



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

TEKNİK FİZİK

TAMAMLAYICI ÖRNEK PROBLEMLER

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



ENERJİ VE İŞ

Örnek Problem (Isıl Kapasite): Bir buhar tesisatında buhar kazanı besleme suyu 10°C 'den 90°C 'ye kadar ısıtılmaktadır.

Buhar kazanının günlük su ihtiyacı 3 ton olduğuna göre;

- a) Suyun ısıtılması için harcanacak enerjiyi,
- b) Su ısıtıcı aygıtın gücünü bulunuz.

Veriler:

$$T_1 = 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 90^{\circ}\text{C}$$

$$t = 3 \text{ saat}$$

$$M_s = 10 \text{ ton} = 10.000 \text{ kg}$$

ENERJİ VE İŞ

Çözüm:

a) Enerji / Isıl kapasite

$$Q = m C (T_2 - T_1)$$

Suyun özgül ısısı:

$$C = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C = 1 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = 10.000 \text{ kg} * 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (90 - 10) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 3.348.800 \text{ kJ}$$

ENERJİ VE İŞ

b) Güç

$$N = \frac{Q}{t}$$

$$t = 3 \text{ saat} = 3 \text{ saat} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ saat}}$$

$$t = 10.800 \text{ s}$$

$$N = \frac{3.348.800 \text{ kJ}}{10.800 \text{ s}}$$

$$N = 310 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$N = 310 \text{ kW}$$

ENERJİ VE İŞ

Örnek Problem (Potansiyel Enerji): Bir barajda biriktirilen su cebri boru vasıtasıyla 82 m yükseklikten su türbinine akıtılmaktadır. Su türbininde elde edilen mekanik enerji jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Su türbininin verimi %92, jeneratörün verimi %96'dır.

Barajdan su türbinine 24 saatte 25 milyon m³ su akmaktadır.

- a) Suyun potansiyel enerjisini bulunuz.
- b) Türbinde oluşan mekanik enerjiyi bulunuz.
- c) Jeneratörde elde edilen elektrik enerjisini bulunuz.
- d) Türbin gücünü bulunuz.
- e) Jeneratör gücünü bulunuz.

ENERJİ VE İŞ

Veriler:

$$H_o = 82 \text{ m}$$

$$\eta_T = 0,92$$

$$\eta_G = 0,96$$

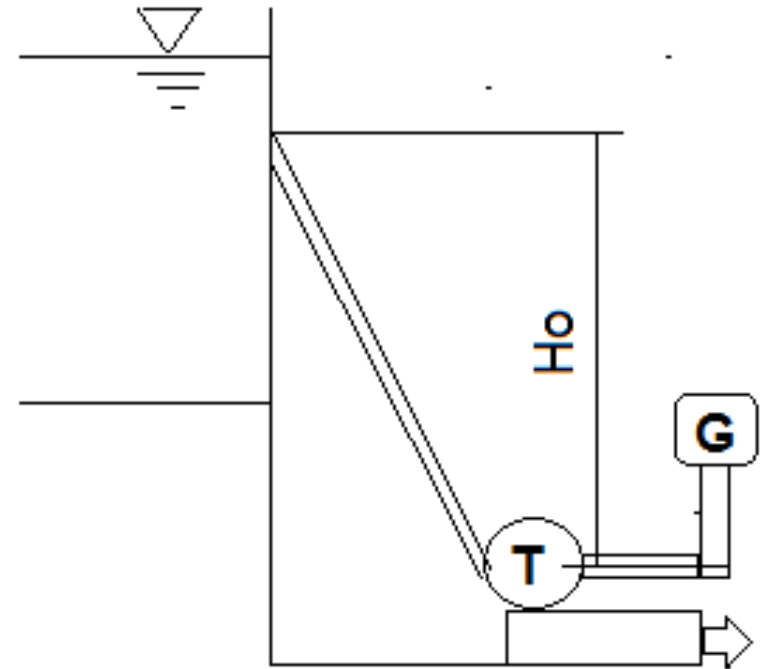
$$t = 24 \text{ saat}$$

$$m_s = 25.000.000 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ kg}$$

$$m_s = 25.000.000.000 \text{ kg}$$

$$m_s = 25 * 10^9 \text{ kg}$$



ENERJİ VE İŞ

a) Potansiyel enerji

$$E_p = m g H_o$$

$$E_p = 25 * 10^9 \text{ kg} * 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] * 82 \text{ m}$$

$$E_p = 2,01105 * 10^{13} \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

Birim dönüşümü: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$, $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$, $1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$

$$E_p = 2,01105 * 10^{13} [\text{kgm}^2/\text{s}^2] * \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kgm/s}^2} \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ Nm}} \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}}$$

$$E_p = 2,01105 * 10^{10} \text{ kJ}$$

ENERJİ VE İŞ

b) Mekanik enerji/Türbin

$$E_T = \eta_T E_p$$

$$E_T = 0,92 * 2,01105 * 10^{10} \text{ kJ}$$

$$E_T = 18.501.660.000 \text{ kJ}$$

c) Elektrik enerjisi /Generatör

$$E_G = \eta_G E_{mek}$$

$$E_G = 0,96 * 18.501.660.000 \text{ kJ}$$

$$E_G = 17.761.593.600 \text{ kJ}$$

ENERJİ VE İŞ

d) Türbin gücü

$$N_T = \frac{E_T}{t}$$

$$t = 24 \text{ saat} = 24 \text{ saat} \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ saat}} = 86.400 \text{ s}$$

$$N_T = \frac{18.501.660.000 \text{ kJ}}{86.400 \text{ s}}$$

$$N_T = 214.140 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$N_T = 214.140 \text{ kW}$$

$$N_T = 214,14 \text{ MW}$$

ENERJİ VE İŞ

e) Generatör gücü

$$N_G = \frac{E_G}{t}$$

$$N_G = \frac{17.761.593.600 \text{ kJ}}{86.400 \text{ s}}$$

$$N_G = 205.574 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$N_G = 205.574 \text{ kW}$$

$$N_G = 205,574 \text{ MW}$$

ENERJİ VE İŞ

Örnek Problem (Kinetik Enerji): Bir rüzgar türbini 600 kg/s debide rüzgardan elektrik enerjisi üretecektir. Rüzgar hızının 8 m/s olduğu bir bölgede kurulacak bu türbinin gücü ne olur? Rüzgar türbini günde ne kadar enerji üretir? Stabil rüzgar hızı varsayılıyor.

Türbin verimi %70, jeneratör verimi %90'dır.

Veriler:

$$\dot{m} = 600 \text{ kg/s}$$

$$c = 8 \text{ m/s}$$

$$\eta_T = 0,70$$

$$\eta_G = 0,90$$

$$t = 24 \text{ saat}$$

ENERJİ VE İŞ

Çözüm:

Kinetik enerji gücü

$$N = \frac{1}{2} \dot{m} c^2$$

$$N = \frac{1}{2} 600 [kg/s] * (8 m/s)^2$$

$$N = 2400 kgm^2/s^3$$

$$1 N = 1 kgm/s^2$$

$$N = 2400 \frac{kgm^2}{s^3} \frac{1 N}{1 kgm/s^2} = 2400 Nm/s$$

$$1 J = 1 Nm$$

$$N = 2400 \frac{Nm}{s} * \frac{1 J}{1 Nm} = 2400 J/s$$

ENERJİ VE İŞ

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$N = 2400 \text{ J/s} * \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ J/s}}$$

$$N = 2400 \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$N = 2400 \text{ W} \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}$$

$$N = 2,4 \text{ kW}$$

ENERJİ VE İŞ

Türbin gücü:

$$N_T = \eta_T \eta_G N$$

$$N_T = 0,70 * 0,90 * 2,4 \text{ kW}$$

$$N_T = 1,512 \text{ kW}$$

Günlük enerji üretimi:

$$E_T = N_T t$$

$$E_T = 1,512 \text{ kW} * 24 \text{ h}$$

$$E_T = 36 \text{ kWh}$$

ENERJİ VE İŞ

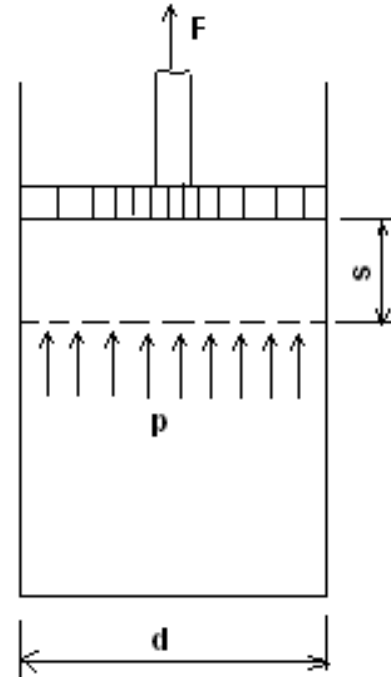
Örnek Problem (Hacim Değiştirme İş): İç çapı 120 mm olan bir silindir-piston sisteminde 1500 kPa basınçta hava vardır. Silindir içerisindeki hava pistonu sabit basınçta 50 cm itmektedir. Sistemde yapılan hareketli işi bulunuz.

