

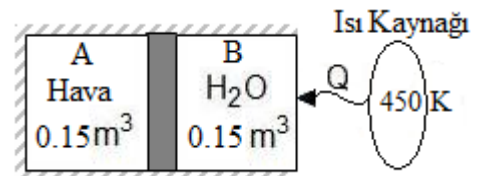
Soru 1-) Hacmi 8 L olan sabit hacimli rijit bir depoda başlangıçta 120°C sıcaklık ve 0.1 kuruluk derecesinde su bulunmaktadır. Depo bir vana ile içinden 400 kPa basınçta ve 200°C sıcaklıkta su akan bir boruya bağlıdır. Vana açılmakta ve depo içindeki basınç 300 kPa olana kadar açık tutulmaktadır. Bu sırada depoya 0.4 kg su girmekte ve 25°C sıcaklıktaki çevreye ısı geçişi olmaktadır.

- (a) Son halde depo içindeki su kütlelerini bulunuz.
- (b) Son halde depo içindeki suyun özgül iç enerjisini hesaplayınız,
- (c) Hal değişimi sırasında çevreye olan ısı geçişini belirleyiniz.

Soru 2-) Yeni geliştirilen bir ısı makinasının 180°C sıcaklığındaki bir ısı kaynağından çektiği ısı ile debisi 0,2 kg/s olan 800 kPa basınçtaki doymuş sıvı R-134a soğutucu akışkanını doymuş buhar haline getirdiği ve bu makinanın 10 kW iş ürettiği ifade edilmektedir.

- (a) Bu makinanın verilen şartlarda gerçekleştirilmesinin mümkün olup olamayacağını hesaplayarak gösteriniz .
- (b) Isı makinasının sıcak ısı kaynağından çektiği ısıyı, soğuk ısı kaynağına terkettiği ısı miktarını ve verimini bulunuz.
- (c) Sıcak ve soğuk ısı kaynaklarının ve R-134a soğutucu akışkanın anlık entropi değişimini hesaplayınız.

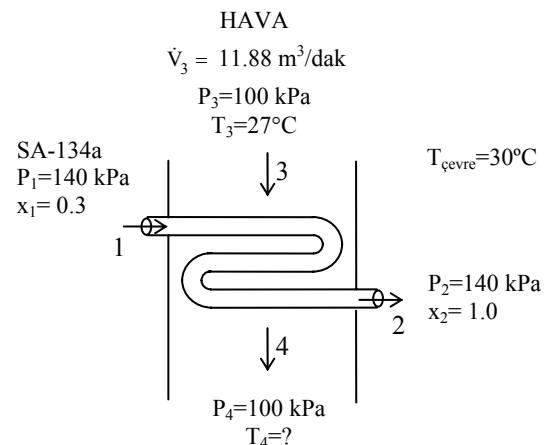
Soru 3-) Yatay bir silindir serbest hareket edebilen, sızdırmaz, sürtünmesiz ve mükemmel bir şekilde yalıtılmış olan bir pistonla iki bölmeye ayrılmıştır. Başlangıçta pistonun sol tarafında (A) 40°C sıcaklıkta 0.15 m^3 hava, sağ tarafında (B) ise 120°C sıcaklıkta kuruluk derecesi 0.2 olan 0.15 m^3 ıslak su buharı bulunmaktadır. Silindirin her tarafı, su buharı bulunan taban hariç, yalıtılmıştır. Daha sonra 450 K sıcaklığındaki bir ısı kaynağından hacmi 0.2 m^3 olana kadar suya yavaş yavaş ısı geçişi olmaktadır. Mükemmel gaz olan havanın hal değişimini izentropik ($k = 1.4$) ve özgül ısılarını değişken kabul ederek,



- (a) Havanın; ilk halde basıncını, son halde basınç ve sıcaklığını, kütlelerini,
- (b) Suyun kütlelerini, son halde sıcaklığını,
- (c) Suyu olan ısı geçişini,
- (d) Bu hal değişiminde; havanın, suyun, ısı kaynağının entropi değişimlerini ve entropi üretimini hesaplayınız.

