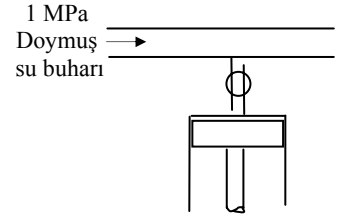


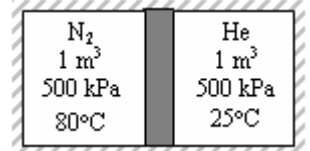
MAK 212 - TERMODİNAMİK (CRN: 20662, 20664, 20667, 20669)

2006-2007 BAHAR YARIYILI - ARA SINAV 2

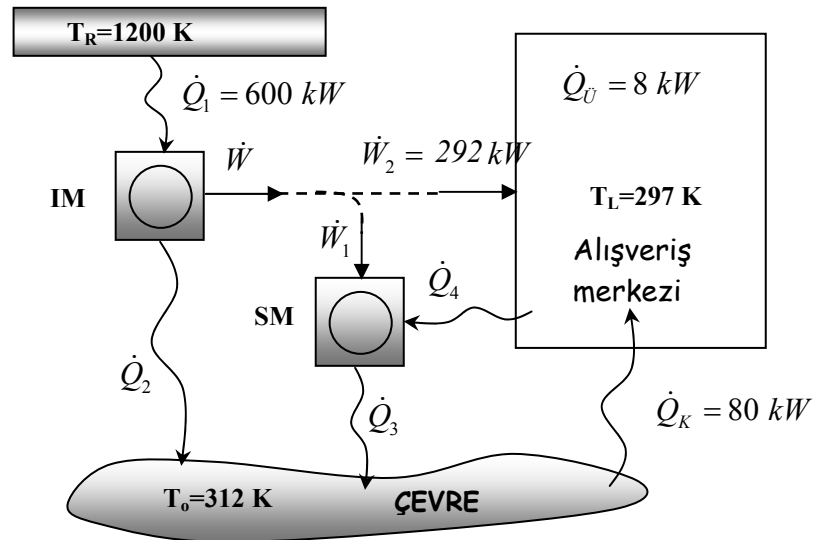
Soru 1-) Şekilde görülen yalıtılmış piston-silindir düzeneğinin vanası piston en üst konumda iken açılmakta ($V=0 \text{ m}^3$) ve hacim 0.002 m^3 olana kadar silindire bir boruda akan 1 MPa basıncında doymuş buhar girmektedir. Vana bu noktada kapatılmaktadır. Bu konumda silindir içinde 1 MPa basıncında doymuş buhar olduğu kabul edilebilir. Buhar daha sonra tersinir bir biçimde 300 kPa basınca genişlemektedir.. **(a)** Son haldeki kuruluk derecesini ve hacmi, **(b)** yapılan toplam işi hesaplayınız.



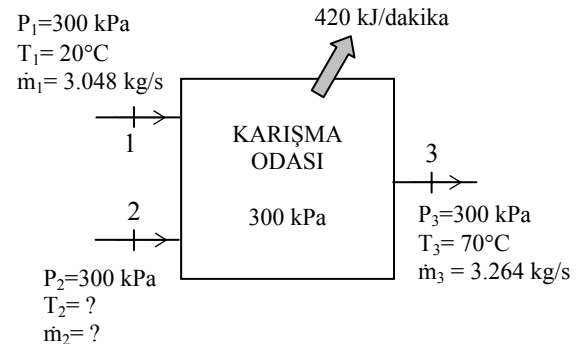
Soru 2-) Yalıtılmış yatay bir silindir serbest hareket edebilen fakat sızdırmaz olan bir pistonla iki bölmeye ayrılmıştır. Başlangıçta pistonun bir tarafında 500 kPa basınç ve 80°C sıcaklıkta 1 m^3 azot gazı, diğer tarafında ise 500 kPa basınç ve 25°C sıcaklıkta 1 m^3 helyum gazı bulunmaktadır. Daha sonra piston aracılığıyla olan ısı geçişi sonucu silindir içinde ısı denge kurulmaktadır. Oda sıcaklığında sabit özgül ısılar kabul ederek, **(a)** son halde silindir içindeki denge sıcaklığını, **(b)** son halde silindir içindeki denge basıncını, **(c)** bu hal değişimi sırasında entropi üretimini hesaplayınız.