Veriler:

$$d = 120 \text{ mm}$$

$$p = 1500 \text{ kPa}$$

$$s = 500 \text{ mm}$$



ENERJİ VE İŞ

Çözüm:

$$W = \int p \, dV; dV = A \, ds$$

$$W = \int p \, A \, ds = p \, A \int ds; \int ds = s$$

$$W = p \, A \, s; A = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow W = p \frac{\pi d^2}{4} s$$

$$W = 1500 \, \text{kPa} \frac{\pi (0,12 \, \text{m})^2}{4} 0,50 \, \text{m}; 1 \, \text{kPa} = 1 \, \text{kN/m}^2$$

$$W = 8,478 \, \text{kPa} \, \text{m}^3 * \frac{1 \, \text{kN/m}^2}{1 \, \text{kPa}}$$

$$\mathbf{W = 8,478 \, \text{kNm}}$$

İDEAL GAZLAR

Örnek Problem (İdeal Gaz Denklemi): 1,2 kg gazın 27,8 °C'de 1,4 bar basınçta 0,74 m³ hacim kapladığı görülmüştür. Gazın gaz sabitini bulunuz ve gazlar için verilen tablodan hangi gaz olabileceğini belirleyiniz.

Veriler:

$$p = 1,4 \text{ bar}$$

$$V = 0,74 \text{ m}^3$$

$$m = 1,2 \text{ kg}$$

$$T = 27,8 \text{ °C}$$

İDEAL GAZLAR

Çözüm:

İdeal gaz denklemi: $p V = m R T$

Gaz sabiti $: R = \frac{p V}{m T}$

$$p = 1,4 \text{ bar} * \frac{10^5 \text{ N/m}^2}{1 \text{ bar}} = 1,4 * 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T = 27,8 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273 + 27,8 = 300,8 \text{ K}$$

$$R = \frac{1,4 * 10^5 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] 0,74 [\text{m}^2]}{1,2 [\text{kg}] 300,8 [\text{K}]} = 287 \text{ Nm/kgK}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} \rightarrow R = 287 \frac{\text{Nm}}{\text{kgK}} \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ Nm}}$$

R= 287 J/kgK (Hava)

İDEAL GAZLAR

Örnek Problem (İdeal Gaz Denklemi): 8 m x 6 m x 4 m boyutlarındaki bir odada bulunan 25 °C sıcaklıktaki 1,2 kg/m³ yoğunluktaki havanın basıncını bulunuz.

Veriler:

$$\text{Oda hacmi: } V = a \times b \times h = 8 \text{ m} * 6 \text{ m} * 4 \text{ m}$$

$$V = 192 \text{ m}^3$$

$$T = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$R = 287 \text{ J/kgK}$$

İDEAL GAZLAR

Çözüm:

İadel gaz denklemi: $pV = mRT$

Gaz (hava) basıncı: $p = \frac{m R T}{V}$

Gaz kütlesi

$$m = \rho V$$

$$m = 1,2 [kg/m^3] * 192 [m^3]$$

$$m = 230,4 kg$$

$$p = \frac{230,4 kg * 287 [J/kgK] 298K}{192 m^3}$$

$$p = 102631 J/m^3$$

$$1 J = 1 Nm \rightarrow p = 102631 [J/m^3] \frac{1 Nm}{1 J}$$

$$\mathbf{p = 102631 N/m^2}$$

$$1 bar = 10^5 N/m^2 \rightarrow \mathbf{p = 1,026 bar}$$

İDEAL GAZLAR

Örnek Problem (İdeal Gaz Denklemi): 2,4 kg ideal gaz 0,4 m³ hacminde bir silindire konmuş ve 5,13 bar basınçta sıcaklık 25 °C olarak ölçülmüştür. Aynı gaz ikinci halde silindir hacmi 0,2 m³ tüpe düşürülerek sıcaklık 120 °C'ye kadar ısıtılmıştır.

- a) İdeal gazın gaz sabitini,
- b) İdeal gazın kmol-kütlesini,
- c) İdeal gazın basıncını bulunuz.

Veriler:

$$m = 2,4 \text{ kg}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$p_1 = 5,13 \text{ bar} = 5,13 * 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = 0,2 \text{ m}^3$$

$$T_2 = 120^\circ\text{C} = 393 \text{ K}$$

$$R_g = 8314 \text{ J/kmolK}$$

İDEAL GAZLAR

Çözüm:

İlk durum ideal gaz denklemi : $p_1 V_1 = m R T_1$

Gaz sabiti : $R = \frac{p_1 V_1}{m T_1}$

$$R = \frac{5,13 \times 10^5 \text{ [N/m}^2\text{]} 0,4 \text{ [m}^3\text{]}}{2,4 \text{ [kg]} 298 \text{ [K]}}; 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J ise; } \mathbf{R = 287 \text{ J/kgK}}$$

Gazın kmol-kütlesi: $M = \frac{R_g}{R}$

$$M = \frac{R_g}{R} = \frac{8314 \text{ [J/kmolK]}}{287 \text{ [J/kgK]}}$$

$M = 29 \text{ kmol}$

İkinci durumda ideal gaz denklemi: $p_2 V_2 = m R T_2$

İkinci durumda basınç : $p_2 = \frac{m R T_2}{V_2}$

$$p_2 = \frac{m R T_2}{V_2} = \frac{2,4 \text{ [kg]} 287 \text{ [J/kgK]} 393 \text{ [K]}}{0,2 \text{ [m}^3\text{]}} = 1353492 \text{ N/m}^2; 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$$

$$p_2 = 1353492 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}; 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ ise; } \mathbf{p_2 = 1,353 \text{ bar}}$$

GAZ KARIŞIMLARI

Örnek Problem (Gaz Karışımı): Havanın ağırlıkça %21'i oksijen ve %79'u azottan oluştuğu kabul edilmiştir. 760 mm Hg atmosfer basıncında oksijen ve azotun kısmi basınçlarını ve hacim oranlarını hesaplayınız. Kısmi basınçlara ilişkin değerler başlangıç varsayımını doğrular nitelikte midir?

Veriler:

Oksijen 1 ve azot 2 indisleriyle gösterilmek üzere

$$R_1 = 0,280 \text{ kJ/kgK} , R_2 = 0,295 \text{ kJ/kgK} , R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$$

$$M_1 = 21 \text{ kg/kmol} , M_2 = 28 \text{ kg/kmol}$$

GAZ KARIŞIMLARI

Çözüm:

Kısmi basınçlar

$$p_i = g_i \frac{R_i}{R} p$$

eşitliği ile hesaplanır.

Oksijenin kısmi basıncı

$$p_1 = g_1 \frac{R_1}{R} p = 0,21 \frac{260}{287} 760 = 144,59 \text{ mmHg}$$

Azotun kısmi basıncı

$$p_2 = g_2 \frac{R_2}{R} p = 0,79 \frac{295}{287} 760 = 617,14 \text{ mmHg}$$

Kısmi basınçlar toplamı 761,72 mmHg olup, 760 mmHg'de farklılık gösterdiği için varsayım tam doğru olmayabilir.

GAZ KARIŞIMLARI

Hacim oranları

$$r_i = \frac{g_i/M_i}{\sum_{i=1}^n (g_i/M_i)}$$

eşitliği ile hesaplanır.

Oksijenin hacim oranı

$$r_1 = \frac{g_1/M_1}{\sum_{i=1}^n (g_i/M_1)} = \frac{0,21/32}{\frac{0,21}{32} + \frac{0,79}{28}} = 0,189$$

Azotun hacim oranı

$$r_2 = \frac{g_2/M_2}{\sum_{i=1}^n (g_i/M_2)} = \frac{0,79/28}{\frac{0,21}{32} + \frac{0,79}{28}} = 0,811$$

Bu sonuçlarda başlangıç varsayımını doğrulamamaktadır.

Havanın bileşimi için verilen ağırlık oranları tam doğru değildir.

GAZ KARIŞIMLARI

Örnek Problem (Gaz Karışımları): Bir duman gazı hacim oranları %15 karbondioksit (CO_2), %5 oksijen (O_2) ve %80 azot (N_2) olan bileşenlerden meydana gelmiştir. Karışımın molekül ağırlığını, ağırlık oranlarını, gaz sabitini, kısmi basınçları, 0°C ve 760 mmHg'de özgül kütleyi hesaplayınız.

Veriler:

CO_2 1, O_2 2 ve N_2 ise 3 indisleriyle gösterilmiştir.

$$M_1 = 44 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}, M_2 = 32 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}, M_3 = 28 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$R_1 = 189 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, R_2 = 260 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, R_3 = 295 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$r_1 = 0,15 \quad r_2 = 0,05 \quad r_3 = 0,80$$

$$T = 0^\circ\text{C} \quad p = 760 \text{ mmHg}$$

GAZ KARIŞIMLARI

Çözüm:

$$M = r_1 M_1 + r_2 M_2 + r_3 M_3$$

$$M = 0,15 \times 44 + 0,05 \times 32 + 0,80 \times 28 = 30,6 \text{ kg/kmol}$$

Ağırlık oranları

$$g_i = r_i \frac{M_i}{M}$$

eşitliğinden hesaplanır.

$$g_1 = r_1 \frac{M_1}{M} = 0,15 \frac{44}{30,6} \rightarrow \mathbf{g_1 = 0,216}$$

$$g_2 = r_2 \frac{M_2}{M} = 0,05 \frac{32}{30,6} \rightarrow \mathbf{g_2 = 0,052}$$

$$g_3 = r_3 \frac{M_3}{M} = 0,80 \frac{28}{30,6} \rightarrow \mathbf{g_2 = 0,732}$$

GAZ KARIŞIMLARI

Gaz sabiti

$$R = g_1 R_1 + g_2 R_2 + g_3 R_3$$

$$R = 0,15 \times 189 + 0,05 \times 260 + 0,80 \times 295 \rightarrow \mathbf{R = 27735 \text{ kJ/kgK}}$$

