

İTÜ Makina Fakültesi
İmalat Mühendisliği
TERMODİNAMİK ve ISI İLETİMİ
-ARA SINAV-1

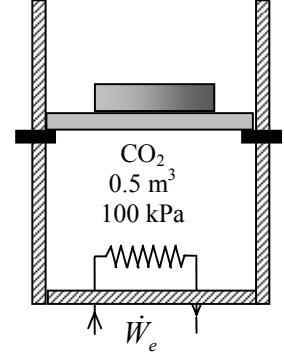
15.03.2011

Soru 1-) 1200 kg kütlesi olan hasarlı bir araba bir kamyon tarafından çekilmektedir. Sürtünme ve hava direncini ihmal edin. Aracı çekmek için fazladan gerekecek gücü,

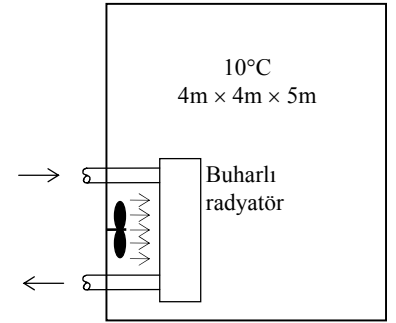
- (a) düz yolda sabit hızla giderken,
- (b) 30 eğimli yokuş yukarı bir yolda 50 km/h hızla giderken,
- (c) düz yolda durma konumundan 90 km/h hıza 12 s’de ulaşırken

hesaplayın.

Soru 2-) Isı geçişine karşı mükemmel şekilde yalıtılmış bir piston silindir düzeneğinde başlangıçta 100 kPa basınç ve 27 C sıcaklıkta karbondioksit (CO₂) gazı bulunmaktadır. Piston şekilde görüldüğü gibi durdurucular üzerinde durmaktadır ve bu halde piston altındaki hacim 0.5 m³’tür. Pistonu hareket ettirmek için (atmosfer basıncı, piston ve üzerinde kütle dahil) 400 kPa basınç gereklidir. Daha sonra silindir içinde bulunan 100 W gücündeki bir elektrikli ısıtıcı çalıştırılmakta ve gaz hacminin iki katına çıkması sağlanmaktadır. (a) gerekli elektrik işini (b) 100 W’lık ısıtıcının çalıştırılma süresini bulunuz. (c) Hal değişimini P-V diyagramında sabit sıcaklık eğrilerini de göstererek çiziniz.



Soru 3-) 4 m x 4 m x 5 m boyutlarında iyi yalıtılmış bir oda buharlı ısıtma sisteminin radyatörüyle ısıtılmaktadır. Radyatörün arkasına konan 120 W gücünde bir fan ile radyatörden odaya ısı geçişi artırılmaktadır. Radyatörün giriş ve çıkış vanaları kapalıdır ve başlangıçta radyatörde 200 kPa basınç ve 200°C sıcaklıkta 15 L kızgın buhar bulunmaktadır. Oda sıcaklığı başlangıçta 10°C tır. Yarım saat sonra buhar basıncının odaya olan ısı geçişi sonunda 100 kPa’ düştüğü görülmektedir. Yarım saat sonundaki oda sıcaklığını hesaplayınız. Odadaki hava basıncının 100 kPa’da sabit kaldığı kabul edilebilir. Ayrıca odadaki hava için özgül ısılar sabit alınıp 300 K’deki değerleri kullanılabilir.



Sınav Süresi: 90 dakika

B A Ş A R I L A R

Bölüm 3 / $W_e = VI\Delta t$ $W_{yay} = \frac{1}{2}k_{yay}(x_2^2 - x_1^2)$

Bölüm 4 / $v = \mathcal{V}/m = 1/\rho$, $\bar{v} = \mathcal{V}/n$, $m = Mn$, $Pv = RT$, $h = u + Pv$, $x = \frac{m_g}{m}$, $v = v_f + x(v_g - v_f)$

Bölüm 5 / $W = \int_1^2 P d\mathcal{V}$, $W = \int_1^2 P_K d\mathcal{V}$, $Pv^n = \text{sabit} \rightarrow W = \int_1^2 P(\mathcal{V}) d\mathcal{V} = \frac{P_2 \mathcal{V}_2 - P_1 \mathcal{V}_1}{1-n}$

$E = U + \frac{1}{2}m|\mathbf{V}|^2 + mgz = me$, $dE = \delta Q - \delta W$, $E_2 - E_1 = Q_{12} - W_{12}$, $c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v$, $c_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p$

$\Delta u = u_2 - u_1 = \int_1^2 c_v(T) dT \cong c_{v0}(T_2 - T_1)$, $\Delta h = h_2 - h_1 = \int_1^2 c_p(T) dT \cong c_{p0}(T_2 - T_1)$

$c_{p0} = c_{v0} + R$, $k = c_{p0} / c_{v0}$

Soru 1-) 1200 kg kütlesi olan hasarlı bir araba bir kamyon tarafından çekilmektedir. Sürtünme ve hava direncini ihmal edin. Aracı çekmek için fazladan gerekecek gücü,

- (a) düz yolda sabit hızla giderken,
- (b) 30 eğimli yokuş yukarı bir yolda 50 km/h hızla giderken,
- (c) düz yolda durma konumundan 90 km/h hıza 12 s'de ulaşırken

hesaplayın.