Soru 3-) Bir alışveriş merkezi iç sıcaklığı 297 K değerinde tutulmak isteniyor. 312 K değerinde olan çevre ortamdan bu merkeze birim zamanda geçen ısı enerjisi (ısı kazancı) 80 kW olup içerde insanlardan birim zamanda üretilen ısı miktarı da 8 kW 'dır. Ayrıca merkezin içinde bulunan ve elektrikle çalışan makina ve cihazların kullandığı elektrik enerjisi 292 kW 'tır. 312 K 'deki çevre ile 1200 K sıcaklığındaki sıcak ısı kaynağı arasında çalışan bir makina ile hem merkezin elektrik ihtiyacı hem de soğutma makinasını çalıştırmak için gerekli iş elde edilmek isteniyor. Isı makinası ısı kaynağından 600 kW ısı çekmektedir. **(a)** Soğutma makinasından çevreye $\dot{Q}_3 = 560 \text{ kW}$ ısı atılabilmesi mümkün müdür? Hesap yaparak gösteriniz. **(b)** Isı makinasının ısı verimi %55 ise $\dot{W}$, $\dot{W}_1$, $\dot{Q}_2$, $\dot{Q}_3$, $\dot{Q}_4$ ve soğutma makinesinin etkinlik katsayısı (soğutma tesir katsayısı) ile bütün sistemin etkinliğini (iyilik derecesini) hesaplayınız.



Soru 4-) Bir karışma odasına 300 kPa basınç ve 20°C sıcaklıkta, 3.048 kg/s debiyle giren su, burada 300 kPa basınç ve T_2 sıcaklığındaki kızgın su buharıyla karıştırılmaktadır. Karışım, karışma odasından 300 kPa basınç ve 70°C sıcaklıkta, 3.264 kg/s debiyle çıkmaktadır. Akış sürekli. 25°C sıcaklıktaki çevreye 420 kJ/dakika ısı geçişi olmaktadır. **(a)** Karışma odasına giren kızgın su buharının sıcaklığını bulunuz. **(b)** Entropi üretimini (veya toplam entropi değişimini) hesaplayınız.



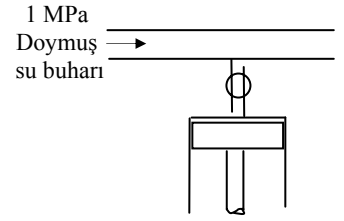
Süre : 120 dakika

Ders notları ve kitaplar kapalıdır. Sınavda kullanılacak Tablolar size verilecektir.

A4 boyutunda bir formül kağıdı kullanılabilir. Formül kağıdında konu anlatımı ve problem çözümü bulunamaz.

B A Ş A R I L A R

Soru 1-) Şekilde görülen yalıtılmış piston-silindir düzeneğinin vanası piston en üst konumda iken açılmakta ($V=0 \text{ m}^3$) ve hacim 0.002 m^3 olana kadar silindire bir boruda akan 1 MPa basıncında doymuş buhar girmektedir. Vana bu noktada kapatılmaktadır. Bu konumda silindir içinde 1 MPa basıncında doymuş buhar olduğu kabul edilebilir. Buhar daha sonra tersinir bir biçimde 300 kPa basınca genişlemektedir. **(a)** Son haldeki kuruluk derecesini ve hacmi, **(b)** yapılan toplam işi hesaplayınız.



Çözüm: Problemi iki aşamada inceleyelim.