Soru 4-) Hava pencere tipi bir klima cihazının buharlaştırıcısına 100 kPa basınç ve 27°C sıcaklıkta $11.88\text{ m}^3/\text{dakika}$ debiyle girmektedir. Soğutucu akışkan-134a ise buharlaştırıcıya 140 kPa basınçta, 0.3 kuruluk derecesiyle girmekte aynı basınçta doymuş buhar olarak çıkmaktadır. Soğutucu akışkan-134a'nın debisi 1.81 kg/dakikadır. Her iki akış da sürekliidir. 30°C sıcaklıktaki çevre ortamdan klima cihazına 33 kJ/dakika ısı geçişi olduğunu kabul ederek

- (a) Havanın çıkış sıcaklığını,
 - (b) birim zamandaki entropi üretimini hesaplayınız.
- (Havayı mükemmel gaz ve özgül ısılarını sabit kabul ediniz. Özgül ısıların oda sıcaklığındaki değerlerini alınız.)

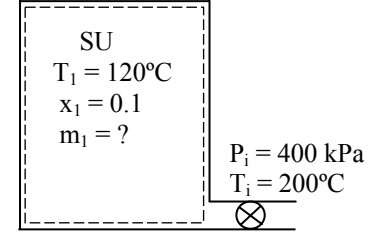


Süre : 120 dakika / Ders notları ve kitaplar kapalıdır. Sınavda kullanılacak Tablolar size verilecektir.

B A Ş A R I L A R

Soru 1-) (I) Hacmi 8 L olan sabit hacimli rijit bir depoda başlangıçta 120^0 C sıcaklık ve 0.1 kuruluk derecesinde su bulunmaktadır. Depo bir vana ile içinden 400 kPa basınçta ve 200^0 C sıcaklıkta su akan bir boruya bağlıdır. Vana açılmakta ve depo içindeki basınç 300 kPa olana kadar açık tutulmaktadır. Bu sırada depoya 0.4 kg su girmekte ve 25^0 C sıcaklıktaki çevreye ısı geçişi olmaktadır.

- (a) Son halde depo içindeki su kütlesini bulunuz.
 (b) Son halde depo içindeki suyun özgül iç enerjisini hesaplayınız,
 (c) Hal değişimi sırasında çevreye olan ısı geçişini belirleyiniz.



Çözüm:

Sistem: Depo (açık sistem, KH, DADA)

$$\text{Başlangıç hali : } \left. \begin{array}{l} T_1 = 120^\circ\text{C} \\ x_1 = 0.1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_1 = 198.53\text{ kPa} \\ u_1 = u_f + x_1 u_{fg} = 503.5 + 0.1 \times 2025.8 = 706.08\text{ kJ/kg} \\ v_1 = v_f + x_1 v_{fg} = 0.00106 + (0.1) \times (0.8919 - 0.00106) = 0.09014\text{ m}^3/\text{kg} \end{array}$$

$$m_1 = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.008}{0.09014} = 0.089\text{ kg}$$

Son hal : $P_2 = 300\text{ kPa}$

$$\text{Giriş hali : } \left. \begin{array}{l} P_i = 400\text{ kPa} \\ T_i = 200^\circ\text{C} \end{array} \right\} h_i = 2860.5\text{ kJ/kg}$$

Birinci Yasa: ($W \sim 0, \Delta KE \sim 0, \Delta PE \sim 0$)

$$Q_d - W_d^{\text{neto}} + m_1 h_i = m_2 u_2 - m_1 u_1$$

(a) Kütlenin korunumu:

$$m_2 = m_1 + m_i \longrightarrow m_2 = 0.089 + 0.4 = 0.489\text{ kg}$$

$$(b) \quad v_2 = \frac{V_2}{m_2} = \frac{0.008}{0.489} = 0.01637\text{ m}^3/\text{kg}, \quad P_2 = 300\text{ kPa}$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.01637 - 0.001073}{0.6058 - 0.001073} = 0.0253$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fg} = 561.15 + 0.0253 \times 1982.4 = 611.31\text{ kJ/kg}$$

(c) Birinci yasadın:

$$\begin{aligned} Q &= 0.489 \times 611.31 - 0.089 \times 706.08 - 0.4 \times 2860.5 \\ &= 298.8 - 62.66 - 1144.2 \\ &= -908.1\text{ kJ} \end{aligned}$$

Soru 2-) (N) Yeni geliştirilen bir ısı makinasının 180 C sıcaklığındaki bir ısı kaynağından çektiği ısı ile debisi 0,2 kg/s olan 800 kPa basınçtaki doymuş sıvı R-134a soğutucu akışkanını doymuş buhar haline getirdiği ve bu makinanın 10 kW iş ürettiği ifade edilmektedir.