Kısmi basınçlar

$$p_i = r_i p$$

$$p_1 = r_1 p = 0,15 \times 760 \rightarrow \mathbf{p_1 = 114,0 \text{ mmHg}}$$

$$p_2 = r_2 p = 0,05 \times 760 \rightarrow \mathbf{p_2 = 38,0 \text{ mmHg}}$$

$$p_3 = r_3 p = 0,80 \times 760 \rightarrow \mathbf{p_3 = 608,0 \text{ mmHg}}$$

Özgül kütle

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{30,6 \text{ kg/kmol}}{22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}} \rightarrow \mathbf{\rho = 1,366 \text{ kg/m}^3}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

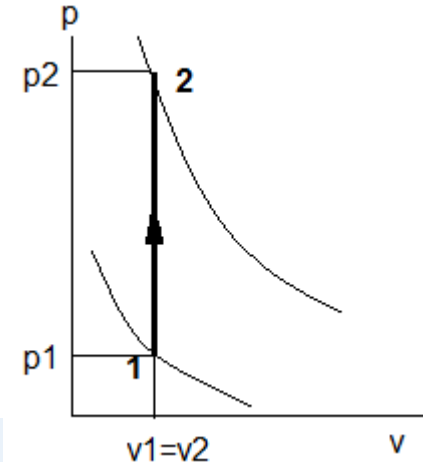
Örnek Problem (İzokor Durum Değişmesi): Basıncı 2 bar ve sıcaklığı 27 °C olan kapalı bir ortamdaki hava 12 bar basınca kadar izokor olarak sıkıştırılıyor. Durum değişmesinin sürtünmesiz ve havanın ideal gaz olduğu kabul ediliyor

- a) Durum değişmesi sonunda havanın sıcaklığı ne kadardır?
- b) Durum değişmesi sonunda işi ve ısı alışverişini hesaplayınız.
- c) İç enerji ve entalpi ne kadar değişmiştir?

Veriler:

$$R = 287 \text{ J/kgK}, k = 1,4$$

$$p_1 = 2 \text{ bar}, T_1 = 27 \text{ °C}, p_2 = 12 \text{ bar}, V_1 = V_2 = V$$



DURUM DEĞİŞMELERİ

Çözüm:

İki durum için ideal gaz denklemi

$$p_1 V = mRT_1$$

$$p_2 V = mR T_2$$

a) Bu eşitlikler ikinci durumdaki sıcaklık için yazılır.

$$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1}$$

$$T_2 = 300 \text{ K} \frac{12 \text{ bar}}{2 \text{ bar}} \rightarrow T_2 = \mathbf{1800 \text{ K}}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

b) İş ve ısı alışverişi

$$w_{12} = -p (v_2 - v_1); v_1 = v_2$$

$$w_{12} = 0$$

$$\text{TD1K: } q_{12} + w_{12} = \Delta u_{12}$$

$$q_{12} = \Delta u_{12}$$

Hava için $k = 1,4$

$$C_v = \frac{R}{k-1} = \frac{287 \text{ J/kgK}}{1,4-1} = 717,5 \text{ J/kgK}$$

$$q_{12} = C_v (T_2 - T_1)$$

$$q_{12} = 717,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} (1800 - 300) \text{ K} \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \text{ ise; } q_{12} = 1076,25 \text{ kJ/kg}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

c) İç enerji ve entalpi değişimi

İç enerji değişimi:

$$\text{TD1K: } q_{12} - W_{12} = \Delta u_{12}$$

$$w_{12} = 0 \rightarrow \Delta u_{12} = q_{12} \rightarrow \Delta u_{12} = 1076,25 \text{ kJ/kg}$$

Entalpi değişimi:

$$\Delta h_{12} = C_p (T_2 - T_1)$$

$$C_p = \frac{k}{k-1} R = \frac{1,4}{1,4-1} 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} = 1004,5 \text{ J/kgK}$$

$$\Delta h_{12} = 1004,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} (1800 - 300) \text{ K} \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \text{ ise;}$$

$$\Delta h_{12} = 1506,75 \text{ kJ/kg}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

Örnek Problem (İzoterm Durum Değişmesi): Basıncı 2 bar ve sıcaklığı 77 °C olan 1 kg hava sabit sıcaklıkta 12 bar basınca kadar sıkıştırılıyor. Sıkıştırma işlemi sürtünmesiz ve hava ideal gazdır.

- Sıkıştırma başlangıcında ve sonunda özgül hacim ne kadardır?
- Sıkıştırma sırasında harcanan işi hesaplayınız.
- Sıkıştırma sırasında iç enerji ve entalpi değişimini hesaplayınız
- Sıkıştırma sırasında ısı alışverişi ne kadardır?

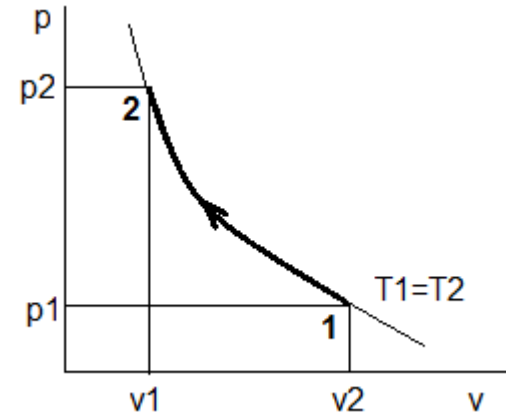
Veriler:

$$p_1 = 1 \text{ bar},$$

$$p_2 = 13 \text{ bar},$$

$$T_1 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$m = 1 \text{ kg}$$



DURUM DEĞİŞMELERİ

Çözüm:

a) Özgül hacim

İlk durum için ideal gaz denkleminde özgül hacim

$$p_1 v_1 = R T_1 \rightarrow v_1 = \frac{R T_1}{p_1}$$

$$v_1 = \frac{287 \frac{J}{kgK} 350 K}{2 \cdot 10^5 N/m^2} ; 1 J = 1 Nm \text{ ise; } v_1 = \mathbf{1,0045 m^3/kg}$$

$T_1 = T_2 = T$ için her ilk ve son durum için ideal denklemlerinden

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

Bağıntısı yazılır. Buradan ikinci hala ait özgül hacim hesaplanır.

$$v_2 = v_1 \frac{p_1}{p_2} = 1,0045 \frac{m^3}{kg} \frac{2 bar}{12 bar} \rightarrow v_2 = \mathbf{0,1674 m^3/kg}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

b) Harcanan iş

$$w_{12} = R T \ln \frac{p_2}{p_1} = 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \ln(12/2)$$

$$\mathbf{w_{12} = 514,235 \text{ kJ/kg}}$$

c) İç enerji ve entalpi değişimi

$$\Delta u_{12} = 0; T_1 = T_2$$

$$\Delta h_{12} = 0; T_1 = T_2$$

d) Isı alışverişi

$$q_{12} - w_{12} = \Delta u_{12}$$

$$\Delta u_{12} = 0 \text{ ise; } q_{12} = w_{12}$$

$$\mathbf{q_{12} = 514,235 \text{ kJ/kg}}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

ÖRNEK (İzobar Durum Değişmesi)

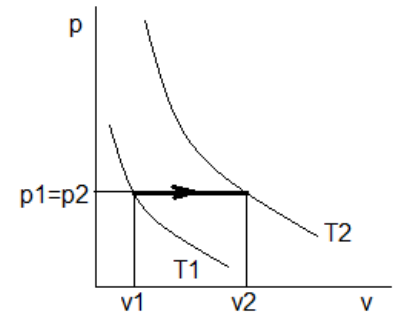
57 °C'deki 0,5 kg ideal gaz 0,4 m³ hacimden 3,6 m³ hacme kadar izobar olarak genişletiliyor. $R = 287 \text{ J/kgK}$

- Durum değişmesi başında ve sonundaki gaz basıncını hesaplayınız.
- Durum değişmesinden sonraki gaz sıcaklığını hesaplayınız.
- Genişleme işini hesaplayınız.
- İç enerji ve entalpideki değişimle ısı alışverişini hesaplayınız.

Veriler:

$$T_2 = 57 \text{ °C}, m = 0,5 \text{ kg}, V_1 = 0,4 \text{ m}^3, V_2 = 2,4 \text{ m}^3$$

İzobar durum değişmesi $p_1 = p_2 = p$



DURUM DEĞİŞMELERİ

Çözüm:

a) Başlangıç durumu ideal gaz denkleminde basınç hesaplanır.

$$p = \frac{m R T_1}{V_1} = \frac{0,5 \text{ kg} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 330 \text{ K}}{0,4 \text{ m}^3} ; 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

$$p = 118387,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} ; 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p = 1,184 \text{ bar}$$

b) İki durum için ideal gaz denklemi yazılarak birbirine oranlanırsa, durum değişmesi sonundaki sıcaklık için $T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1}$ eşitliği elde edilir.

$$T_2 = 330 \text{ K} \frac{2,4 \text{ m}^3}{0,4 \text{ m}^3}$$

$$T_2 = 1980 \text{ K}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

c) Genişleme işi

$$W_{12} = -p (V_2 - V_1)$$

$$W_{12} = -118387,5 \frac{N}{m^2} (2,4 - 0,4) m^3 ; 1 J = 1 Nm \text{ ise;}$$

$$\mathbf{W_{12} = 236275 J}$$

c) İç enerji ve entalpi değişimi

$$\Delta u_{12} = C_v (T_2 - T_1) = 717,5 \frac{J}{kgK} (1980 - 330) K \frac{1 kJ}{1000 J}$$

$$\Delta \mathbf{u_{12} = 1183,875 kJ/kg}$$

$$\Delta U_{12} = m \Delta u_{12} = 0,5 kg 1183,875 \frac{kJ}{kg}$$

$$\Delta \mathbf{U_{12} = 591,938 kJ}$$

DURUM DEĞİŞMELERİ

Entalpi değişimi

$$\Delta h_{12} = c_p (T_2 - T_1) = 1004,5 \frac{J}{kgK} (1980 - 330)K \frac{1 kJ}{1000 J}$$

$$\Delta h_{12} = 1657,425 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_{12} = m \Delta h_{12} = 0,5 \text{ kg} 1657,426 \frac{kJ}{kg}$$

$$\Delta H_{12} = 828,712 \text{ kJ}$$

SU BUHARI

Örnek Problem (Su Buharı): 178 °C sıcaklıkta 24 kg doymuş su buharının

- a) Basıncını,
- b) Toplam ısını,
- c) Buharlaşıma gizli ısını bulunuz.

