

SINAVDA UYMANIZ GEREKEN KURALLAR

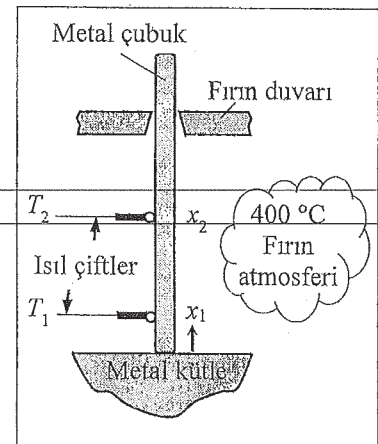
Sınav boyunca;

- 1) Her ne amaçla ve hangi düzeyde olursa olsun aranızda konuşmamalısınız.
- 2) Kendi aranızda kalem, silgi, hesap makinesi, kitap, defter vb. şeylerin alış-verişi yapılmayacaktır.
- 3) Cep telefonlarınız, güçleri kapalı (Power Off) olarak çantanızda veya cebinizde olacaktır.
- 4) Kopya çektiğiniz tespit edildiği takdirde uyarılacak; ancak sınav sırasında dışarı çıkartılmayacaksınız. Gerekli işlemler, tutanakla sınav sonrasında yapılacaktır.
- 5) Yalnız bir ders kitabı açık olabilir. (Hangi kitabı kullandığınızı cevapların en başında belirtiniz.)

SORULAR

- 1) İçinde kimyasal madde depolanan 3 m çapında küresel bir tankın dış yüzeyine ısı yalıtımı yapılmak istenmektedir. Tank 12 mm kalınlıkta paslanmaz çelik saçtan ($k_c=16 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) yapılmıştır. Tankın içindeki sıvı $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit sıcaklıkta olup, dış ortam $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktadır. Tankın bütün yüzeyinden ısı kaybı olmaktadır ve dış yüzeyinde ısı taşınım katsayısı $20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ alınabilir. Tank cidarının iç yüzey sıcaklığını sıvı sıcaklığına eşit kabul ederek;
 - a) Yalıtımsız halde tank yüzeyinden birim zamanda kaybolan ısı miktarını hesaplayınız. (15 puan)
 - b) Diğer koşullar aynı kalmak üzere tankın dış yüzeyi, 5 cm kalınlıkta cam yününden ($k_{cy}=36 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) yalıtım malzemesi ve onun üzerine de 2 mm kalınlıkta koruyucu galvaniz saç ($k_{gs}=60 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) kaplama yapılırsa, kayıp ısı ne kadar olur? (15 puan)
 - c) Yalıtım maliyeti 60 TL/m^2 , enerji birim fiyatı 45 kuruş/kWh olduğuna göre çalışma koşulları aynı kalmak kaydıyla, yalıtım için harcanan para ne kadar zamanda geri kazanılır. (05 puan)

!!! NOT: Bu soruda, küresel tankın düzlem levha gibi alınabilir.
- 2) İçerisinde üniform olarak $1.4 \times 10^5 \text{ W/m}^3$ değerinde ısı üretimi olan 5 cm kalınlığında çok geniş pirinç bir plakanın ($k=110 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) bir yüzeyi yalıtılmış (adyabatik), diğer yüzeyi ise $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik bir akışkan ile temastadır. Akışkan ile yüzey arasında taşınım ile ısı transfer katsayısı $35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 'dir. Buna göre,
 - a) Levhanın birim yüzeyinden akışkana geçen ısıyı bulunuz. (10 puan)
 - b) Levhanın akışkanla temas halindeki yüzeyinin sıcaklığını bulunuz. (10 puan)
 - c) Levhanın yalıtılmış yüzeyindeki sıcaklığını bulunuz. (05 puan)
- 3) Uzun bir metal çubuk, $400 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki bir fırın duvarındaki küçük bir delikten içeri sokularak, fırın içindeki metal kütleyle dayandırılmakta ve bu şekilde kütlelerin sıcaklığı ölçülmek istenmektedir (yandaki şekil). Çubuk üzerinde, metal kütlede itibaren $x_1=25 \text{ mm}$ ve $x_2=100 \text{ mm}$ uzaklıklara ısı çiftleri yerleştirilmiştir. Bu ısı çiftlerinden okunan sıcaklıklar sırasıyla $T_1=325 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $T_2=360 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Buna göre metal kütlelerin sıcaklığı kaç $^\circ\text{C}$ 'dir? (25 puan)
- 4) Saf bakırdan yapılmış, 12 mm çapında ve $30 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki küresel bilyalar, hareketli bir bant üzerinde, $T_\infty=350 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki fırına girmekte ve sıcaklıkları $225 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a ulaştığında fırını terketmektedirler. Bilya yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı $200 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ise,
 - a) Bilyaların, fırından geçişi ne kadar sürmelidir? (10 puan)
 - b) Fırının boyu 5 m ise bantın hızı kaç m/s olmalıdır? (05 puan)