Doldurma (1-2, DADA), Genişleme (2-3 Kapalı sistem)

(a) Doldurma, Sistem : Silindirin içi (DADA, $\Delta ke \sim \Delta pe \sim 0$)

İlk hal : $m_1 = 0. \text{ kg}$, $V_1 = 0. \text{ m}^3$

Ara hal : $P_2 = 1000 \text{ kPa}$, $x_2 = 1.0$, $V_2 = 0.002 \text{ m}^3$
 $v_2 = 0.19444 \text{ m}^3 / \text{kg}$, $u_2 = 2583.6 \text{ kJ} / \text{kg}$
 $m_2 = \frac{V_2}{v_2} = \frac{0.002}{0.19444} = 0.01029 \text{ kg}$

Giriş hali : $P_i = 1 \text{ MPa}$, $x_i = 1.0$, $h_i = 2778.1 \text{ kJ/kg}$

Kütlenin korunumu: $(m_2 - m_1)_{kh} = \sum m_i - \sum m_e \xrightarrow{\text{00}} m_i = m_2 = 0.01029 \text{ kg}$

Enerjinin Korunumu:

$$Q_{kh}^{\text{00}} - W_{kh} + m_i h_i = m_2 u_2 - m_1 u_1^{\text{00}}$$

$$W_{kh} = 0.01029 \times (2778.1 - 2583.6) = 2. \text{ kJ}$$

Genişleme (Kapalı sistem, $m = 0.01029 \text{ kg}$ buhar)

Ara hal : $P_2 = 1000 \text{ kPa}$, $x_2 = 1.0$, $V_2 = 0.002 \text{ m}^3$
 $v_2 = 0.19444 \text{ m}^3 / \text{kg}$, $u_2 = 2583.6 \text{ kJ} / \text{kg}$, $s_2 = 6.5865 \text{ kJ} / \text{kg-K}$
 Son hal : $P_3 = 300 \text{ kPa}$

İkinci yasa : $s_3 - s_2 = \frac{q_{23}^{\text{00}}}{T} + s_{\text{üretim}}^{\text{00}} \Rightarrow s_3 = s_2$

$$x_3 = \frac{s_3 - s_f}{s_{fg}} = 5.3201 = 0.9238$$

$$v_3 = v_f + x_3 v_{fg} = 0.001073 + 0.9238 \times (0.6058 - 0.001073) = 0.56 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$V_3 = m_3 v_3 = 0.01029 \times 0.56 = 0.0058 \text{ m}^3$$

$$u_3 = u_f + x_3 u_{fg} = 561.15 + 0.9238 \times 1982.4 = 2392.5 \text{ kJ} / \text{kg}$$

Birinci yasa:

$$Q_{23}^{\text{00}} - W_{23} = m(u_3 - u_2)$$

$$W_{23} = m(u_2 - u_3) = 0.01029 \times (2583.6 - 2392.5) = 1.966 \text{ kJ}$$

(b) $W_{\text{toplam}} = W_{kh} + W_{23} = 2 + 1.966 = 3.966 \text{ kJ}$

Soru 2-) Yalıtılmış yatay bir silindir serbest hareket edebilen fakat sızdırmaz olan bir pistonla iki bölmeye ayrılmıştır. Başlangıçta pistonun bir tarafında 500 kPa basınç ve 80°C sıcaklıkta 1 m³ azot gazı, diğer tarafında ise 500 kPa basınç ve 25°C sıcaklıkta 1 m³ helyum gazı bulunmaktadır. Daha sonra piston aracılığıyla olan ısı geçişi sonucu silindir içinde ısıl denge kurulmaktadır. Oda sıcaklığında sabit özgül ısılar kabul ederek, **(a)** son halde silindir içindeki denge sıcaklığını, **(b)** son halde silindir içindeki denge basıncını, **(c)** bu hal değişimi sırasında entropi üretimini hesaplayınız.