Veriler:

$$T = 178 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m = 24 \text{ kg}$$

SU BUHARI

Çözüm:

a) Basınç, Dupperet formülünden hesaplanır.

$$p_b \text{ (ata)} = \left(\frac{t_b \text{ (}^\circ\text{C)}}{100} \right)^4$$

$$p_b \text{ (ata)} = \left(\frac{178 \text{ (}^\circ\text{C)}}{100} \right)^4$$

$$p_b = 10 \text{ ata}$$

Basınç, basınca göre düzenlenmiş doymuş su buharı tablosundan da bulunabilir.

SU BUHARI

b) Buharın toplam ısısı Regnault formülünden hesaplanır.

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times t_b \text{ [kCal/kg]}$$

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times 178 \rightarrow \mathbf{q_t = 660,79 \text{ [kCal/kg]}}$$

$$Q_t = m q_t = 12 \text{ kg} \times 660,79 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \rightarrow \mathbf{Q_t = 7928,48 \text{ kCal}}$$

$$1 \text{ kCal} = 4,186 \text{ kJ} \rightarrow Q_t = 7928,48 \text{ kCal} \times \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}} \rightarrow$$

$$\mathbf{Q_t = 33192,8 \text{ kJ}}$$

SU BUHARI

c) Gizli Isı

SIVI ISISI:

$$q_s = C_s t_b$$

$$q_s = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 178^\circ\text{C} \rightarrow q_s = 178 \text{ kCal/kg}$$

$$q_s = 178 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \times \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}} \rightarrow q_s = 745,108 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_s = m q_s = 24 \text{ kg} \times 745,108 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow Q_s = 17.882,59 \text{ kJ}$$

$$q_t = q_s + r_0 \rightarrow r_0 = q_t - q_s$$

$$r_0 = 660,79 - 178 \rightarrow r_0 = 482,79 \text{ kJ/kg}$$

SU BUHARI

Örnek Problem (Su Buharı): 10 ata basınçta kuruluk derecesi 0,90 olan nemli doymuş su buharının;

- a) sıcaklığını
- b) bütün ısını ve
- c) buharlaşma gizli ısını bulunuz.

Veriler:

$$p = 10 \text{ ata}$$

$$x = 0,90$$

SU BUHARI

Çözüm:

a) Sıcaklık, Dupperet formülünden hesaplanır.

$$p_b \text{ (ata)} = \left(\frac{t_b \text{ (}^\circ\text{C)}}{100} \right)^4$$

$$t_b \text{ (}^\circ\text{C)} = 100 \sqrt[4]{p_b \text{ (ata)}}$$

$$t_b = 100 \sqrt[4]{10} \rightarrow t_b = 178 \text{ }^\circ\text{C}$$

SU BUHARI

b) Toplam ısı:

$$q_t = q_s + x r_0$$

Doymuş su buharı için

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times t_b \text{ [kCal/kg]}$$

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times 178$$

$$q_t = 660,79 \text{ [kCal/kg]}$$

SU BUHARI

c) Buharlaşma gizli ısısı:

$$q_s = C_s t_b$$

$$q_s = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 178^\circ\text{C} \rightarrow q_s = 178 \text{ kCal/kg}$$

$$r_0 = q_t - q_s$$

$$r_0 = 660,79 - 178 \rightarrow r_0 = 482,79 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}}$$

$x = 0,90$ için

$$q_t = 178 + 0,90 \times 482,79 \rightarrow \mathbf{q_t = 612,51 \text{ kCal/kg}}$$

$$r_0 = q_t - q_s$$

$$r_0 = 612,51 - 178 \rightarrow \mathbf{r_0 = 434,51 \text{ kCal/kg}}$$

Diğer şekilde;

$$r_0 = 0,90 \times 482,79 \rightarrow \mathbf{r_0 = 434,51 \text{ kCal/kg}}$$

YAKITLAR VE YANMA

Örnek Problem (Isıl değer): Bir kömürün ağırlık yüzdeleri cinsinden bileşimi aşağıda verilmiştir.

$$C = 0,81; \quad H = 0,05; \quad O = 0,08; \quad w = 0,02; \quad a = 0,04$$

Kömürün alt ve üst ısı değerlerini bulunuz.

Veriler:

$$C = 0,81;$$

$$H = 0,05;$$

$$O = 0,08;$$

$$w = 0,02;$$

$$a = 0,04$$

YAKITLAR VE YANMA

Çözüm:

Üst ısı değeri:

$$Q_H = 34000 C + 142500 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 10500 S \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_H = 34000 \times 0.81 + 142500 \left(0.05 - \frac{0.08}{8} \right) + 10500 \times 0 \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_H = H_o = 33240 \text{ kJ/kg}$$

Alt ısı değeri:

$$Q_L = Q_H - 2500 (w + 9H) \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_L = 33240 - 2500 (0.02 + 9 \times 0.05) \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_L = H_u = 32065 \text{ [kJ/kg]}$$

YAKITLAR VE YANMA

Örnek Problem (Yakma havası miktarı): %75 C; %5 H₂; %10 O₂; %2 N₂; %3 S ve %5 A içeren kömürün 1 kg'ının yanması için gereken gerçek hava miktarını bulunuz. Hava fazlalık katsayısı 1,3'tür.

Çözüm:

Teorik hava miktarı

$$V_t = 0,0899C + 0,267H_2 + 0,0333(S - O_2)$$

$$V_t = 0,0899 \times 75 + 0,267 \times 5 + 0,0333 (3 - 10)$$

$$V_t = 7,844 \text{ m}^3 \text{hava/kgyakıt}$$

Gerçek hava miktarı

$$V_a = aV_t = 1,3 \times 7,844$$

$$V_a = 10,2 \text{ m}^3 \text{hava/kgyakıt}$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Isı İletimi): Şekilde gösterilen 19 cm kalınlığında tuğladan örülü bir fırının duvarının toplam yüzeyi 120 m^2 olup, fırın duvarından sadece iletimle a) ısı akısını ve b) toplam ısı geçişini bulunuz. Duvarın ısı iletim katsayısı $k = 1,4 \text{ W/mK}$, duvarın iç yüzey sıcaklığı $T_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, dış yüzey sıcaklığı $T_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.

Veriler:

$$k = 1,4 \text{ W/mK}, T_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C}, T_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L = 19 \text{ cm} = 0,19 \text{ m}, A = 120 \text{ m}^2$$

Kabuller:

- Sabit rejim
- Bir boyutlu ısı iletimi
- Özellikler sabit
- Duvar içinde ısı üretimi yok

ISI TRANSFERİ

Çözüm:

a) Isı akısı

$$q = k \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$q = 1,4 [W/m^{\circ}C] \frac{(500 - 50) ^{\circ}C}{0,19 m}$$

$$q = 3316 W/m^2$$

b) Isı geçiş 1. yol

$$Q = q A$$

$$Q = 3316 [W/m^2] * 120 [m^2]$$

$$Q = 397.920 W$$

$$Q = 397,92 kW$$

b) Isı geçişi 2. yol

$$Q = k A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$Q = 1,4 \frac{W}{mK} 120m^2 \frac{(500 - 50) ^{\circ}C}{0,19 m}$$

$$Q = 397.920 W$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Isı İletimi): 20 cm kalınlıkta bir duvarın iç ve dış yüzeyi 3 cm sıva ile kaplanmıştır. Isı iletim katsayıları tuğla için 0,8 W/mC, iç sıva için 0,9 W/mC, dış sıva için 1,2 W/mC'dir.

- Duvarın toplam ısı iletim katsayısını hesaplayınız.
- İç yüzey sıcaklığı 22 C, dış yüzey sıcaklığı – 6 C olduğuna göre ısı akısını ve toplam ısı kaybını bulunuz.

