



**UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA**

**PEPERIKSAAN AKHIR  
SEMESTER I  
SESI 2011/2012**

**NAMA KURSUS** : **TERMODINAMIK II**

**KOD KURSUS** : **BDA 3043/30403**

**PROGRAM** : **3, 4 BDD**

**TARIKH PEPERIKSAAN** : **JANUARI 2012**

**JANGKA MASA** : **3 JAM**

**ARAHAN** : **JAWAB EMPAT(4) SOALAN  
SAHAJA DARI ENAM (6) SOALAN  
YANG DISEDIAKAN.**

**KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI DUA BELAS (12) MUKA SURAT**

**Q1** Consider a reheat-regenerative steam power plant, with one open feed water heater, one closed feed water heater and a reheater. Steam enters the first stage turbine at 12.5MPa, 500°C and is condensed in the condenser at 10 kPa. At a pressure of 4MPa, some steam is extracted to the closed feed water heater. The steam leaves the heater as saturated liquid and is throttled to the open feed water heater. The remaining steam at the turbine is reheated to 500°C at the same pressure, before expands through the second stage turbine. At a pressure of 0.5 MPa, some steam is extracted to the open feed water heater. The remaining steam continues to expand to the condense pressure. Feed water that comes out from the open feed water heater is pumped to boiler pressure before it enters the closed feed heater.

- a) Sketch the schematic and the T-s diagram for the cycle described above
- b) By neglecting the feed pump work, determine:
  - i. the fraction of the steam extracted from the turbine
  - ii. the thermal efficiency, and
  - iii. the specific steam consumption (kg/kWh)

(25 marks)

**Q2** a) Describe three methods that can be used to improve the performance of a basic gas turbine power plant. Provide a sketch if necessary.

(6marks)

b) In a gas turbine power plant, air enters a first-stage compressor at 27°C and 100 kPa. The air is then cooled down completely before entering the second-stage compressor. The expansion process is done in two stages with the combustion gases entering both turbines at 727°C. Both stages of the compressor and turbine have a pressure ratio of 3 and are arranged as inline with one common shaft which is then coupled with an electric generator. Determine the thermal efficiency of this plant.

(12 marks)

c) The plant described in b) is then equipped with a heat exchanger to utilize the waste heat from the second-stage turbine to heat the air exiting from the second-stage compressor. If the thermal ratio of the heat exchanger is 0.80, calculate the new thermal efficiency of the plant.

Take,  $c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK}$  and  $\gamma = 1.4$  for air, and

$c_p = 1.15 \text{ kJ/kgK}$  and  $\gamma = 1.33$  for combustion gases

(7 marks)

**Q3** a) State the function of intercooling in a multi-stage reciprocating compressor.

(4 marks)

c) A single-acting, two-stage compressor is used to compress air to 0.6 MPa from induction condition of 0.1 MPa and 30°C. The free air delivery is 3.0 m<sup>3</sup>/min measured at atmospheric condition of 101.3 kPa and 25°C. The compression ratio for both stages is the same and the air entering the second-stage compressor at 35°C. The compression and expansion index for both stages is 1.3. The clearance volume is 4% of the swept volume.

If the speed of the compressor is 1000rpm, calculate,

- i. the mass flow rate (kg/s)
- ii. indicated power (kW)
- iii. the volumetric efficiency of the first stage
- iv. the motor power required (kW) to drive the compressor if the mechanical efficiency of the compressor is 84%.

Sketch the compression processes on the  $p$ - $V$  diagram. For air, take  $R=0.287$  kJ/kgK and  $c_p=1.005$  kJ/kgK.

(21 marks)

**Q4** A two-stage cascade refrigeration system as shown in **Figure Q4**, operates between the pressure limits of 1.2 MPa and 250 kPa with refrigerant R-134a as the working fluid. Heat rejection from the lower cycle to the upper cycle takes place in an adiabatic counterflow heat exchanger where the pressure in the upper and lower cycles are 0.5 MPa and 0.6 MPa, respectively.

In both cycles, the refrigerant is a saturated liquid at the condenser exit and a saturated vapor at the compressor inlet. The isentropic efficiency of each compressor is 90 %. The mass flow rate of the refrigerant through the lower cycle is 10.0 kg/min.