N ₂ 1 m ³ 500 kPa 80°C		He 1 m ³ 500 kPa 25°C
---	--	---

Çözüm:

(a)

Azot ve helyum mükemmel gaz kabul edilir.

$$m_{N_2} = \left(\frac{P_1 V_1}{RT_1} \right)_{N_2} = \frac{(500)(1)}{(0.2968)(353)} = 4.77 \text{ kg}$$

$$m_{He} = \left(\frac{P_1 V_1}{RT_1} \right)_{He} = \frac{(500)(1)}{(2.0769)(298)} = 0.808 \text{ kg}$$

Kapalı Sistem: silindir içindeki toplam kütle

$$Q - W = \Delta U$$

$$Q = W = 0 \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow (\Delta U)_{N_2} + (\Delta U)_{He} = 0$$

$$\text{Özgül ısılar sabit olduğundan} \quad [mC_v(T_2 - T_1)]_{N_2} + [mC_v(T_2 - T_1)]_{He} = 0$$

$$(4.77)(0.743)(T_2 - 80) + (0.808)(3.1156)(T_2 - 25) = 0 \rightarrow T_2 = 57.2^\circ\text{C}$$

(b)

$$N_{top} = N_{N_2} + N_{He} = \left(\frac{m}{M} \right)_{N_2} + \left(\frac{m}{M} \right)_{He} = \frac{4.77}{28} + \frac{0.808}{4} = 0.372 \text{ kmol}$$

$$P_2 = \frac{N_{top} R_u T}{V_{top}} = \frac{(0.372)(8.314)(330.2)}{2} = 510.6 \text{ kPa}$$

(c)

$$\begin{aligned} \Delta S_{N_2} &= m \left(C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right)_{N_2} \\ &= 4.77 \left(1.039 \ln \frac{330.2 \text{ K}}{353 \text{ K}} - 0.2968 \ln \frac{510.6}{500} \right) = -0.361 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

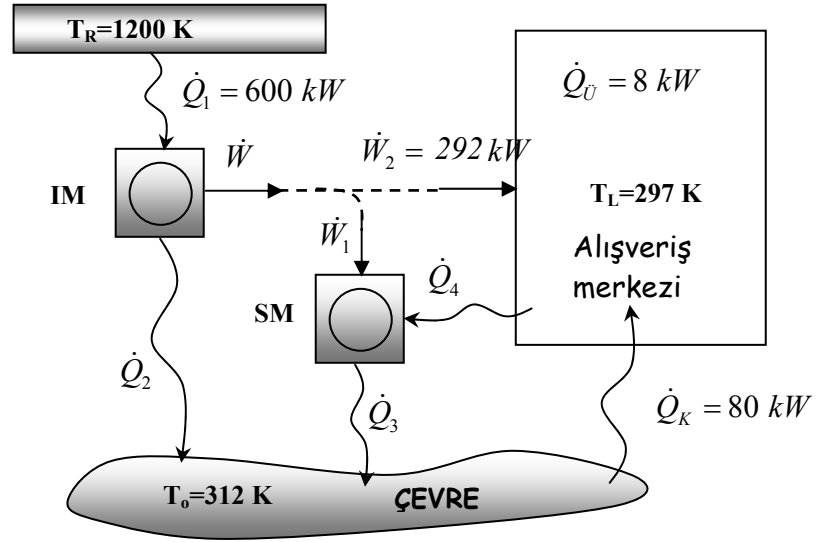
$$\begin{aligned} \Delta S_{He} &= m \left(C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right)_{He} \\ &= 0.808 \left(5.1926 \ln \frac{330.2}{353} - 2.0769 \ln \frac{510.6}{500} \right) = 0.395 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

$$\Delta S_{sis} = \Delta S_{N_2} + \Delta S_{He} = -0.361 + 0.395 = 0.034 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \quad \text{Silindir yalıtılmış olduğundan } Q_{\text{çevre}} = 0 \rightarrow \Delta S_{\text{çevre}} = 0$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{sis} + \Delta S_{\text{çevre}} = 0.034 \text{ kJ/K}$$