(a) Bu makinanın verilen şartlarda gerçekleştirilmesinin mümkün olup olamayacağını hesaplayarak gösteriniz .

(b) Isı makinasının sıcak ısı kaynağından çektiği ısıyı, soğuk ısı kaynağına terkettiği ısı miktarını ve verimini bulunuz.

(c) Sıcak ve soğuk ısı kaynaklarının ve R-134a soğutucu akışkanın anlık entropi değişimini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$T_{\text{doy}} = 31.31 \text{ C} \quad @P=800 \text{ kPa} \quad h_{\text{sb}} = 171.82 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} * h_{\text{sb}} = 0.2 * 171.82 = 34.364 \text{ kW}$$

$$T_{\text{soğ}} = 31.31 + 273.15 = 304.46 \text{ K}$$

$$T_{\text{sıc}} = 180 + 273.15 = 453.15$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_{\text{soğ}}}{T_{\text{sıc}}} = 1 - \frac{304.46}{453.15} = 0.328$$

$$\eta = \frac{10}{44.364} = 0.2254$$

$$\dot{Q}_{\text{sıc}} = 10 + 34.364 = 44.364 \text{ kW}$$

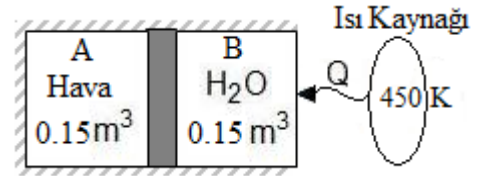
$$\Delta S = \dot{m} * (s_g - s_f) = 0.2 * 0.56431 = 0.112862$$

$$\Delta S_{\text{sıc}} = -\frac{\dot{Q}_{\text{sıc}}}{T_{\text{sıc}}} = -\frac{44.364}{453.15} = -0.097901 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{\text{soğ}} = \frac{\dot{Q}_{\text{soğ}}}{T_{\text{soğ}}} = \frac{34.364}{304.46} = 0.112868 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

Soru 3-) (L) Yatay bir silindir serbest hareket edebilen, sızdırmaz, sürtünmesiz ve mükemmel bir şekilde yalıtılmış olan bir pistonla iki bölmeye ayrılmıştır. Başlangıçta pistonun sol tarafında (A) 40°C sıcaklıkta 0.15 m³ hava, sağ tarafında (B) ise 120°C sıcaklıkta kuruluk derecesi 0.2 olan 0.15 m³ ıslak su buharı bulunmaktadır. Silindirin her tarafı, su buharı bulunan taban hariç, yalıtılmıştır. Daha sonra 450 K sıcaklığındaki bir ısı kaynağından hacmi 0.2 m³ olana kadar suya yavaş yavaş ısı geçişi olmaktadır. Mükemmel gaz olan havanın hal değişimini izentropik ($k = 1.4$) ve özgül ısılarını değişken kabul ederek,

(a) Havanın; ilk halde basıncını, son halde basınç ve sıcaklığını, kütlesini,
(b) Suyun kütlesini, son halde sıcaklığını, (c) Suyu olan ısı geçişini,
(d) Bu hal değişiminde; havanın, suyun, ısı kaynağının entropi değişimlerini ve entropi üretimini hesaplayınız.



Çözüm: (Değişken Özgül Isılar Yaklaşımıyla)

A Tarafı a)

$$V_{2B} = 0.2 \rightarrow V_{2A} = 0.3 - V_{2B} = 0.3 - 0.2 = 0.1$$

$$P_1 = P_{\text{doyma}@120^\circ\text{C}} = 198.67 \text{ kPa} \quad \text{Pistonun iki tarafında basınç aynıdır.}$$

$$P_1 V_1 = m R T_1 \quad 198.67 \times 0.15 = m \times 0.287 \times (273 + 40) \quad m = 0.332 \text{ kg}$$

$$v_1 = \frac{V_1}{m} = \frac{0.15}{0.332} = 0.4518 \text{ m}^3/\text{kg} \quad v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{0.1}{0.332} = 0.3012 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Hava tablosundan interpolasyonla;

$$T_1 = 313 \text{ K} \rightarrow v_{r1} = 558.8 \quad P_{r1} = 1.6082 \quad u_1 = 223.41 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_{r2}}{v_{r1}} \quad \frac{0.3012}{0.4518} = \frac{v_{r2}}{558.8} \quad v_{r2} = 372.53$$