- a) Describe the cooling processes using  $p - h$  diagram.
- b) Determine the enthalpy of the refrigerant at every state.
- c) Calculate the mass flow rate of the refrigerant through the upper cycle.
- d) What is the rate of heat removal from the refrigerated space (the refrigerating capacity)?

- e) Evaluate the Coefficient of Performance (COP) for the refrigeration system.

(25 marks)

- Q5 a) Sketch the pressure versus volume ( $p$ - $v$ ) diagram for an ideal Diesel cycle and show the thermalefficiency for that cycle is given as:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{\kappa-1}} \left[ \frac{r_c^{\kappa} - 1}{\kappa(r_c - 1)} \right]$$

where,

$$\text{cut-off ratio; } r_c = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}, \text{ index of compression; } r = \frac{V_{\text{maximum}}}{V_{\text{minimum}}} = \frac{v_1}{v_2}$$

and  $\kappa$  = specific heat ratio.

(10 marks)

- b) Plot the graph  $\eta = \eta(r)$  for  $r_c = 1, 2, \text{ and } 3$  with  $\kappa = 1.4$ .

(5 marks)

- c) An oil engine takes in air at 101.3 kPa, 20 °C and the maximum cycle pressure is 0.69 MPa. The compressor ratio is 18/1. Based on the dual-combustion cycle and assuming that the heat added at constant volume is equal to the heat added at constant pressure, determine:

- i) the thermal efficiency; and
- ii) the Mean Effective Pressure (MEP) for the cycle.

(Air properties:  $c_v = 0.7179$  kJ/kg,  $c_p = 1.005$  kJ/kg, and  $R = 0.287$  kJ/kgK).

(10 marks)

- Q6. A cooling tower of a small process plant as illustrated in **Figure Q6**, is designed to cool 5.0 kg of water per second. The inlet temperature of the warm water is 50 °C. The motor-driven fan induces 12 m<sup>3</sup>/s of air through the tower and the power absorbed is 7.0 kW. The air entering the tower is at 28 °C, and has a relative humidity of 60 %. The air leaving the tower is saturated at a temperature of 25 °C. The pressure throughout the tower is constant at 101.3 kPa, and the makeup water is added outside the tower.

- a) Calculate the humidity ratio at the air inlet.

- b) What is the amount of the mass flow rate of the makeup water required?
- c) Determine the final temperature of the water leaving the tower.

*(25 marks)*

**S1** Pertimbangkan sebuah loji kuasa stim dengan panas semula dan jana semula, yang menggunakan sebuah pemanas air suapan terbuka, sebuah pemanas air suapan tertutup dan sebuah pemanas semula. Stim memasuki turbin peringkat pertama pada 12.5 MPa, 500°C dan dipeluwapkan di dalam pemeluwap pada 10 kPa. Pada tekanan 4 MPa sebahagian tim yang sedang mengembang dijujoh keluar dan dialirkan ke pemanas air suapan tertutup. Selepas digunakan di dalam pemanas ini, stim jujuhan tadi meninggalkan pemanas sebagai cecair tepu lalu didikitkan ke pemanas air suapan terbuka. Pada turbin tadi stim yang selebihnya dipanaskan semula pada tekanan yang sama kesuhu 500°C, sebelum dikembangkan melalui turbin peringkat kedua. Pada tekanan 0.5 MPa, sekali lagi sejumlah stim dijujoh keluar dan dialirkan ke dalam pemanas air suapan terbuka. Stim yang selebihnya terus mengembang ke tekanan pemeluwap. Air suapan yang keluar dari pemanas suapan terbuka dipamkan ke tekanan dandang sebelum memasuki pemanas suapan tertutup.

- a) Lakarkan gambarajah skematik dan gambarajah T-s bagi kitar di atas.
- b) Dengan mengabaikan kerja pam, tentukan
  - i. Pecahan setiap kuantiti stim yang dijujoh keluar untuk dialirkan ke pemanas-pemanas suapan
  - ii. Kecekapan haba
  - iii. Penggunaan stim tentu (kg/kWjam).

(25 markah)

**S2** a) Nyatakan tiga kaedah yang boleh digunakan untuk meningkatkan prestasi loji kuasa turbin gas yang mudah. Gunakan lakaran yang sesuai jika perlu.

