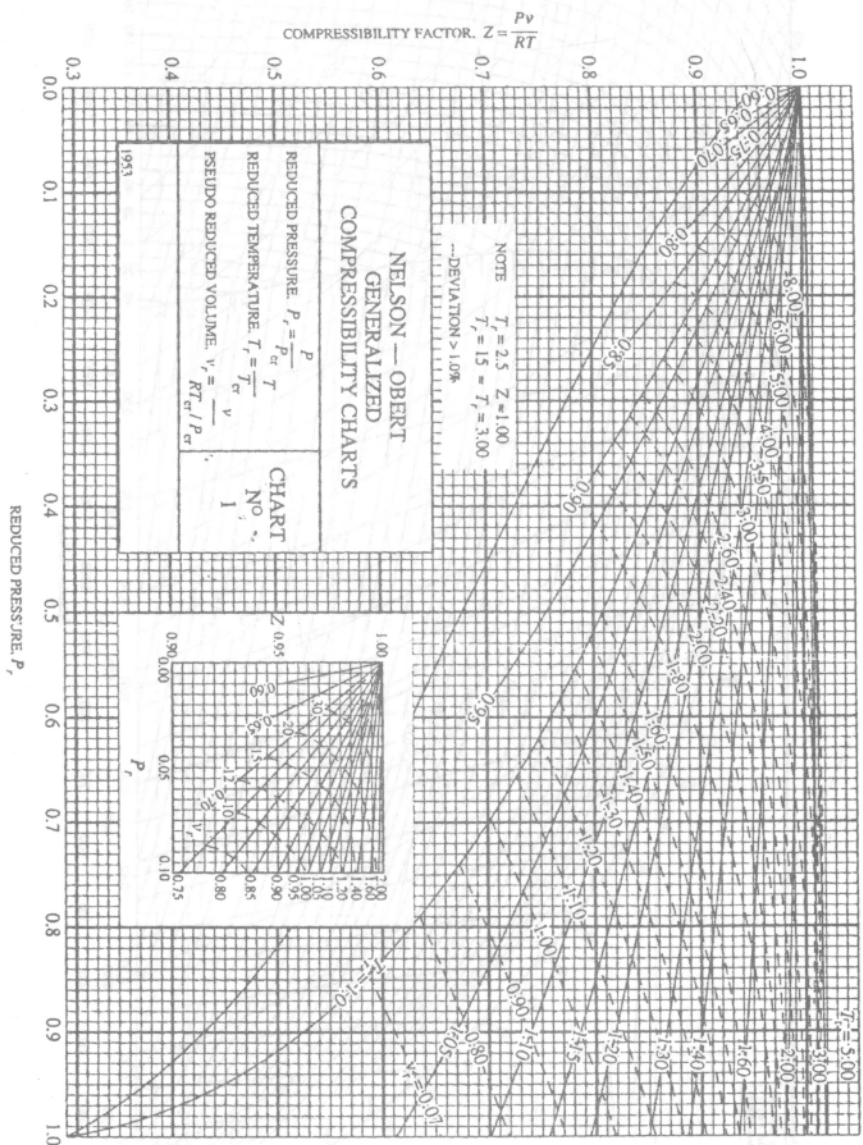
Đồ thị 6. Đồ thị R134a



Đồ thị 7. Đồ thị R717

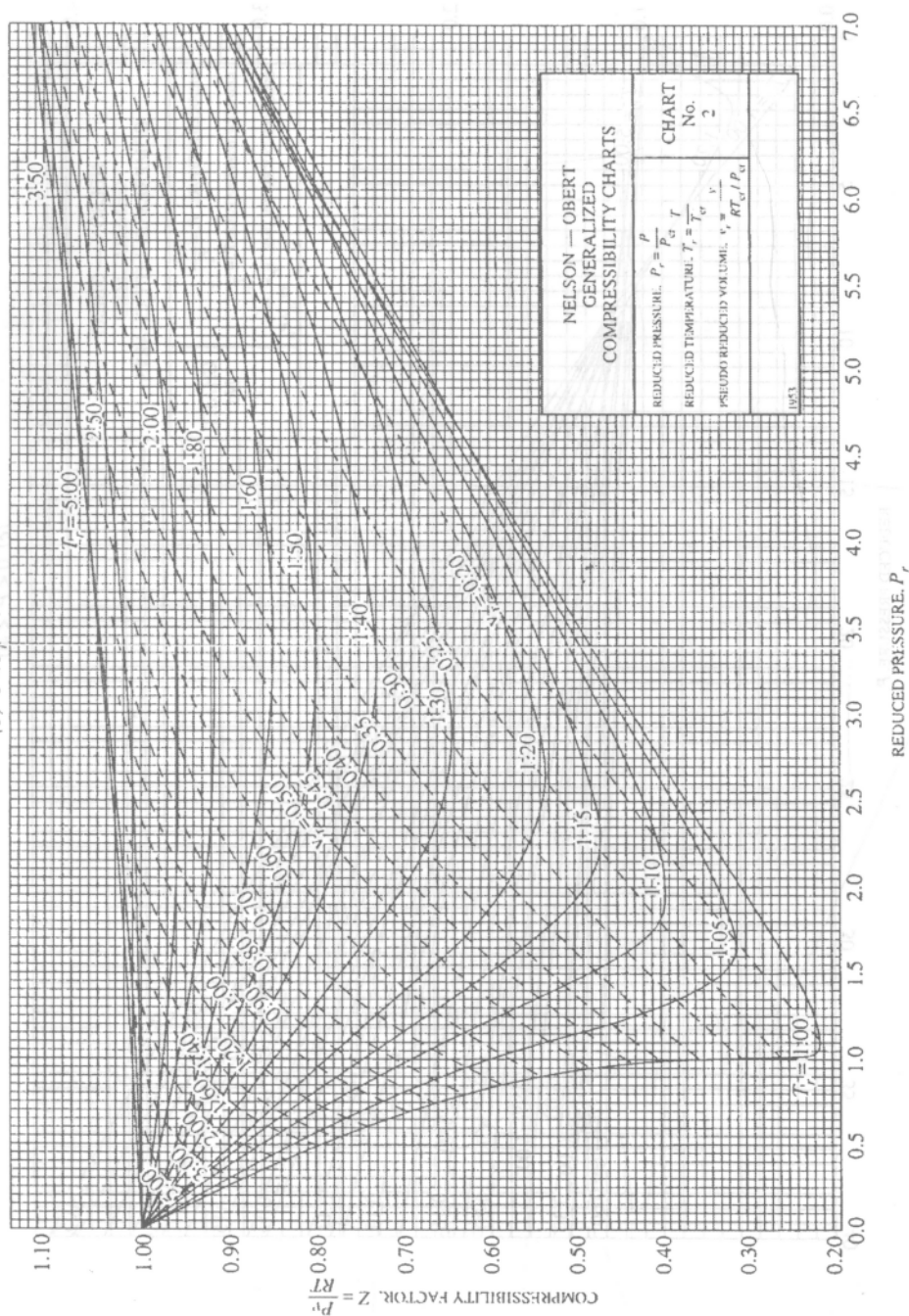


(a) $0 < P_r < 1.0$



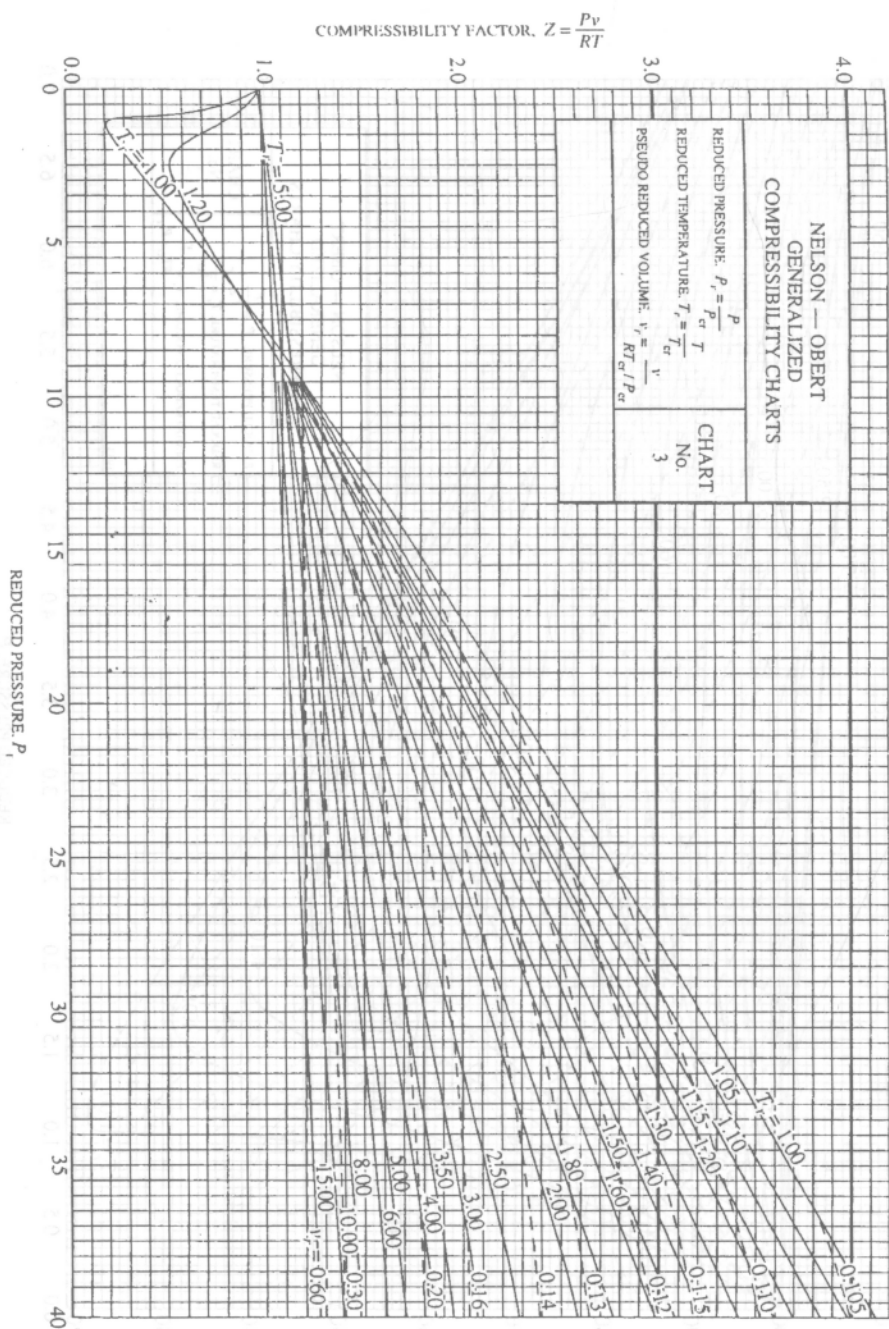
Hình 1. Đồ thị Hệ số nén - áp suất thấp $0 < P_r < 1$

(b) $0 < P_r < 7$



Hình 2. Đồ thị Hệ số nén - áp suất trung bình $0 < P_r < 7$

(c) $0 < P_r < 40$



Hình 3. Đồ thị Hệ số nén - áp suất cao $0 < P_r < 40$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Bùi Hải, Trần Thế Sơn;*

Kỹ thuật nhiệt; NXB Khoa học Kỹ thuật, 2007.

2. *Trần Văn Phú;*

Bài giảng kỹ thuật nhiệt; NXB Khoa học Kỹ thuật, 2007.

3. *A. F. Mills;*