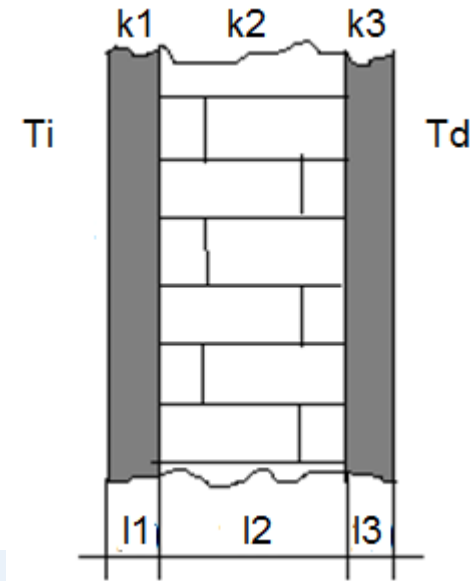
Veriler:

$$l_1 = 0,03 \text{ m} \quad k_1 = 0,8 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$l_2 = 0,2 \text{ m} \quad k_2 = 0,9 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$l_3 = 0,03 \text{ m} \quad k_3 = 1,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$T_i = 22^\circ\text{C}, T_d = -6^\circ\text{C}$$



ISI TRANSFERİ

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

$$K = \frac{1}{\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} + \frac{l_3}{k_3}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{0,03 \text{ m}}{0,9 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,2 \text{ m}}{0,8 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,03 \text{ m}}{1,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K = \frac{1}{0,033 + 0,25 + 0,025} = \frac{1}{0,308}$$

$$K = 3,25 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C}$$

ISI TRANSFERİ

b) Isı kaybı

$$q = K (T_i - T_d)$$

$$q = 3,25 [W/m^2\text{°C}] (22 - (-6) [^{\circ}\text{C}])$$

$$\mathbf{q = 91\ W/m^2}$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Toplam Isı Transferi): Şekilde gösterilen birleşik düzlem duvara benzer bir mekanın iç ortam sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, dış sıcaklık $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. İç yüzey ile iç ortam arasında ısı taşınım katsayısı $h_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$, ve dış yüzey ile dış ortam arasında ısı taşınım katsayısı $h_d = 25\text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Sıva kalınlıkları 3 cm , tuğla kalınlığı 20 cm 'dir. Diğer veriler, veriler başlığı altında verilmiştir.

- a) Duvar toplam ısı geçiş katsayısını hesaplayınız.
- b) Duvar yüzey alanı 125 m^2 ise duvardan geçen ısı miktarını hesaplayınız.
- c) Duvarın toplam ısı direnç katsayısını hesaplayınız.

ISI TRANSFERİ

Veriler:

$$T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_d = -9\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$$

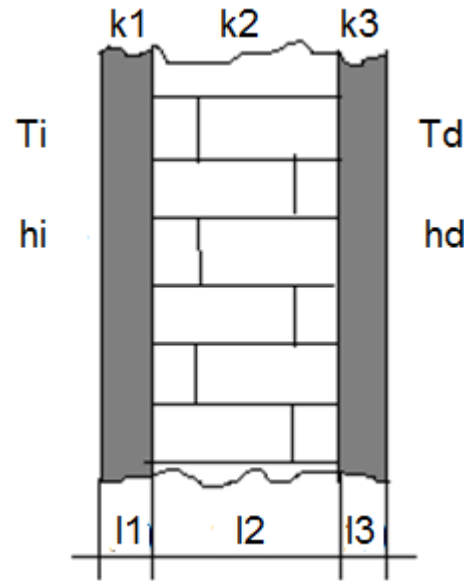
$$h_d = 25\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 25\text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,8\text{ W/mK} \quad l_1 = 3\text{ cm}$$

$$k_2 = 0,7\text{ W/mK} \quad l_2 = 20\text{ cm}$$

$$k_3 = 0,9\text{ W/mK} \quad l_3 = 3\text{ cm}$$



ISI TRANSFERİ

Çözüm:

a) Toplam ısı geçiş katsayısı

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_d} \rightarrow \frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,03}{0,8} + \frac{0,20}{0,7} + \frac{0,03}{0,9} + \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{K} = 0,522 \rightarrow K = 1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$$

b) Duvardan geçen ısı miktarı:

$$Q = K A (T_i - T_d)$$

$$Q = 1,92 [W/m^2K] 25 [m^2] (20 - (-9)) [^\circ\text{C}]$$

$$Q = 6960 \text{ W}$$

ISI TRANSFERİ

c) Isıl direnç katsayısı:

$$R_{top} = \frac{1}{KA} \rightarrow R_{top} = \frac{1}{1,92 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] 125 [m^2]}$$

$$R_{top} = 0,0042 K/W$$

Isı geçiş yüzey alanından bağımsız toplam ısı direnç aşağıdaki gibi bulunur.

$$R_{top} = \frac{1}{K} \rightarrow R_{top} = \frac{1}{1,92 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]}$$

$$R_{top} = 0,521 m^2 K/W$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Isı iletimi): İç yarıçapı 100 mm, dış yarıçapı 200 mm olan 2 m uzunluktaki çelik boru 5 cm kalınlıkta cam yünü ile yalıtılmıştır. Borunun ısı iletim katsayısı 50 W/mC, cam yününün ısı iletim katsayısı 0,04 W/mC'dir. Borunun iç sıcaklığı 220 C, dış ortam sıcaklığı 20 C'dir.

- Yalıtılmamış borunun toplam ısı transfer katsayısını ve ısı kaybını,
- Yalıtılmış borunun toplam ısı transfer katsayısını ve ısı kaybını bulunuz.

Veriler:

$$T_1 = 240 \text{ }^{\circ}\text{C}, T_2 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

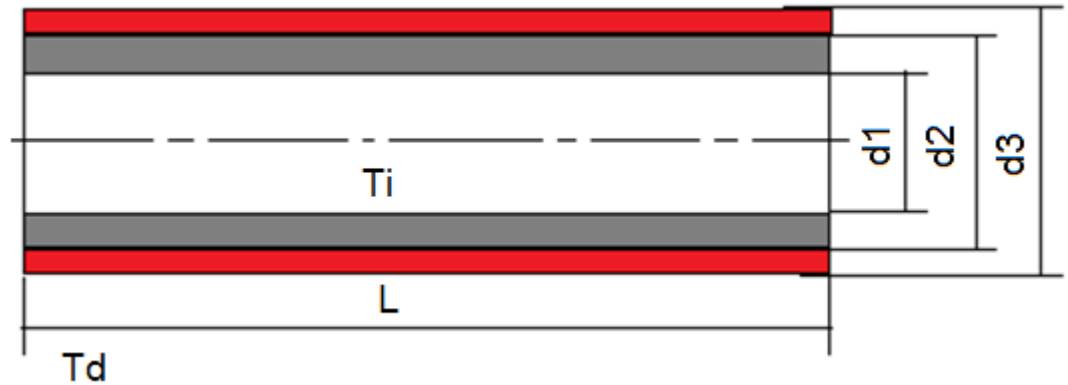
$$r_1 = 100 \text{ mm},$$

$$r_2 = 200 \text{ mm}$$

$$k_1 = 50 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = 0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$L = 6 \text{ m}$$



ISI TRANSFERİ

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_1}}$$

$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(200\text{mm}/100\text{mm})}{50\text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K_1 = 453\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

Isı kaybı

$$Q_1 = K_1 * L (T_1 - T_2) = 453 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ }^\circ\text{C} \right] * 6 [\text{m}] * (240 - 20) [^\circ\text{C}]$$

$$Q_1 = 12.457.500\text{ W}$$

ISI TRANSFERİ

b) Yalıtılmış borunun toplam ısı transfer katsayısı

$$K_2 = \frac{2 \pi}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_2}}$$

$$K_2 = \frac{2 \pi}{\frac{\ln(200\text{mm}/100\text{mm})}{50 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{\ln(250\text{mm}/200\text{mm})}{0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K_2 = 343 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C}$$

Yalıtılmış boruda ısı kaybı

$$Q_2 = K_2 L (T_1 - T_2)$$

$$Q_2 = 343 [\text{W/m}^2\text{}^\circ\text{C}] 6 \text{ m} (240 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 9.432.500 \text{ W}$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Isı Işınımı): 400 °C sıcaklıkta, yayma katsayısı 0,8 olan bir çelik levha, 27 °C sıcaklıkta ve yayma katsayısı 0,20 olan piring bir levha ile paralel olarak yerleştirilmiştir. Çelik levha boyutları 2 m x 2 m, piring levha boyutları ise 1 m x 1 m'dir. Çelik levhadan ışınlama ısı akısını bulunuz.

Veriler:

$$T_1 = 400 \text{ }^{\circ}\text{C} = 673 \text{ K}$$

$$T_2 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$\varepsilon_1 = 0,8$$

$$\varepsilon_2 = 0,2$$

$$a_1 = 2 \text{ m}, b_1 = 2 \text{ m}$$

$$a_2 = 1 \text{ m}, b_2 = 1 \text{ m}$$

ISI TRANSFERİ

Çözüm:

$$q_{12} = \epsilon_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q_{12} = \epsilon_{12} C_s \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right)$$

$$A_1 = 2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1 \text{ m} * 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{4}{1} \left(\frac{1}{0,2} - 1 \right)} \rightarrow \epsilon_{12} = 0,058$$

$$q_{12} = 0,058 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \{ (673)^4 - (300)^4 \}$$

$$\mathbf{q_{12} = 648 \text{ W/m}^2}$$

ISI TRANSFERİ

Örnek Problem (Toplam ısı transferi): Şekilde yapı elemanları ve özellikleri verilen duvar; iç sıva, tuğla ve dış sıvadan oluşmuştur.

- a) Gerekli kabulleri yaparak duvarın ısı akısını ve 5 m^2 'sinden geçen ısı miktarını hesaplayınız.
- b) Isı geçişini %50 azaltmak için ısı iletim katsayısı $0,04 \text{ W/mK}$ olan malzemeden iç sıva ile tuğla arasına hangi kalınlıkta yalıtım yapılmalıdır?
- c) Yalıtım halinde yüzey sıcaklıklarını bulunuz.