(6 markah)

b) Dalam sebuah loji kuasa turbin gas, udara memasuki pemampat peringkat pertama pada 27°C dan 100 kPa. Udara kemudian disejukkan secara lengkap sebelum memasuki pemampat peringkat kedua. Proses pengembangan dilakukan pada dua buah turbin dan suhu gas pembakaran sebelum memasuki kedua-dua turbin berada pada 727°C. Kedua-dua pemampat dan juga kedua-dua turbin mempunyai nisbah tekanan yang sama iaitu 3 dan disusun sebaris dengan aci yang sama dan digandingkan dengan sebuah penjana elektrik. Kira kecekapan terma loji ini.

(12 markah)

c) Loji dinyatakan dalam bahagian b) kemudiannya dilengkapi dengan sebuah penukar haba bertujuan menggunakan haba buangan dari turbin kedua untuk memanaskan udara yang keluar dari pemampat peringkat kedua. Jika nisbah terma penukaran haba adalah 0.80, kira kecekapan terma loji ini.

Ambil,  $c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK}$  dan  $\gamma = 1.4$  bagi udara dan

$c_p = 1.15 \text{ kJ/kgK}$  dan  $\gamma = 1.33 \text{ kJ/kgK}$  bagi gas pembakaran

(7markah)

**S3** a) Nyatakan fungsi penyejuk di antara peringkat mampatan bagi pemampat saling berperingkat.

(4markah)

b) Sebuah pemampat udara saling dua peringkat, satu tindakan digunakan untuk memampatkan udara ketekanan 0.6 MPa daripada keadaanaruhan 0.1 MPa dan suhu 30°C. Hantaran udara bebas diukur pada keadaan atmosfera 101.3 kPa dan 25°C adalah 3.0 m<sup>3</sup>/min. Nisbah tekanan kedua-dua pemampat adalah sama dan udara memasuki pemampat peringkat kedua pada suhu 35°C. Indeks pengembangan dan pemampatan bagi kedua-dua peringkat pemampat adalah 1.3. Isipadu kelegaan bagi setiap silinder adalah 4% daripada isipadu tersapu.

Jika pemampat beroperasi pada elajuan 1000 ppm, tentukan ,

- i. Kadar alir jisim (kg/s)
- ii. Kuasa tertunjuk (kW)
- iii. Kecekapan isipadu pemampat peringkat pertama
- iv. kuasa motor yang diperlukan (kW) bagi menjalankan pemampat jika kecekapan mekanik pemampat bernilai 84%.

Lakarkan proses pemampatan di atas pada gambarajah keadaan  $p-V$ . Bagi udara, ambil  $R = 0.287 \text{ kJ/kgK}$  dan  $c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK}$ .

(21markah)

**S4** Satu system penyejukan dua peringkat seperti ditunjukkan dalam **Rajah S4** beroperasi pada had tekanan 1.2 MPa dan 250 KPa dengan R134-a sebagai bahan penyejuk. Penyingkiran haba dari kitar bawah ke kitar atas berlangsung secara diabotik di dalam penukar haba berlawanan arah. Tekanan penukar haba adalah 0.5 MPa untuk kitar atas, dan 0.6

MPa untuk kitar bawah. Di dalam kedua-dua kitar tersebut, bahan penyejuk adalah cecair tepu pada keluaran pemeluap dan wap tepu pada kemasukan pemampat. Kecekapan seentropi untuk setiap pemampat adalah 90%. Kadar alir jisim bahan penyejuk melalui kitar bawah adalah 10.0 kg/min.

- Lakarkan proses penyejukan tersebut menggunakan rajah  $p - h$ .
- Tentukan nilai entalpi bahan penyejuk pada setiap keadaan.
- Kira kadar alir jisim bahan penyejuk di dalam kitar atas.
- Berapa kadar haba yang disingkirkan daripada tempat yang disejukan (kapasiti penyejukan).
- Tentukan pekali prestasi (COP) bagi sistem penyejukan tersebut.

(25 markah)

- S5 (a) Lakarkan gambarajah tekanan melawan isipadu ( $p-v$ ) bagi kitar unggul Diesel dan buktikan bahawa kecekapan terma untuk kitar unggul Diesel boleh dinyatakan mengikut persamaan berikut:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{\kappa-1}} \left[ \frac{r_c^{\kappa} - 1}{\kappa(r_c - 1)} \right]$$

dimana,

$$\text{cut-off ratio; } r_c = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}, \text{ indeks pemampatan; } r = \frac{V_{\text{maximum}}}{V_{\text{minimum}}} = \frac{v_1}{v_2}$$

dan  $\kappa$  = nisbah haba tentu.