Hava tablosundan interpolasyonla;

$$v_{r2} = 372.53 \rightarrow T_2 = 367.97 \text{ K} \quad P_{r2} = 2.8379 \quad u_2 = 262.99 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{r2}}{P_{r1}} \quad \frac{P_2}{198.67} = \frac{2.8379}{1.6082} \quad P_2 = 350.58 \text{ kPa}$$

B Tarafı b)

$$v_1 = v_f + x_1 v_{fg} = 0.001060 + 0.2(0.89133 - 0.001060) = 0.179114 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_1 = u_f + x_1 u_{fg} = 503.60 + 0.2(2025.3) = 908.66 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 s_{fg} = 1.5279 + 0.2(5.6013) = 2.64816 \text{ kJ/kg.K}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.15}{0.179114} = 0.8375 \text{ kg}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{0.2}{0.8375} = 0.2388 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_2 = 350.58 \approx 350 \text{ kPa} \rightarrow v_f = 0.001079 \text{ m}^3/\text{kg} \quad v_g = 0.52422 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_f < v_2 < v_g \text{ olduğundan son hal ıslak buhardır.} \quad T_2 = T_{\text{doyma}@350 \text{ kPa}} = 138.86^\circ\text{C}$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_{fg}} = \frac{0.2388 - 0.001079}{0.52422 - 0.001079} = 0.4544$$

$$s_2 = s_f + x_2 s_{fg} = 1.7274 + 0.4544(5.2128) = 4.0961 \text{ kJ/kg.K}$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fg} = 583.89 + 0.4544(1964.5) = 1476.56 \text{ kJ/kg}$$

c) Kapalı Sistem: A ve B'deki toplam kütle

$$1. \text{ yasa} \quad Q - W = \Delta U \quad W = 0$$

$$Q = \Delta U = \Delta U_A + \Delta U_B = [m(u_2 - u_1)]_A + [m(u_2 - u_1)]_B$$

$$Q = [0.332(262.99 - 223.41)]_A + [0.8375(1476.56 - 908.66)]_B = 488.76 \text{ kJ}$$

d) $\Delta S_A = 0$ (İzentropik h.d.)

$$\Delta S_B = [m(s_2 - s_1)]_B = 0.8375(4.0961 - 2.64816) = 1.2126 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\Delta S_{kaynak} = \frac{Q_{kaynak}}{T_{kaynak}} = \frac{-Q}{T_{kaynak}} = \frac{-488.46}{450} = -1.0855 \text{ kJ/kg.K}$$

$$S_{üretim} = \Delta S_A + \Delta S_B + \Delta S_{kaynak} = 0 + 1.2126 - 1.0855 = 0.1271 \text{ kJ/kg.K}$$

Çözüm: (Sabit Özgül Isılar Yaklaşımıyla)

A Tarafı a)

$$V_{2B} = 0.2 \rightarrow V_{2A} = 0.3 - V_{2B} = 0.3 - 0.2 = 0.1$$

$$P_1 = P_{doyma@120C} = 198.67 \text{ kPa} \quad \text{Pistonun iki tarafında basınç aynıdır.}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k \quad \frac{P_2}{198.67} = \left(\frac{0.15}{0.1}\right)^{1.4} \quad P_2 = 350.48 \text{ kPa}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \quad \frac{T_2}{273 + 40} = \left(\frac{0.15}{0.1}\right)^{1.4-1} \quad T_2 = 368.11 \text{ K}$$

$$PV_1 = mRT_1 \quad 198.67 \times 0.15 = m \times 0.287 \times (273 + 40) \quad m = 0.332 \text{ kg}$$

Hava tablosundan interpolasyonla;

$$T_1 = 313 \text{ K} \rightarrow u_1 = 223.41 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 368.11 \text{ K} \rightarrow u_2 = 262.99 \text{ kJ/kg}$$

