

1. Bir piston silindir düzeneğinde başlangıçta, 100 kPa basınçta doymuş sıvı-buhar karışımı 5 kg su bulunmaktadır. Suyun 2 kg'lık bölümü sıvı fazında, geri kalanı ise buhar fazındadır. Bu durumdayken piston durdurucular üzerindedir. Daha sonra suya ısı geçişi olmakta, basınç yükselmekte ve 200 kPa olduğunda piston hareket etmeye başlamaktadır. Isı geçişi toplam hacim 6,025 m³ oluncaya kadar devam etmektedir. Buna göre;

- İlk ve son haldeki sıcaklıkları,
- Piston yukarı doğru hareket etmeye başladığı andaki sıvı fazındaki suyun kütleini
- Hal değişimi sırasında yapılan işi bulunuz.

CEVAP:

$$P_1 = 100 \text{ kPa} \quad \Rightarrow T_1 = T_d = 99.63^\circ \text{C}$$

Ara bölge

Başlangıçta toplam hacim

$$V_1 = m_s v_f + m_b v_g$$

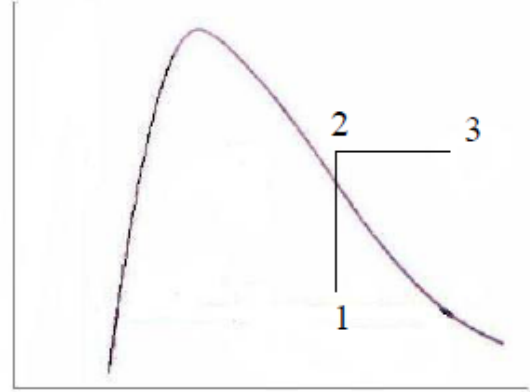
$$V_1 = 2 \cdot 0.001043 + 3 \cdot 1.694 = 5.084 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 6.025 \text{ m}^3$$

$$v_3 = \frac{V_3}{m} = \frac{6.025}{5} = 1.205 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_3 = 200 \text{ kPa}$$

$$v_3 = 1.205 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \Rightarrow T_3 = 252.6^\circ \text{C}$$



b)

1-2 hal değişimi sabit hacimde;

$$V_1 = V_2 = 5.084 \text{ m}^3$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{5.084}{5} = 1.0168 \text{ m}^3/\text{kg}$$

200 kPa doymuş buharın özgül hacmi; $v_g = 0.8857 \text{ m}^3/\text{kg}$

$v_2 > v_g$ olduğundan tamamı kızgın buhar

$$m_s = 0 \text{ kg}$$

c) **İş 2-3 hal değişimi boyunca yapılır.**

$$W = \int_2^3 P dV = P(V_3 - V_2) = 200(6.025 - 5.084) = 188.2 \text{ kJ}$$

2. -20°C 'de doymuş buhar olarak bulunan soğutucu akışkan-12'nin, bir kompresör yardımıyla 0.7 MPa basınca kadar sıkıştırılması istenmektedir. Soğutucu akışkanın debisi 1.2 kg/s'dir.

a) Kompresörün adyabatik ve çıkış sıcaklığının 80°C olması durumunda, kompresör için gerekli gücü bulunuz.

b) Aynı kompresörde soğutma yapılması durumunda, soğutucu akışkandan 5 kJ/kg ısı çekilmekte bunun sonucunda çıkış sıcaklığı 70°C olmaktadır. Bu durumda, kompresör için gerekli gücü bulunuz.

c) a ve b'de elde edilen sonuçları göz önüne alarak, kompresörde yapılan soğutmanın mühendislik açısından önemini açıklayınız.

CEVAP:

a)

$$T_1 = -20^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Doymuş buhar} \quad \Rightarrow h_1 = 178.74 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 80^{\circ}\text{C}$$

$$P_2 = 0.7 \text{ MPa} \quad \Rightarrow h_2 = 236.17 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = m(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad \Delta ke = \Delta pe = 0, \quad \dot{Q} = 0$$

$$-\dot{W} = 1.2(236.17 - 178.74)$$

$$\dot{W} = -68.916 \text{ kW}$$

$$P_2 = 0.7 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 70^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow h_2 = 229.1 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{b) } \dot{Q} - \dot{W} = m(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad \Delta ke = \Delta pe = 0,$$

$$-1.2 \cdot 5 - \dot{W} = 1.2 \cdot (229.1 - 178.74)$$

$$\dot{W} = -66.432 \text{ kW}$$

c) Soğutma yapılması durumunda harcanan iş daha az olmaktadır. Mühendislik açısından iş harcayan düzeneklerde işin aza minimuma indirilmesi istenir.

3. Buharlı bir ısıtma sisteminde kullanılan radyatörün hacmi 20 lt'dir. Radyatör 0.15 MPa basınçta doymuş buharla dolduğu zaman buhar giriş ve çıkış vanaları kapatılmaktadır. Basınç 50 kPa düşene kadar ısıtıcıdan odaya geçen ısı miktarını bulunuz.