(10markah)

- (b) Plot graf  $\eta = \eta(r)$  untuk nilai  $r_c = 1, 2$ , dan 3 dengan  $\kappa = 1.4$ .

(5markah)

- (c) Satu enjin pembakaran dalam mempunyai tekanan kitar maksima 0.69 MPa dan menyedut udara pada 101.3 kPa dan 20 °C. Nisbah pemampat adalah 18/1. Berdasar kepada kitar pembakaran dual dan andaian bahawa haba masuk pada isipadu malar adalah sama dengan haba masuk setekanan, tentukan:

- Kecekapan terma.
- Mean Effective Pressure (MEP) bagi kitar tersebut.

(Sifat udara:  $c_v = 0.7179$  kJ/kg,  $c_p = 1.005$  kJ/kg, dan  $R = 0.287$  kJ/kgK).

(10markah)



S6. Satu menara penyejukan di dalam loji proses seperti ditunjukkan dalam **Rajah S6**, direka untuk menyejukkan 5.0 kg air setiap saat. Suhu kemasukan air panas 50 °C. Kipas bermotor mengalirkan udara pada 12 m<sup>3</sup>/s dengan kuasa 7.0 kW. Suhu udara memasuki menara adalah 28 °C dan kelembapan relative 60%. Udara meninggalkan menara dalam keadaan tepu pada suhu 25 °C. Tekanan di dalam menara adalah malar 101.3 kPa. *Makeup water* dibekalkan daripada luar menara.

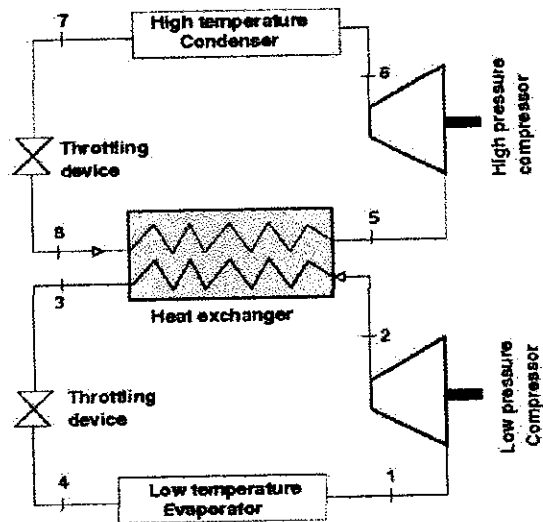
- a) Kira nisbah kelembapan pada kemasukan udara.
- b) Tentukan kadar alir isim *makeup water* yang diperlukan.
- c) Tentukan suhu akhir air yang keluar menara.

(25 markah)