Çözüm :

Kontrol kütlesi: Hasarlı araba, 1200 kg

İlk hal: Hız, V_1 , konum, z_1

Sürtünme ve hava direnci ihmal

Sıcaklık değişimi yok

(a) Son hal : Hız, $V_2=V_1$ konum, $z_2=z_1$

Termo. 1. yasa

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{12} - \dot{W}_{12} = 0 \rightarrow \dot{W}_{12} = 0$$

(b) Son hal : Hız, $V_2=V_1=50$ km/h, konum, $z_2=z_1 \sin 30$

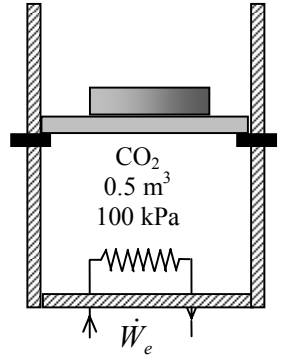
$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{12} - \dot{W}_{12} = 0 \rightarrow \dot{W}_{12} = \frac{d}{dt}(mgz) = mg \frac{dz}{dt} = mgV \sin 30$$

$$\dot{W}_{12} = mgV \sin 30^\circ = (1200)(9.8) \left(\frac{50,000}{3600} \right) \left(\frac{1}{1000} \right) (0.5) = \mathbf{81.7kW}$$

(c) Son hal : Hız, $V_2=90$ km/h, konum, $z_2=z_1$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{12} &= \frac{1}{2} m (\mathbf{V}_2^2 - \mathbf{V}_1^2) / \Delta t \\ &= \frac{1}{2} (1200) \left(\left(\frac{90,000}{3600} \right)^2 - 0 \right) \left(\frac{1}{1000} \right) / (12) = \mathbf{31.25kW} \end{aligned}$$

Soru 2-) Isı geçişine karşı mükemmel şekilde yalıtılmış bir piston silindir düzeneğinde başlangıçta 100 kPa basınç ve 27 C sıcaklıkta karbondioksit (CO₂) gazı bulunmaktadır. Piston şekilde görüldüğü gibi durdurucular üzerinde durmaktadır ve bu halde piston altındaki hacim 0.5 m³'tür. Pistonu hareket ettirmek için (atmosfer basıncı, piston ve üzerinde kütle dahil) 400 kPa basınç gereklidir. Daha sonra silindir içinde bulunan 100 W gücündeki bir elektrikli ısıtıcı çalıştırılmakta ve gaz hacminin iki katına çıkması sağlanmaktadır. (a) gerekli elektrik işini (b) 100 W'lık ısıtıcının çalıştırılma süresini bulunuz. (c) Hal değişimini P-V diyagramında sabit sıcaklık eğrilerini de göstererek çiziniz.



Çözüm :

Kapalı Sistem: PS içindeki CO₂ gazı

İlk hal: P₁=100 kPa, T₁=27 C, V₁=0.1 m³

Son hal : P₂=150 kPa, V₂=2V₁=1 m³

1-2 Dengesiz hal değişimi

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{(100)(0.1)}{(0.1889)(27 + 273.15)} = 0.1764 \text{ kg}$$

$$\text{Hareketli sınır işi } W_{hsi} = P_K (V_2 - V_1) = 150(0.2 - 0.1) = 15 \text{ kJ}$$

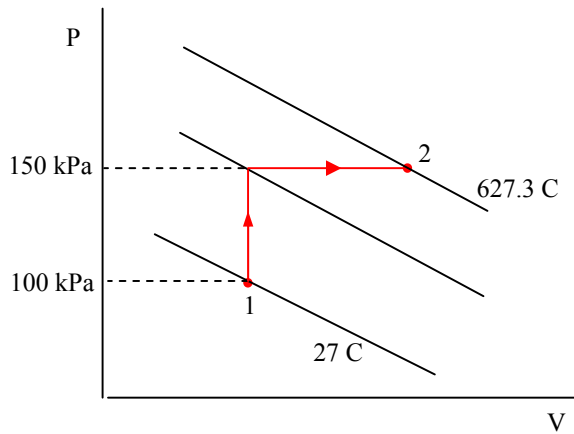
$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{mR} = \frac{(150)(0.2)}{(0.1764)(0.1889)} = 900.45 \text{ K} = 627.3 \text{ C}$$