U. Eyriboyn

1)

Yalıtımsız :

$T_{si} = 25^\circ\text{C}$
 $T_{so} = -10^\circ\text{C}$
 $k_q = 16 \text{ W/mK}$
 $D_1 = 3 \text{ m}$
 $A = 4\pi r^2 = \pi D^2$
 $L = 12 \text{ mm}$
 $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Yalıtım maliyeti: 60 TL/m^2
 Elektrik fiyatı: 45 kuruş/kWh

Yalıtımlı :

$D_2 = D_1 + 2\delta_{cy} + 2\delta_{gs}$
 $D_2 = 300 + 10 + 0.4$
 $D_2 = 310.4 \text{ cm}$
 $D_2 = 3.104 \text{ m}$

* $D_2 \approx D_1$ alınmasında sakınca yoktur.



a) Yalıtımsız halde tankın ~~barın~~ yüzeyinden kaybolan ısı :

$$\dot{Q}_1 = hA(T_{si} - T_{so}) = \frac{T_{si} - T_{so}}{R_{ilet} + R_{tas}} = \frac{T_{si} - T_{so}}{\frac{L}{k_q A} + \frac{1}{hA}} = \frac{T_{si} - T_{so}}{R_1 + R_{tas}}$$

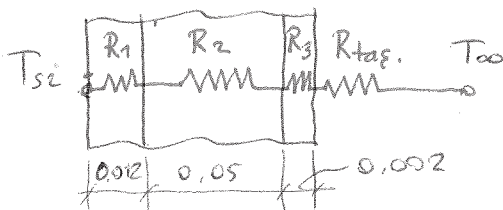
$$A = 4\pi r^2 = \pi D^2 = \pi \times 3^2 = 28.2743 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{25 - (-10)}{\frac{0.012}{16 \times 28.2743} + \frac{1}{20 \times 28.2743}} = \frac{35}{2.6526 \times 10^{-5} + 1.7684 \times 10^{-3}} = \frac{35}{1.7949 \times 10^{-3}}$$

$$\dot{Q}_1 = 19499.69 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_1 \approx 19500 \text{ W}$$

b)



$$\dot{Q} = \frac{T_{si} - T_{so}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_{tas}}$$

R_1 ve R_{tas} aynı, R_2 ve R_3 ilave edilecek

$$\dot{Q}_2 = \frac{25 - (-10)}{2.6526 \times 10^{-5} + 1.7949 \times 10^{-3} + \frac{\delta_{cy}}{k_{cy} A} + \frac{\delta_{gs}}{k_{gs} A}} = \frac{35}{1.7949 \times 10^{-3} + \frac{0.05}{0.036 \times 28.2743} + \frac{0.002}{60 \times 28.2743}}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{35}{1.7949 \times 10^{-3} + 0.04912 + \frac{1.1789 \times 10^{-6}}{1.1789 \times 10^{-6}}} = \frac{35}{0.05098} = 687.353$$

$$\dot{Q}_2 \approx 6874 \text{ W}$$

$$r = 1500 + 50 + 2 = 1552 \text{ mm} = 1,552 \text{ m}$$

$$D_2 = 2 \times 1,552 = 3,104 \text{ m}$$

$$A = \pi D_2^2 = \pi (3,104)^2 = 30,2687 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{A (T_1 - T_{\infty})}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_d}}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{30,2687 (25 - (-10))}{\frac{0,012}{16} + \frac{0,050}{36} + \frac{0,002}{60} + \frac{1}{20}}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{1059,4045}{7,5 \times 10^{-4} + 1,3889 \times 10^{-3} + 3,3333 \times 10^{-5} + 0,05}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{1059,4045}{0,05217} = 20306,776 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_2 \approx 20307 \text{ W}$$