ISI TRANSFERİ

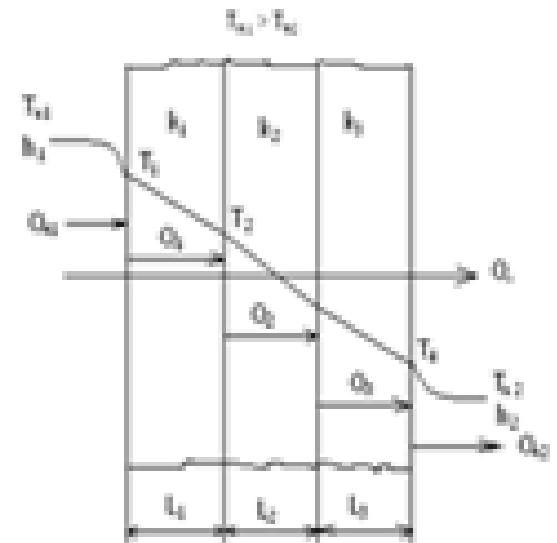
Veriler:

$$k_1 = 0,6 \text{ W/mK}, \quad k_2 = 0,8 \text{ W/mK}, \quad k_3 = 1,0 \text{ W/mK}$$

$$h_1 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad h_2 = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$T_{a1} = 20^\circ\text{C}, \quad T_{a2} = -5^\circ\text{C}$$

$$L_1 = 1,5 \text{ cm}, \quad L_2 = 20 \text{ cm}, \quad L_3 = 1,5 \text{ cm}$$



ISI TRANSFERİ

Çözüm:

a) Duvardan geçen ısı miktarı

$$Q = K A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$\frac{1}{KA} = R_{t1} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{t2}$$

A = sabit olduğundan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{10} + \frac{0,015}{0,6} + \frac{0,20}{0,8} + \frac{0,015}{1,0} + \frac{1}{25}$$

ISI TRANSFERİ

$$\frac{1}{K} = 0,43 \text{ m}_2 K/W$$

$$K = 2,33 \text{ W/m}^2 K$$

$$q = K (T_{a1} - T_{a2})$$

$$q = 2,33 (20 - (-5))$$

$$q = 58,25 \text{ W/m}^2$$

$$Q = q A = K A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$Q = 5 \times 58,25$$

$$Q = 291,25 \text{ W}$$

ISI TRANSFERİ

b) Isı geçişi %50 azaltılırsa;

$$Q' = (1 - 0,50)Q$$

$$Q' = (1 - 0,50) 291,25 \rightarrow Q' = 145,625 \text{ W}$$

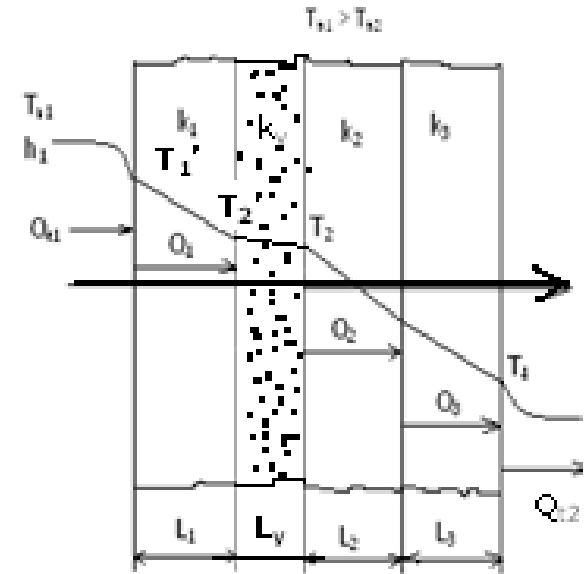
Yalıtımlı halde ısı geçişi

$$Q' = K' A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$K' = \frac{Q'}{A (T_{a1} - T_{a2})} = \frac{141,625}{5 (20 - (-5))} \rightarrow K' = 1,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{K'} = \frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_y}{k_y} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}$$

$$\frac{L_y}{k_y} = \frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right)$$



ISI TRANSFERİ

$$L_y = k_y \left[\frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right) \right]$$

$$L_y = 0,04 \left[\frac{1}{1,17} - \left(\frac{1}{10} + \frac{0,015}{0,6} + \frac{0,20}{0,8} + \frac{0,15}{1,0} + \frac{1}{25} \right) \right]$$

$$L_y = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm}$$

c) Yalıtımlı halde yüzey sıcaklıkları

$$Q' = h_1 A (T_1 - T_1')$$

$$T_1' = T_{a1} - \frac{Q'}{h_1 A}$$

ISI TRANSFERİ

$$T_1' = 20 - \frac{145,625}{5 \times 10}$$

$$\mathbf{T_1' = 17,0\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

$$Q' = \frac{T_{a1} - T_2'}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A}}$$

$$T_2' = T_{a1} - Q' \left(\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} \right)$$

$$T_2' = 20 - 145,6125 \left(\frac{1}{10 \times 5} + \frac{0,015}{0,6 \times 5} \right)$$

$$\mathbf{T_2' = 16,35\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

ISI TRANSFERİ

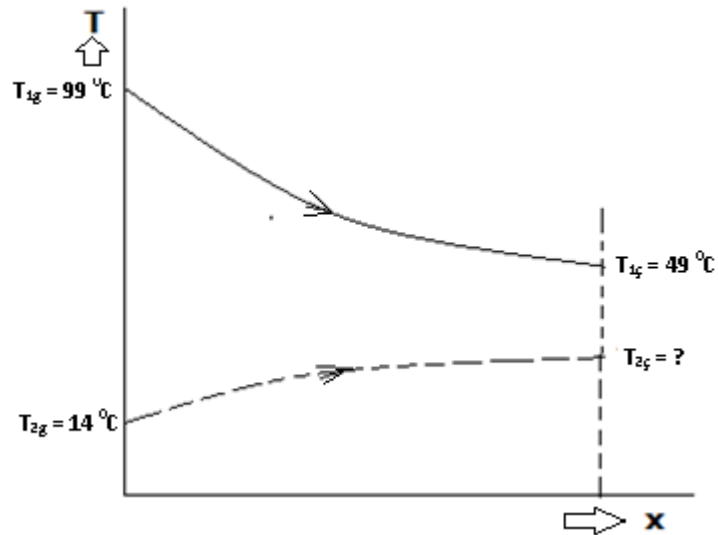
Örnek Problem (Isı Eşanjörü): Bir ısı eşanjöründe $16,0 \text{ m}^3/\text{h}$ debili akışkan (1), 99°C 'den 49°C 'a kadar soğuyarak, giriş sıcaklığı 14°C olan $18 \text{ m}^3/\text{h}$ suyu (2) ısıtmaktadır. Isı veren akışkanın yoğunluğu $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ ve özgül ısı $3,500 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 'dir. Suyun yoğunluğu $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, özgül ısı $4,186 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 'dir. Toplam ısı geçiş katsayısı $K = 1163 \text{ W}/\text{m}^2^\circ\text{C}$ olduğuna göre,

a) Aynı yönlü paralel akış

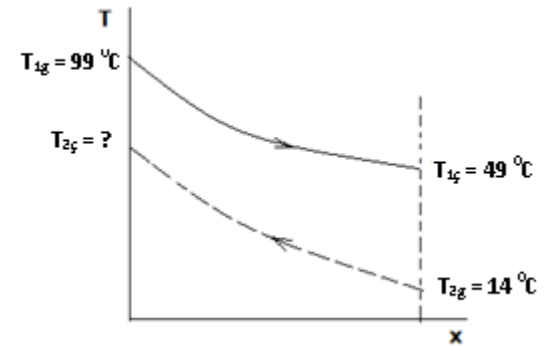
b) Zıt yönlü paralel akış

durumlarında ısı eşanjörünün ısı transfer yüzey alanlarını hesaplayınız.

ISI TRANSFERİ



Aynı yönlü paralel akış



Zıt yönlü paralel akış

ISI TRANSFERİ

Çözüm:

Aynı yönlü paralel akış durumu

Akışkanların kütleleri/kütlelesel debileri

$$m_1 = \rho_1 V_1 = 900 \frac{kg}{m^3} 16,0 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_1 = 4 kg/s$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} 18 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_2 = 5 kg/s$$

Sıcak akışkan tarafından verilen ısı

$$Q_1 = m_1 C_{p1} (T_{1g} - T_{1ç}) = 4 * 3,500 (99 - 49)$$

$$\rightarrow Q_1 = 700 \frac{kJ}{s} = 700 kW$$

ISI TRANSFERİ

Suyun aldığı ısı

$$Q_2 = m_2 C_{p2} (T_{2ç} - T_{2g}) \text{ olup,}$$

$$T_{2ç} = T_{2g} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}} \text{ ve } Q_2 = Q_1 \text{ (adyabatik durum için)}$$

$$T_{2ç} = 14 + \frac{700}{5 \cdot 4,186} \rightarrow T_{2ç} = 47,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ISI TRANSFERİ

Isıtma yüzey alanı

$$Q = K A \Delta T_m \rightarrow A = \frac{Q}{K \Delta T_m}$$

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2g} = 99 - 14 = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_\zeta = T_{1\zeta} - T_{2\zeta} = 49 - 47,4 = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\zeta}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_\zeta}} = \frac{85 - 1,6}{\ln \frac{85}{1,6}} \rightarrow \Delta T_m = 21,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{700}{1,163 \cdot 23,6} \rightarrow A = 28,7 \text{ m}^2$$

ISI TRANSFERİ

Zıt yönlü paralel akış hali

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2ç} = 99 - 47,4 = 51,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_ç = T_{1ç} - T_{1g} = 49 - 14 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_ç}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_ç}} = \frac{51,6 - 35}{\ln \frac{51,6}{35}} \rightarrow \Delta T_m = 42,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{K \Delta T_m} = \frac{700}{1,163 \cdot 42,8} \rightarrow A = 14,1 \text{ m}^2$$

Sonuç: Aynı koşullarda zıt yönlü akışın olduğu eşanjörlerin ısıtma yüzey alanı daha küçüktür.