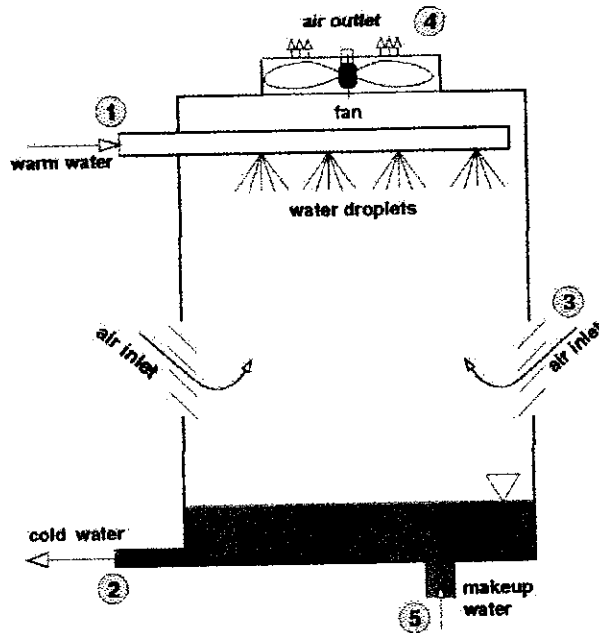
**PEPERIKSAAN AKHIR**

SEMESTER / SESI : SEM I / 2011/2012  
 NAMA KURSUS : TERMODINAMIK II

PROGRAM : 3 BDD  
 KOD KURSUS: BDA 30403/BDA 3043



**Figure Q4/Rajah S4**



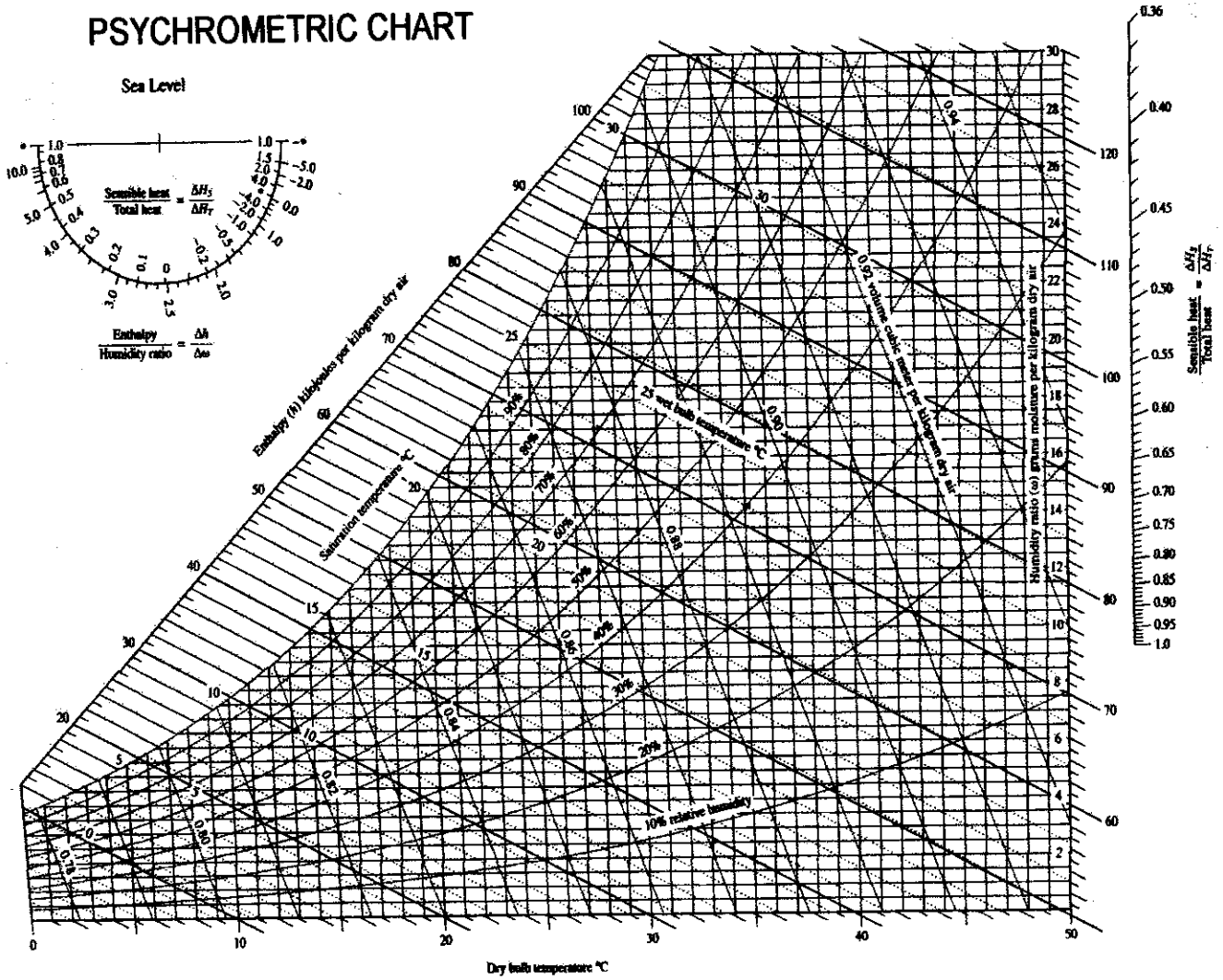
**Figure Q6/Rajah S6**

**PEPERIKSAAN AKHIR**

SEMESTER / SESI : SEM I / 2011/2012  
 NAMA KURSUS : TERMODINAMIK II

PROGRAM : 3 BDD  
 KOD KURSUS : BDA 30403/BDA 3043