CEVAP:

$$P_1 = 0.15 \text{ MPa}$$

Doymuş buhar

$$\Rightarrow v_1 = 1.1593 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$u_1 = 2519.7 \text{ kJ/kg}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.02}{1.1593} = 0.01725 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$P_2 = 50 \text{ kPa}$$

$$v_1 = v_2 = 1.1593 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$v_2 = v_f + x_2 v_{fg}$$

$$1.1593 = 0.001030 + x_2 (3.240 - 0.001030)$$

$$x_2 = 0.357$$

$$u_2 = 340.44 + 0.357(2143.4)$$

$$u_2 = 1105.6 \text{ kJ/kg}$$

$$Q - W = \Delta U = m(u_2 - u_1)$$

$$Q = 0.01725(2519.7 - 1105.6)$$

$$Q = 24.39 \text{ kJ}$$

Soru:

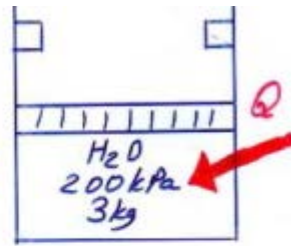
Bir piston silindir düzeniğinde başlangıçta 200 kPa basınçta doymuş sıvı halinde 3 kg su bulunmaktadır. Daha sonra suya ısı geçişi olmakta, suyun bir bölümü buharlaşmakta ve piston yükselmektedir. Hacim 60 L olduğunda piston durduruculara dokunmaktadır. Isıtma işlemi basınç ilk haldaki basıncın iki katı oluncaya kadar devam etmektedir. Hal değişimini, P-v diyagramında çizin.

- son halde sistemin sıvı fazındaki kütlelerini,
- son haldeki sıcaklığı,
- hal değişimi sırasında yapılan toplam işi ve ısı geçişini hesaplayın.

Sistem: Piston-Silindir düzeneği

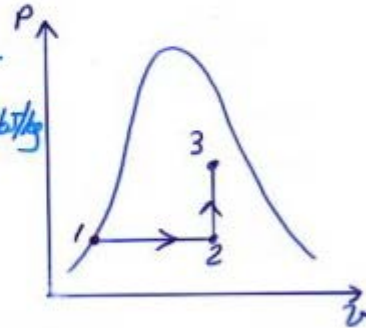
$$P_1 = 200 \text{ kPa} \left. \begin{array}{l} v_1 = v_{f,200 \text{ kPa}} = 0.001061 \text{ m}^3/\text{kg} \\ \text{Doymuş sıvı} \end{array} \right\} u_1 = u_{f,200 \text{ kPa}} = 504.49 \text{ kJ/kg}$$

$$v_3 = \frac{V_3}{m} = \frac{0.06}{3 \text{ kg}} = 0.02 \text{ m}^3/\text{kg}$$



$$P_3 = 400 \text{ kPa} \left. \begin{array}{l} v_f = 0.001084, v_g = 0.4625 \\ v_3 = 0.02 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} u_f = 604.31, u_g = 1949.3 \text{ kJ/kg}$$

$$x_3 = \frac{v_3 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.02 - 0.001084}{0.4625 - 0.001084} = 0.0410$$



$$m_f = (1 - x_3)m = (1 - 0.041)3 = 2.877 \text{ kg}$$

$$u_3 = u_f + x_3 u_{fg} = 604.31 + (0.041 \times 1949.3) = 684.23 \text{ kJ/kg}$$

b. Son hal: Doymuş sıvı - buhar karışımı

$$T_3 = T_{d,400 \text{ kPa}} = 143.63^\circ \text{C}$$

c. $W_{23} = 0$, $V = \text{sabit}$

$$\begin{aligned} W_{12} = W_s &= \int_1^2 P dV = P(V_2 - V_1) = m P(v_2 - v_1) \\ &= 3 \times 200 \times (0.02 - 0.001) \\ &= 11.4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Enerjinin korunumu:

$$Q - \cancel{W_d} - W_s = \Delta U + \Delta \cancel{KE} + \Delta \cancel{PE}$$

$$Q = m(u_2 - u_1) + W_s$$

$$\begin{aligned} Q &= 3(684.23 - 504.49) + 11.4 \\ &= 550.6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Soru:

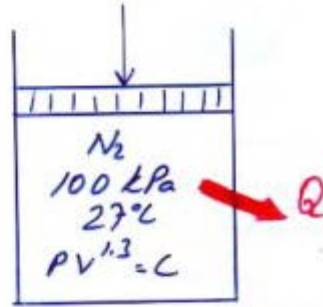
Bir piston-silindir düzeninde başlangıçta 100 kPa basınç ve 27°C sıcaklıkta 0.8 kg azot bulunmaktadır. Daha sonra azot, $PV^{1.3} = \text{sabit}$ bağıntısına uygun politropik bir hal değişimiyle, hacmi yarı yarıya azaltmaya kadar sıkıştırılmaktadır. Bu hal değişimi sırasında yapılan işi ve ısı geçişini hesaplayınız.

$$P_2 V_2^{1.3} = P_1 V_1^{1.3} \rightarrow P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1.3} P_1$$

$$P_2 = 2^{1.3} \times 100 = 246.2 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1} \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{246.2}{100} 0.5 \times 300 = 369.3 \text{ K}$$

$$W_b = \int_1^2 P dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{mR(T_2 - T_1)}{1-n}$$
$$= \frac{0.8 \times 0.2968 (369.3 - 300)}{1 - 1.3} = -54.8 \text{ kJ}$$



Termodinamiğin birinci yasası

$$Q - W_{\text{dış}} - W_s = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

$$Q = m(u_2 - u_1) + W_s$$

$$Q = m c_v (T_2 - T_1) + W_s$$

c_v , Tablo A-26'den ortalama sıcaklık için

$$Q = 0.8 \times 0.744 (369.3 - 300) + (-54.8) = -13.6 \text{ kJ}$$