Heat and Mass Transfer; Irwin Chicago, London, Sydney, 1995.

4. *John R. Howell;*

**Fundamentals of Engineering Thermodynamics; McGraw-Hill,
1987.**

5. *Kenneth Wark;*

Advanced Thermodynamics for Engineers; McGraw- Hill, 1995.

6. *Hà Mạnh Thư;*

Đồ thị môn Kỹ thuật Nhiệt; NXB Bách Khoa, 2007.

Lời nói đầu	3
-------------------	---

PHẦN 1. NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT.....	5
---	----------

CHƯƠNG 1. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

VÀ CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN

CỦA CHẤT KHÍ	5
---------------------------	----------

1.1. Hệ đơn vị được dùng	5
1.2. Những khái niệm cơ bản	5
1.3. Phương trình định luật nhiệt động thứ nhất	7
1.4. Các công thức tính cơ bản	9

CHƯƠNG 2. CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN

CỦA KHÍ LÝ TƯỜNG VÀ KHÍ THỰC	20
---	-----------

2.1. Các quá trình nhiệt động cơ bản của khí lý tưởng	20
2.2. Quá trình hỗn hợp của khí hoặc hơi	25
2.3. Bảng và đồ thị của khí thực	32
2.4. Cách tra các thông số của khí thực	33

CHƯƠNG 3. KHÔNG KHÍ ẨM.....	62
------------------------------------	-----------

CHƯƠNG 4. QUÁ TRÌNH LƯU ĐÔNG VÀ TIẾT LƯU	69
---	-----------

4.1. Quá trình lưu động của khí và hơi	69
4.2. Công thức tính tốc độ tại cửa ra của ống tăng tốc	69
4.3. Tốc độ tới hạn	69
4.4 Lưu lượng lớn nhất.....	70