Soru 3-) Bir alışveriş merkezi iç sıcaklığı 297 K değerinde tutulmak isteniyor. 312 K değerinde olan çevre ortamdan bu merkeze birim zamanda geçen ısı enerjisi (ısı kazancı) 80 kW olup içerde insanlardan birim zamanda üretilen ısı miktarı da 8 kW'dır. Ayrıca merkezin içinde bulunan ve elektrikle çalışan makina ve cihazların kullandığı elektrik enerjisi 292 kW'tır. 312 K'deki çevre ile 1200 K sıcaklığındaki sıcak ısı kaynağı arasında çalışan bir makina ile hem merkezin elektrik ihtiyacı hem de soğutma makinasını çalıştırmak için gerekli iş elde edilmek isteniyor. Isı makinası ısı kaynağından 600 kW ısı çekmektedir.



(a) Soğutma makinasından çevreye $\dot{Q}_3 = 560 \text{ kW}$ ısı atılabilmesi mümkün müdür? Hesap yaparak gösteriniz.

(b) Isı makinasının ısı verimi %55 ise $\dot{W}$, $\dot{W}_1$, $\dot{Q}_2$, $\dot{Q}_3$, $\dot{Q}_4$ ve soğutma makinasının etkinlik katsayısı (soğutma tesir katsayısı) ile bütün sistemin etkinliğini (iyilik derecesini) hesaplayınız.

Çözüm:

(a) Kontrol bölgesi olarak alışveriş merkezi ve soğutma makinasını gözönüne alırsak termodinamiğin 1. yasası

$$\dot{W} + \dot{Q}_K + \dot{Q}_U = \dot{Q}_3 \quad \dot{W} = 560 - 80 - 8 = 472 \text{ W} \quad \text{ısı makinası verimi } \eta_{th} = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_1} = \frac{472}{600} = 0.7867$$

olması gerekir. Diğer taraftan Carnot ısı makinası verimi

$$\eta_C = \eta_{th,cr} = 1 - \frac{T_o}{T_R} = 1 - \frac{312}{1200} = 0.74 \quad \text{olduğu bulunur ki ısı makinası verimi bu değeri geçemez.}$$

Dolayısıyla $\dot{Q}_3 = 560 \text{ kW}$ değerinde OLAMAZ.

(b) Isı makinası verimi 0.55 olduğuna göre

$$\dot{W} = \eta \dot{Q}_1 = 0.55 \times 600 = 330 \text{ kW} \quad \dot{Q}_2 = \dot{Q}_1 - \dot{W} = 600 - 330 = 270 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_1 = \dot{W} - \dot{W}_2 = 330 - 292 = 38 \text{ kW}$$

$$\text{Alışveriş merkezi için 1. yasa } \dot{Q}_4 = \dot{W}_2 + \dot{Q}_U + \dot{Q}_K = 292 + 8 + 80 = 380 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_3 = \dot{W}_1 + \dot{Q}_4 = 38 + 380 = 418 \text{ kW}$$

$$\text{Soğutma makinası için } COP_{SM} = \frac{\dot{Q}_4}{\dot{W}_1} = \frac{380}{38} = 10 \quad \text{diğer taraftan tersinir Carnot soğutma makinası için}$$

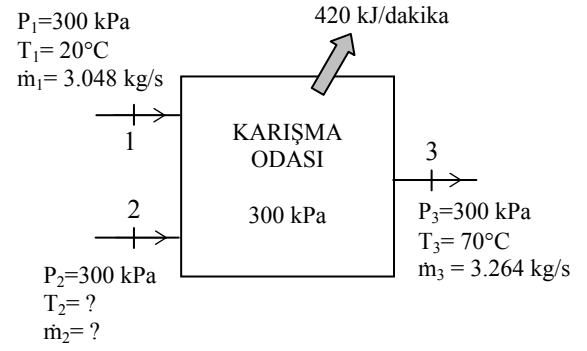
$$\text{soğutma tesir katsayısı } COP_{SM,cr} = COP_C = \frac{T_L}{T_o - T_L} = \frac{297}{312 - 297} = 19.8 \quad \text{olduğuna göre bulunan soğutma}$$

makinası COP si 10 olabilir.