$$\text{Termo 1. Yasa } m(u_2 - u_1) = Q - W_{12} = 0 - (W_{hsi} - W_e)$$

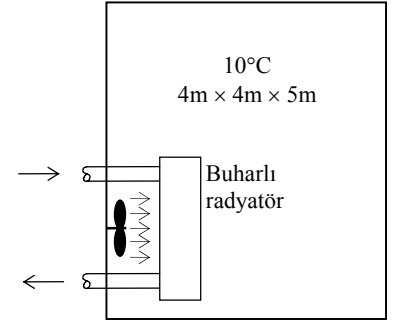
Sabit özgül ısılar ile

$$mc_{vo}(T_2 - T_1) = -W_{hsi} + W_e \rightarrow W_e = (0.1764)(0.657)(627.3 - 27) + 15 = 69.56 + 15 = 84.5606 \text{ kJ}$$

$$W_e = \dot{W}_e \Delta t \rightarrow \Delta t = W_e / \dot{W}_e = 84.5606 / 0.1 = 845.606 \text{ s} = 14.09 \text{ dak}$$



Soru 3-) 4 m x 4 m x 5 m boyutlarında iyi yalıtılmış bir oda buharlı ısıtma sisteminin radyatörüyle ısıtılmaktadır. Radyatörün arkasına konan 120 W gücünde bir fan ile radyatörden odaya ısı geçişi artırılmaktadır. Radyatörün giriş ve çıkış vanaları kapalıdır ve başlangıçta radyatörde 200 kPa basınç ve 200°C sıcaklıkta 15 L kızgın buhar bulunmaktadır. Oda sıcaklığı başlangıçta 10°C tır. Yarım saat sonra buhar basıncının odaya olan ısı geçişi sonunda 100 kPa' düştüğü görülmektedir. Yarım saat sonundaki oda sıcaklığını hesaplayınız. Odadaki hava basıncının 100 kPa'da sabit kaldığı kabul edilebilir. Ayrıca odadaki hava için özgül ısılar sabit alınıp 300 K'deki değerleri kullanılabilir.



Çözüm:

Kontrol kütlesi: radyatör içindeki su

$$P_1 = 200 \text{ kPa} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = 1.0803 \text{ m}^3 / \text{kg} \\ T_1 = 200^\circ \text{C} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u_1 = 2654.4 \text{ kJ} / \text{kg} \end{array} \right.$$

$$T_1 = 200^\circ \text{C} \quad \left\{ \begin{array}{l} u_1 = 2654.4 \text{ kJ} / \text{kg} \end{array} \right.$$

$$P_2 = 100 \text{ kPa} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_f = 0.001043, \quad v_g = 1.6940 \text{ m}^3 / \text{kg} \\ (v_2 = v_1) \quad \left\{ \begin{array}{l} u_f = 417.46, \quad u_{fg} = 2088.7 \text{ kJ} / \text{kg} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_{fg}} = \frac{1.0803 - 0.001043}{1.6940 - 0.001043} = 0.6375$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fg} = 417.46 + 0.6375 \times 2088.7 = 1749.0 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.015 \text{ m}^3}{1.0803 \text{ m}^3 / \text{kg}} = 0.0139 \text{ kg}$$

Termo 1 yasa

$$Q - W^{\text{şo}} = \Delta U + \Delta KE^{\text{şo}} + \Delta PE^{\text{şo}}$$

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

$$Q = (0.0139 \text{ kg})(1749.0 - 2654.4) \text{ kJ/kg} = -12.6 \text{ kJ}$$

Kontrol kütlesi: Oda içindeki hava

$$\text{Odanın hacmi } V = 4 \times 4 \times 5 = 80 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{hava}} = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{(100 \text{ kPa})(80 \text{ m}^3)}{(0.2870 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(283 \text{ K})} = 98.5 \text{ kg}$$

30 dakikada fanın yaptığı iş:

$$W_{\text{fan}} = \dot{W}_{\text{fan}} \Delta t = (-0.120 \text{ kJ} / \text{s})(30 \times 60 \text{ s}) = -216 \text{ kJ}$$

Oda için Termo 1. yasa

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE^{\text{şo}} + \Delta PE^{\text{şo}}$$

$$Q - W = m C_v (T_2 - T_1)$$

$$(12.6 \text{ kJ}) - (-216 \text{ kJ}) = (98.5 \text{ kg})(0.718 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C})(T_2 - 10)^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 13.2^\circ \text{C}$$