**PSYCHROMETRIC CHART**



**PEPERIKSAAN AKHIR**

SEMESTER / SESI : SEM I/ 2011/2012  
 NAMA KURSUS : TERMODINAMIK II

PROGRAM : 3 BDD  
 NAMA KURSUS : BDA 30403/BDA 3043

***p-h* diagram**

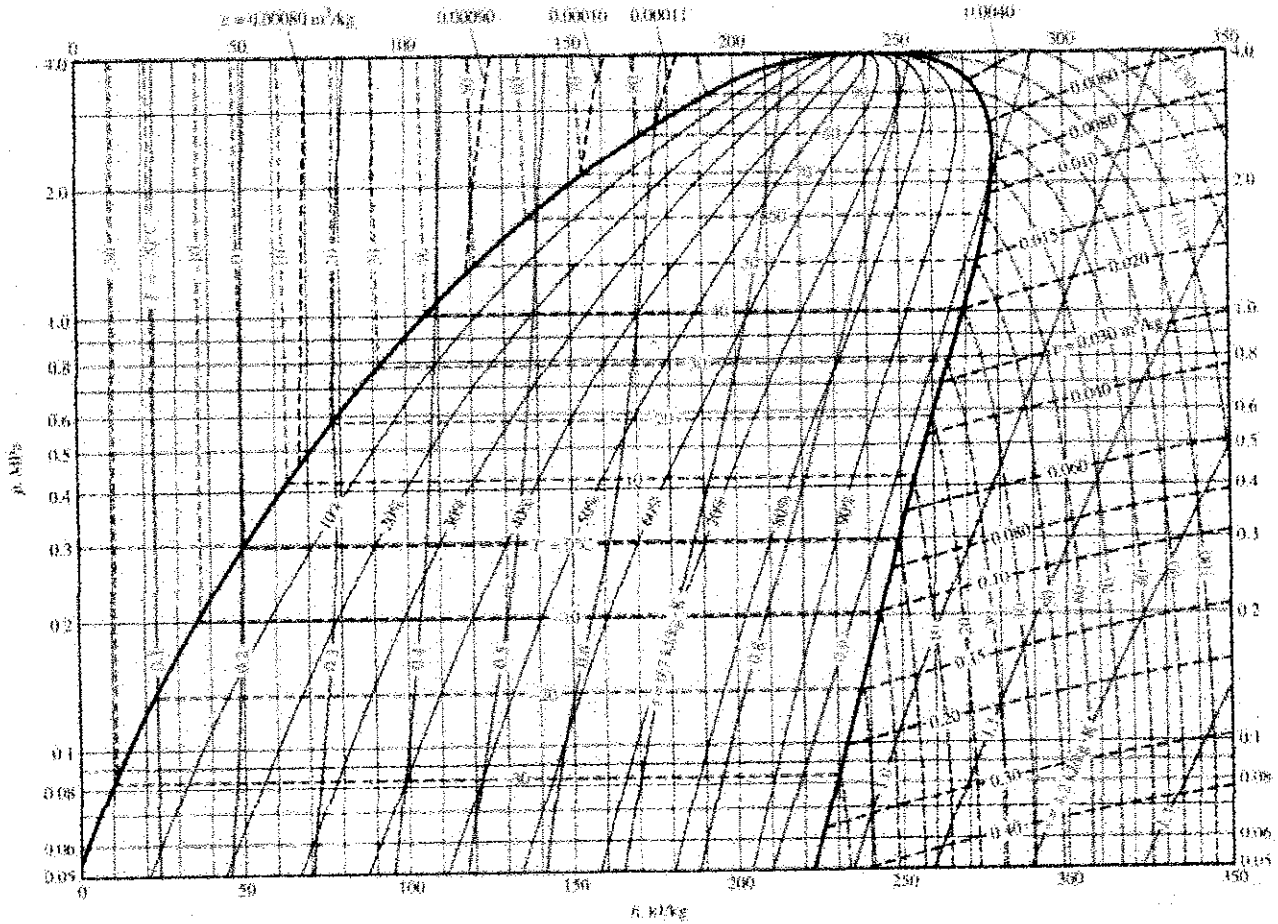


Chart A-11 R134a *p-h* diagram. (Source: Based on *Thermodynamic Properties of HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluoroethane)*, DuPont Company, Wilmington, Delaware, 1993, with permission.)