B Tarafı b)

$$v_1 = v_f + x_1 v_{fg} = 0.001060 + 0.2(0.89133 - 0.001060) = 0.179114 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_1 = u_f + x_1 u_{fg} = 503.60 + 0.2(2025.3) = 908.66 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 s_{fg} = 1.5279 + 0.2(5.6013) = 2.64816 \text{ kJ/kg.K}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.15}{0.179114} = 0.8375 \text{ kg}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{0.2}{0.8375} = 0.2388 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_2 = 350.48 \approx 350 \text{ kPa} \rightarrow v_f = 0.001079 \text{ m}^3/\text{kg} \quad v_g = 0.52422 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_f < v_2 < v_g \text{ olduğundan son hal ıslak buhardır.} \quad T_2 = T_{doyma@350 \text{ kPa}} = 138.86 \text{ C}$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_{fg}} = \frac{0.2388 - 0.001079}{0.52422 - 0.001079} = 0.4544$$

$$s_2 = s_f + x_2 s_{fg} = 1.7274 + 0.4544(5.2128) = 4.0961 \text{ kJ/kg.K}$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fg} = 583.89 + 0.4544(1964.5) = 1476.56 \text{ kJ/kg}$$

c) Kapalı Sistem: A ve B'deki toplam kütle

$$1. \text{ yasa} \quad Q - W = \Delta U \quad W = 0$$

$$Q = \Delta U = \Delta U_A + \Delta U_B = [m(u_2 - u_1)]_A + [m(u_2 - u_1)]_B$$

$$Q = [0.332(262.99 - 223.41)]_A + [0.8375(1476.56 - 908.66)]_B = 488.76 \text{ kJ}$$

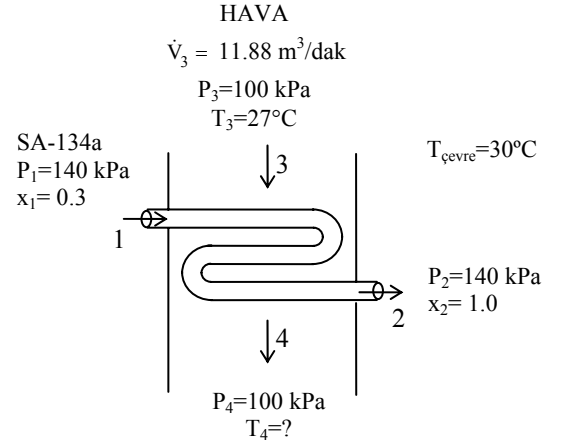
d) $\Delta S_A = 0$ (İzentropik h.d.)

$$\Delta S_B = [m(s_2 - s_1)]_B = 0.8375(4.0961 - 2.64816) = 1.2126 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\Delta S_{kaynak} = \frac{Q_{kaynak}}{T_{kaynak}} = \frac{-Q}{T_{kaynak}} = \frac{-488.46}{450} = -1.0855 \text{ kJ/kg.K}$$

$$S_{üretim} = \Delta S_A + \Delta S_B + \Delta S_{kaynak} = 0 + 1.2126 - 1.0855 = 0.1271 \text{ kJ/kg.K}$$

Soru 4-) Hava pencere tipi bir klima cihazının buharlaştırıcısına 100 kPa basınç ve 27°C sıcaklıkta 11.88 m³/dakika debiyle girmektedir. Soğutucu akışkan-134a ise buharlaştırıcıya 140 kPa basınçta, 0.3 kuruluk derecesiyle girmekte aynı basınçta doymuş buhar olarak çıkmaktadır. Soğutucu akışkan-134a'nın debisi 1.81 kg/dakikadır. Her iki akış da sürekli. 30°C sıcaklıktaki çevre ortamdan klima cihazına 33 kJ/dakika ısı geçişi olduğunu kabul ederek **(a)** Havanın çıkış sıcaklığını, **(b)** birim zamandaki entropi üretimini hesaplayınız. (Havaı mükemmel gaz ve özgül ısılarını sabit kabul ediniz. Özgül ısıların oda sıcaklığındaki değerlerini alınız.)