CHƯƠNG 5. MÁY NÉN KHÍ	75
------------------------------------	-----------

CHƯƠNG 6. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG	82
---	-----------

6.1. Các khái niệm cơ bản	82
---------------------------------	----

6.2. Chu trình Các nô	82
-----------------------------	----

6.3. Các chu trình chất khí	83
-----------------------------------	----

CHƯƠNG 7. CHU TRÌNH THIẾT BỊ ĐỘNG LỰC

HƠI NƯỚC RANKINE.....	91
------------------------------	-----------

CHƯƠNG 8. CHU TRÌNH NGƯỢC CHIỀU	98
--	-----------

8.1. Chu trình máy lạnh và bơm nhiệt dùng không khí.....	98
--	----

8.2. Chu trình máy lạnh và bơm nhiệt dùng hơi.....	98
--	----

PHẦN 2. TRUYỀN NHIỆT	107
-----------------------------------	------------

CHƯƠNG 1. DẪN NHIỆT	107
----------------------------------	------------

1.1. Phương trình vi phân dẫn nhiệt	107
---	-----

1.2. Phương trình tổng quát và các trường hợp riêng	107
---	-----

1.3. Dẫn nhiệt ổn định khi không có nguồn bên trong	107
---	-----

1.4. Dẫn nhiệt không ổn định.....	116
-----------------------------------	-----

CHƯƠNG 2. TRAO ĐỔI NHIỆT ĐỐI LƯU	127
---	------------

2.1. Công thức Newton	127
-----------------------------	-----

2.2. Các tiêu chuẩn đồng dạng	127
-------------------------------------	-----

2.3. Trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên trong không gian vô hạn.....	127
---	-----

2.4. Trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên trong không gian hữu hạn	127
---	-----

2.5. Trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức	128
---	-----

2.6. Trao đổi nhiệt đối lưu khi chất lỏng chuyển động trong ống.....	128
--	-----

2.7. Trao đổi nhiệt đối lưu khi chất lỏng chuyển động ngoài ống	128
--	-----

2.8. Trao đổi nhiệt khi có biến đổi pha	129
---	-----

CHƯƠNG 3. TRAO ĐỔI NHIỆT BỨC XẠ 142

3.1. Khái niệm cơ bản..... 142

**3.2. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa 2 vách phẳng
rộng vô hạn đặt song song 143**

3.3. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa hai vật bọc nhau 143

**3.4. Trao đổi nhiệt bằng bức xạ
giữa khối khí và bề mặt bao quanh 143**

**CHƯƠNG 4. TRUYỀN NHIỆT
VÀ THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT 149**

4.1. Truyền nhiệt qua vách phẳng 149

4.2. Truyền nhiệt qua vách trụ 150

4.3. Truyền nhiệt qua vách phẳng có cánh..... 150

4.4. Thiết bị trao đổi nhiệt..... 151

**4.5. Xác định độ chênh nhiệt độ trung bình
của thiết bị trao đổi nhiệt 151**

4.6. Tính nhiệt độ cuối của chất tải nhiệt 151

10 ĐỀ MẪU THI CHƯƠNG TRÌNH CAO ĐẲNG VÀ TẠİ CHỨC... 164

10 ĐỀ MẪU THI CHO CHƯƠNG TRÌNH ĐẠI HỌC..... 177

ĐÁP ÁN 199

Phụ lục 200

Tài liệu tham khảo 239

Mục lục 240

BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM KỸ THUẬT NHIỆT

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

SỐ 1 - ĐẠI CỐ VIỆT - HÀ NỘI

ĐT: (04). 8684569; 2410605; 2410608; FAX: 04. 8684570

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: **LÊ CỘNG HOÀ**

Tổng biên tập: **TỔNG ĐÌNH QUỲ**

Biên tập, chế bản, bìa : **TRẦN THANH HẢI**

In 2000 cuốn khổ 16 x 24cm, tại Xưởng in Tạp chí Tin học và Đời sống
Giấy phép xuất bản số: 912 – 2008/CXB/05 – 123/BKHN
Cấp ngày 29 tháng 9 năm 2008.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2008.

ST 140000

Bí trác nghiệm kỹ thuật nhiệt



0807090000071

11.000

Giá 41.000 đ

BK060M8