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem (Manometrik Basınç): Şekilde görülen su dolu bir kapta sağ taraftaki boruda cıva bulunmakta ve serbest yüzeye p_0 atmosfer basıncı etkilemektedir. Kapalı kabın içindeki su seviyesi üzerindeki mutlak basınç $p_b = 4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 'dir. Bu yüzeyin $h = 2 \text{ m}$ derinliğinde kapalı kap ile birleşen borudaki cıva sütunu yüksekliğini (H) bulunuz.

Veriler:

$$p_0 = 101,325 \text{ kPa} = 101325 \text{ N/m}^2$$

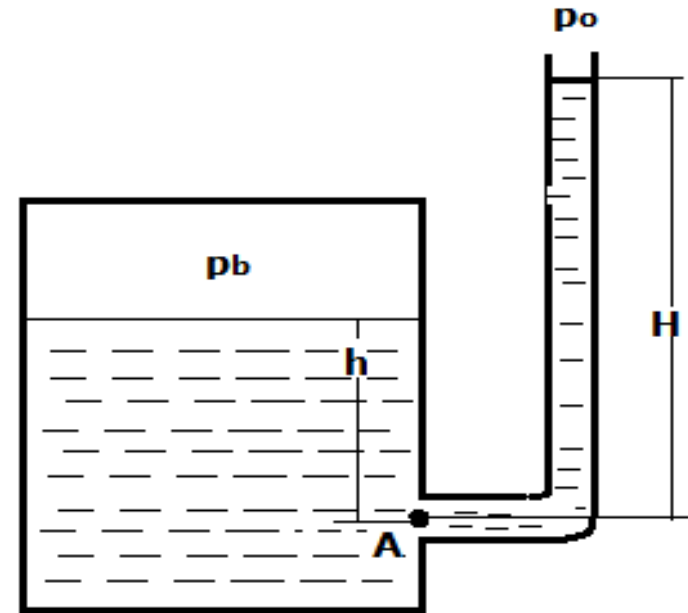
$$p_b = 400000 \text{ N/m}^2$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_c = 13600 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

A noktası seviyesindeki basınç iki taraf için yazılabilir:

Kapalı kap tarafında: $p_A = p_b + \rho_s gh$

Boru tarafında : $p_A = p_0 + \rho_c gH$

Bu ifadeler eşitlenir ve H için yazılır

$$p_b + \rho_s gh = p_0 + \rho_c gH$$

$$p_b - p_0 + \rho_s gh = \rho_c gH$$

$$H = \frac{(p_b - p_0) + \rho_s gh}{\rho_c g}$$

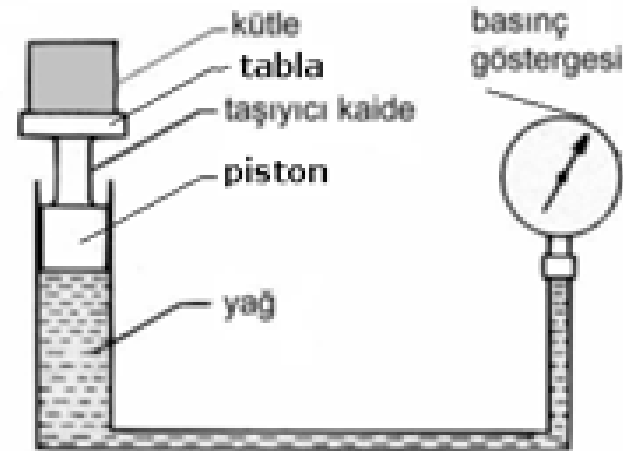
$$H = \frac{(400000 - 101325) \frac{N}{m^2} + 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 2 m}{13600 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 m/s^2} ; 1 \frac{N}{m^2} = 1 kg/ms^2$$

$$H = 5,384 mHg$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem (Basınç): Şekildeki bileşik kap sisteminde (basınç kalibratörü) piston çapı 420 mm'dir. Piston-taşıyıcı kaide-tabla kütleleri 1,25 kg, tablanın üzerindeki kütle 2,5 kg'dır. Gösterge basıncını bulunuz.

Veriler:



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

Basınç denklemi $p = \frac{F}{A}$

Pistona etki eden kuvvet

$$F = m g = (1,25 \text{ kg} + 2,5 \text{ kg})9,81 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = 36,788 \text{ kgm/s}$$

$$1 \text{ kgm/s}^2 = 1 \text{ N} \Rightarrow F = 36,788 \text{ kgm/s} \times \frac{1 \text{ N}}{\text{kgm/s}} \Rightarrow F = 36,788 \text{ N}$$

Silindir kesit alanı

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0,42 \text{ m})^2}{4} \rightarrow A = 0,1385 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{36,788 \text{ N}}{0,1385 \text{ m}^2} \rightarrow F = 265,62 \text{ N/m}^2 \quad \text{ve} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad \Rightarrow$$

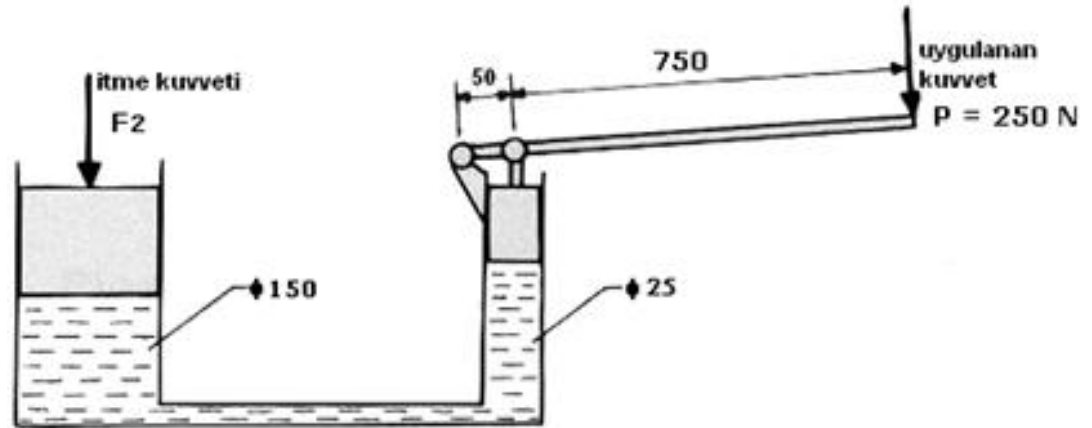
$$p = 265,62 \text{ Pa} = 0,266 \text{ kPa}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem (Hidrolik Pres): Şekilde gösterilen hidrolik kriko için aşağıdakileri hesaplayınız.

(a) Sıvı basıncını, (b) Kaldırma kuvvetini, (c) Mekanik faydayı bulunuz.

Veriler:



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

$$d_2 = 150 \text{ mm}, d_1 = 25 \text{ mm}, S = 50 \text{ mm}, L = 750 \text{ mm}, P = 250 \text{ N}$$

Sıvı basıncı

$$F_1 = P \frac{L}{S} = 250 \text{ N} \frac{750 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \rightarrow F_1 = 3750 \text{ N}$$

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{\pi d_1^2/4} = \frac{3750 \text{ N}}{\pi (0,025 \text{ m})^2/4} \rightarrow p_1 = 7643702 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} \rightarrow p_1 = 7,644 \text{ MPa}$$

Kaldırma kuvveti

$$F_2 = F_1 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 = 3750 \text{ N} \times \left(\frac{150 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \right)^2 \rightarrow F_2 = 135000 \text{ N} = 135 \text{ kN}$$

Mekanik fayda

$$mf = \frac{F_2}{P} = \frac{135000 \text{ N}}{250 \text{ N}} \rightarrow \mathbf{mf = 540}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

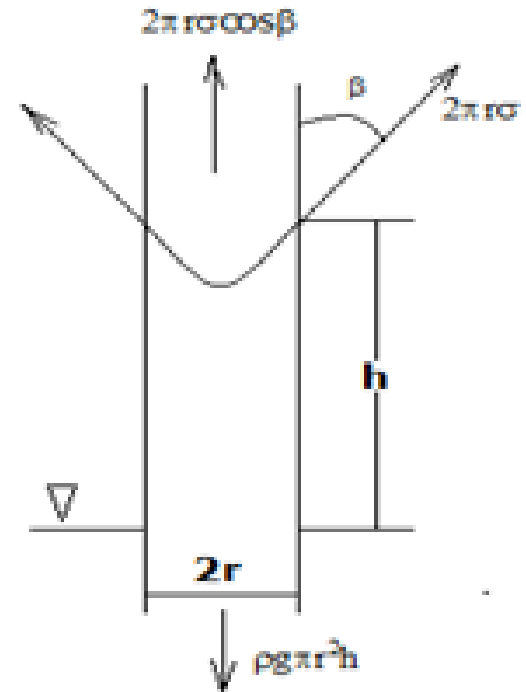
Örnek Problem (Kapilarite): Bir ağaçta suyun aktığı lümen çapı $5 \times 10^{-6} \text{ m}$, yüzeysel gerilim $\sigma = 0,072 \text{ N/m}$ 'dir.