Bütün sistemin etkenliği

$$e = ID = \frac{\text{amacımız}}{\text{harcadığımız}} = \frac{\dot{W}_2 + \dot{Q}_4}{\dot{Q}_1} = \frac{292 + 380}{600} = 1.13$$

Soru 4-) Bir karışma odasına 300 kPa basınç ve 20°C sıcaklıkta, 3.048 kg/s debiyle giren su, burada 300 kPa basınç ve T_2 sıcaklığındaki kızgın su buharıyla karıştırılmaktadır. Karışım, karışma odasından 300 kPa basınç ve 70°C sıcaklıkta, 3.264 kg/s debiyle çıkmaktadır. Akış süreklidir. 25°C sıcaklıktaki çevreye 420 kJ/dakika ısı geçişi olmaktadır. **(a)** Karışma odasına giren kızgın su buharının sıcaklığını bulunuz. **(b)** Entropi üretimini (veya toplam entropi değişimini) hesaplayınız.



Çözüm:

- (a)** Açık sistem : Karışma Odası (SASA)
 Giriş halleri : $P_1 = 300 \text{ kPa}$, $T_1 = 20^\circ\text{C}$
 $P_2 = 300 \text{ kPa}$, $T_2 = ?$
 Çıkış hali : $P_3 = 300 \text{ kPa}$, $T_3 = 70^\circ\text{C}$

Kütlenin korunumu :

$$\sum \dot{m}_\phi = \sum \dot{m}_g$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 - \dot{m}_1 = 3.264 - 3.048 = 0.216 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q} = -420 \text{ kJ/dakika} = -7 \text{ kW}$$

$$\dot{W} = 0$$

PE ve KE değişimleri ihmal edilebilir.

Enerjinin Korunumu :

$$\dot{Q} - \dot{W}^{n0} = \sum \dot{m}_\phi h_\phi - \sum \dot{m}_g h_g \longrightarrow \dot{Q} = \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{\dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_1 h_1 - \dot{Q}}{\dot{m}_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 300 \text{ kPa} \\ T_1 = 20^\circ\text{C} \end{array} \right\} h_1 \cong h_{f,20^\circ\text{C}} = 83.96 \text{ kJ/kg}, \quad s_1 \cong s_{f,20^\circ\text{C}} = 0.2966 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 300 \text{ kPa} \\ T_3 = 70^\circ\text{C} \end{array} \right\} h_3 \cong h_{f,70^\circ\text{C}} = 292.98 \text{ kJ/kg}, \quad s_3 \cong s_{f,70^\circ\text{C}} = 0.9549 \text{ kJ/kg-K}$$

$$h_2 = \frac{\dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_1 h_1 - \dot{Q}}{\dot{m}_2} = \frac{3.264 \times 292.98 - 3.048 \times 83.96 - (-7)}{0.216} \cong 3275 \text{ kJ/kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 300 \text{ kPa} \\ h_2 = 3275 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} T_2 = 400^\circ\text{C}, \quad s_2 = 8.033 \text{ kJ/kg-K}$$

(b) Entropi Üretimi

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_\phi s_\phi - \sum \dot{m}_g s_g + \frac{\dot{Q}_{\text{çev}}}{T_{\text{çev}}} = \sum \dot{m}_\phi s_\phi - \sum \dot{m}_g s_g - \frac{\dot{Q}}{T_{\text{çev}}}$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_2 s_2 - \frac{\dot{Q}}{T_{\text{çev}}} = 3.264 \times 0.9549 - 3.048 \times 0.2966 - 0.216 \times 8.033 - \frac{(-7)}{298}$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = 0.501 \text{ kW/K}$$