(a) Açık Sistem (Kontrol Hacmi): Buharlaştırıcı (SASA)

Giriş Halleri: $P_1 = 140 \text{ kPa}$, $x_1 = 0.3$ (SA-134a)

$P_3 = 100 \text{ kPa}$, $T_3 = 27^\circ\text{C}$ (Hava)

Çıkış Halleri: $P_2 = 140 \text{ kPa}$, $x_2 = 1.0$ (SA-134a)

$P_4 = 100 \text{ kPa}$, $T_4 = ?$ (Hava)

Soğutucu akışkan-134a Tablolarından,

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 140 \text{ kPa} \\ x_1 = 0.3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = h_f + x_1 h_{fg} = 27.08 + (0.3) \times (212.08) = 90.70 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_f + x_1 s_{fg} = 0.11087 + (0.3) \times (0.83368) = 0.36097 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 140 \text{ kPa} \\ x_2 = 1.0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = h_{g,140\text{kPa}} = 239.16 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_{g,140\text{kPa}} = 0.94456 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array}$$

Hava mükemmel gaz kabul edilirse, girişteki havanın özgül hacmi:

$$v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{0.287 \times 300}{100} = 0.861 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m}_{\text{hava}} = \frac{\dot{V}_3}{v_3} = \frac{11.88}{0.861} = 13.8 \text{ kg/dakika} \quad (0.23 \text{ kg/s})$$

$$\text{Kütlenin Korunumu: } \sum \dot{m}_\phi = \sum \dot{m}_g \quad \longrightarrow \quad \dot{m}_2 = \dot{m}_1 = \dot{m}_{\text{SA}} \quad \text{ve} \quad \dot{m}_4 = \dot{m}_3 = \dot{m}_{\text{hava}}$$

$$\dot{Q} = 33 \text{ kJ/dakika} \quad (0.55 \text{ kW})$$

Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilirse sürekli akışlı açık sistem için

$$\text{Enerjinin Korunumu: } \dot{Q} - \dot{W}^{\text{ş0}} = \sum \dot{m}_\phi h_\phi - \sum \dot{m}_g h_g \quad \longrightarrow \quad \dot{Q} = \sum \dot{m}_\phi h_\phi - \sum \dot{m}_g h_g$$

$$\dot{Q} = (\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_4 h_4) - (\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_3 h_3) \quad \longrightarrow \quad \dot{Q} = \dot{m}_{\text{SA}} (h_2 - h_1) + \dot{m}_{\text{hava}} (h_4 - h_3)$$

$$\text{Havanın özgül ısıları sabit kabul edilirse, } \dot{Q} = \dot{m}_{\text{SA}} (h_2 - h_1) + \dot{m}_{\text{hava}} c_{po} (T_4 - T_3)$$

$$T_4 = T_3 + \frac{\dot{Q} - \dot{m}_{\text{SA}} (h_2 - h_1)}{\dot{m}_{\text{hava}} c_{po}} = 27^\circ\text{C} + \frac{33 - 1.81 \times (239.16 - 90.70)}{13.8 \times 1.005} = 10^\circ\text{C}$$

(b) Sadece çevresiyle ısı alışverişinde bulunan sürekli akışlı açık sistem için birim zamandaki entropi üretimi:

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_\phi s_\phi - \sum \dot{m}_g s_g + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \quad \Rightarrow \quad \dot{S}_{\text{üretim}} = (\dot{m}_4 s_4 + \dot{m}_2 s_2) - (\dot{m}_3 s_3 + \dot{m}_1 s_1) + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}}$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \dot{m}_{\text{SA}} (s_2 - s_1) + \dot{m}_{\text{hava}} (s_4 - s_3) + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}}$$

$$\text{Burada } s_4 - s_3 = c_{po} \ln \frac{T_4}{T_3} - R \ln \frac{P_4}{P_3} \stackrel{\text{ş0}}{=} c_{po} \ln \frac{T_4}{T_3} = 1.005 \times \ln \frac{283}{300} = -0.05863 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} &= 1.81 \times (0.94456 - 0.36097) + 13.8 \times (-0.05863) + \frac{-33}{303} \\ &= 0.1383 \text{ kJ/dakika} \cdot \text{K} = \mathbf{0.0023 \text{ kW/K}} \end{aligned}$$