Temas açısı $\beta = 0^\circ$ ise,

Temas açısı $\beta = 30^\circ$ ise bu koşullarda suyun sözkonusu ağaçta yükselebileceği yüksekliği,

Kapilar basıncı bulunuz.

Veriler:



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

$$\beta = 0^\circ \rightarrow \cos \beta = 1 \text{ için,}$$

$$\text{Kapiler kuvvetler dengesi: } 2\pi r \sigma \cos \beta = \rho g \pi r^2 h$$

Bu eşitlikten yükselme miktarı (h) çekilirse aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$h = \frac{2\pi r \sigma \cos \beta}{\rho g \pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \beta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2 \times 0,072 \times 1}{1000 \times 9,81 \times 5 \times 10^{-6}} = \frac{0,144}{0,004905} \rightarrow h = 2,936 \text{ m}$$

$$\beta = 30^\circ \rightarrow \cos \beta = 0,866 \text{ için,}$$

$$h = \frac{2\pi r \sigma \cos \beta}{\rho g \pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \beta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2 \times 0,072 \times 0,866}{1000 \times 9,81 \times 5 \times 10^{-6}} = \frac{0,1247}{0,004905} \rightarrow h = 2,542 \text{ m}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Kapilar basınç

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$$

$$\Delta p = \frac{2 \times 0,072 \text{ N/m}}{5 \times 10^{-6} \text{ m}} = 28800 \text{ N/m}^2$$

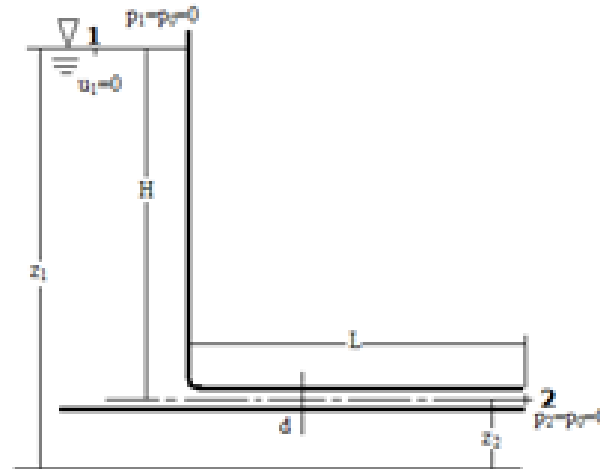
$$\Delta p = 28800 \text{ Pa} = 28,8 \text{ kPa}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem (Hidrodinamik): İç çapı $d = 3 \text{ mm}$, uzunluğu $L = 10 \text{ m}$ olan dairesel kesitli pürüzsüz bir boru bir su deposuna bağlıdır. Boru içindeki akışın debisinin $0,05 \text{ lt/s}$ olabilmesi için depodaki H su yüksekliği

- a) Depodan boruya giriş kaybının ihmal edildiği durumda
- b) Depodan boruya girişte kayıp olduğu ($K = 0,5$) ve atmosfer basıncının ihmal edilmesi halinde ne olmalıdır?

Veriler:



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

a) Depodan boruya giriş kaybının ihmal edildiği durum

1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi yazılır

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + h_{kay}$$

$u_1 = 0$ ve $p_1 = p_2 = 0$ olduğundan Bernoulli denklemi

$$z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + h_{kay} \rightarrow z_1 - z_2 = H = \frac{u_2^2}{2g} + h_{kay}$$

$$h_{kay} = \lambda \frac{L}{D} \frac{u^2}{2g}$$

$$u_2 = u = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,05 \times 10^{-3}}{\pi \frac{(0,003)^2}{4}} = 7,07 \text{ m/s}$$

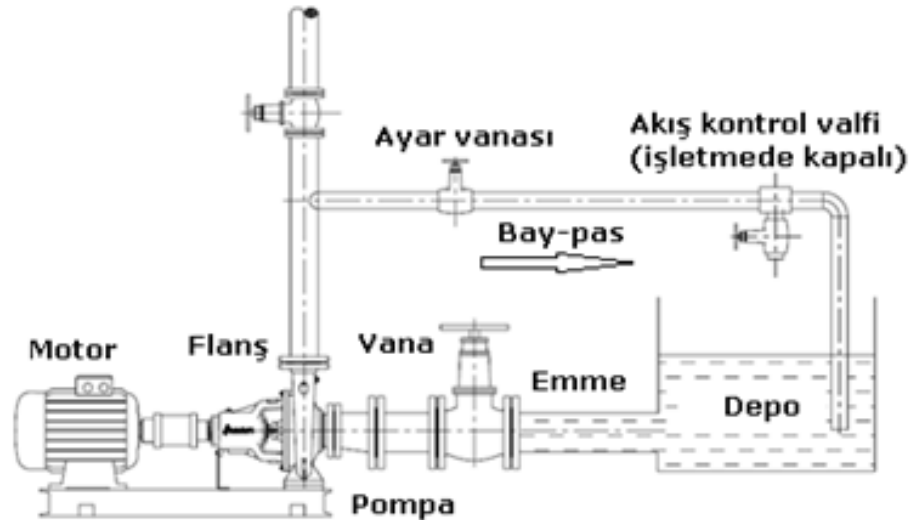
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

$$Re = \frac{u D}{\nu} = \frac{7,07 \times 0,003}{1,01 \times 10^{-6}} = 21000 > 2300 \text{ türbülanslı akış}$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{(21000)^{0,25}} = 0,026$$

$$H = \frac{u_2^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{u_2^2}{2g} = \left(1 + \lambda \frac{L}{D}\right) \frac{u_2^2}{2g} = \left(1 + 0,026 \frac{10}{0,003}\right) \frac{(7,07)^2}{2 \times 9,81}$$

$$H = 223 \text{ m}$$



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

b) Depodan boruya giriş kaybının olduğu durum

Bu durumda sürekli kaybın yanısıra yerel kayıp da vardır.

$$h_{kay} = \lambda \frac{L}{D} \frac{u^2}{2g} + K \frac{u^2}{2g} = \left(K + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{u^2}{2g}$$

$$H = \frac{u_2^2}{2g} + \left(K + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{u_2^2}{2g} = \left(1 + K + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{u_2^2}{2g}$$

$$H = \left(1 + 0,5 + 0,026 \frac{10}{0,003} \right) \frac{(7,07)^2}{2 \times 9,81}$$

$$H = 224,6 \text{ m}$$

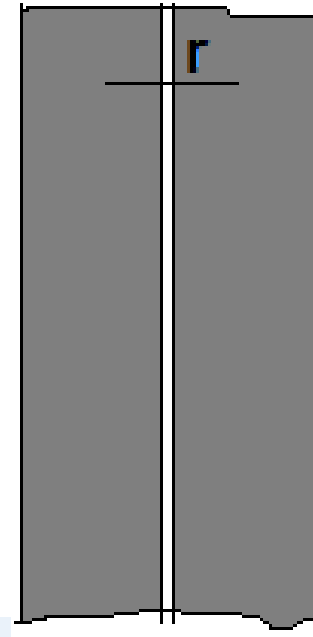
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem (Kaplartite): *Fagus orientalis*in lümen çapı $5\ \mu m$, suyun yüzey gerilim katsayısı $\sigma = 0,072\ N/m$ 'dir.

a) Temas açısı $\beta = 0^\circ$ ise,

b) Temas açısı $\beta = 30^\circ$ ise bu koşullarda suyun söz konusu ağaçta yükselebileceği yüksekliği bulunuz.

Veriler:



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm:

a) $\beta = 0^\circ \rightarrow \cos \beta = 1$ için,

Kapiler kuvvetler dengesi $2\pi r \sigma \cos \beta = \rho g \pi r^2 h$ şeklinde ifade edilmiştir.

Bu eşitlikten yükselme miktarı (h) çekilirse aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$h = \frac{2\pi r \sigma \cos \beta}{\rho g \pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \beta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2 \times 0,072 \times 1}{1000 \times 9,81 \times 5 \times 10^{-6}} = \frac{0,144}{0,04905} \rightarrow \mathbf{h = 2,94 \text{ m}}$$

b) $\beta = 30^\circ \rightarrow \cos \beta = 0,866$ için,

$$h = \frac{2\pi r \sigma \cos \beta}{\rho g \pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \beta}{\rho g r}$$

$$h = \frac{2 \times 0,072 \times 0,866}{1000 \times 9,81 \times 5 \times 10^{-6}} = \frac{0,1247}{0,04905} \rightarrow \mathbf{h = 2,54 \text{ m}}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Örnek Problem – Kapilarite 4.10. 30 m yükseklikteki bir ağacın tepesine suyun çıkabilmesi için suyun aktığı lümen çapı ne olmalıdır?

Veriler:

$$\sigma = 0,073 \text{ N/m}, \beta = 0^0$$
$$h = 30 \text{ m}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$
$$\beta = 0^0 \rightarrow \cos\beta = 1$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Çözüm 4.10:

$$2 \pi R \sigma \cos \beta = \rho g h \pi R^2$$

$$R = \frac{2 \pi \sigma \cos \beta}{\rho g h \pi}$$

$$R = \frac{2 \sigma \cos \beta}{\rho g h}$$

$$R = \frac{2 \times 0,073 \times 1}{1000 \times 9,81 \times 39} \text{ ise; } R = 0,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0,5 \times 10^{-5}$$

$$D = 1 \times 10^{-6} \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\mathbf{D = 1 \mu m}$$