Verilen hatalı değer ile :

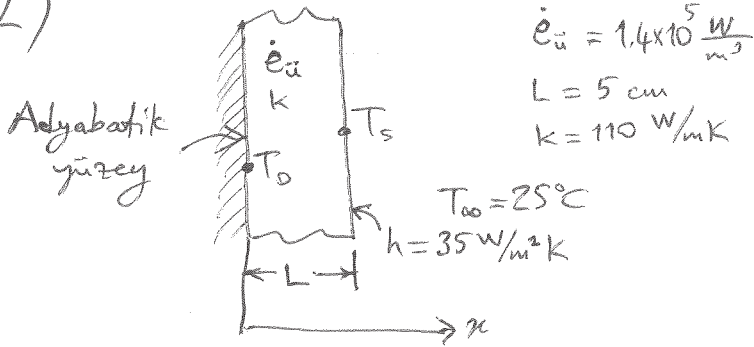
$$\dot{Q}_2 = \frac{35}{\frac{1,7949 \times 10^{-3}}{36 \times 28,2743} + \frac{0,05}{1,789 \times 10^{-6}}} = \frac{35}{1,7949 \times 10^{-3} + 4,9122 \times 10^{-5} + 1,1789 \times 10^{-6}}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{35}{1,8452 \times 10^{-3}} = 18968,13 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_2 = 18968 \text{ W}$$

NOT : Cam yünü için k değeri $36 \times 10^3 \text{ W/mK}$ yerine hatalı olarak 36 W/mK verildiğinden geçen ısı değerindeki azalma çok küçük miktarda olmuştur.

2)



a) Birim yüzeyden çıkan ısı?

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} = \dot{e}_u L$$

$$\dot{q} = 1.4 \times 10^5 \times 0.05$$

$$\dot{q} = 7000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

b) $T_s = ?$ $\dot{q} = h(T_s - T_\infty) \Rightarrow T_s = T_\infty + \frac{\dot{q}}{h}$

$$T_s = 25 + \frac{7000}{35} = 25 + 200 = 225^\circ\text{C}$$

$$T_s = 225^\circ\text{C}$$

c) $T_0 = ?$

$$T_0 = T_s + \Delta T_{\text{max}} \quad (2.72)$$

$$\Delta T_{\text{max}} = \frac{\dot{e}_u L^2}{2k} \quad (2.73)$$

$$T_0 = T_s + \frac{\dot{e}_u L^2}{2k}$$

$$T_0 = 225 + \frac{1.4 \times 10^5 \times (0.05)^2}{2 \times 110} = 225 + 1.591 = 226.591$$

$$T_0 \approx 226.6^\circ\text{C}$$

3) Uzun metal cubuğu, çok uzun konduktör gibi düşünelim:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-mx} \quad \text{bağlantısı } x_1 \text{ ve } x_2 \text{ mesafeleri için}$$

ayrı ayrı yazılıp birbirine oranlanırsa:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{T_1 - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-mx_1} \quad \text{(A)} \\ \frac{T_2 - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-mx_2} \quad \text{(B)} \end{array} \right\} \frac{T_1 - T_{\infty}}{(T_b - T_{\infty})} \cdot \frac{(T_b - T_{\infty})}{T_2 - T_{\infty}} = e^{-m(x_1 - x_2)}$$

$$\frac{T_1 - T_{\infty}}{T_2 - T_{\infty}} = e^{-m(x_1 - x_2)}$$

bulunur. Değerler yerlerine konursa:

$$\frac{325 - 400}{360 - 400} = e^{-m(0,025 - 0,100)}$$

$$1,875 = e^{0,075m} \Rightarrow \ln(1,875) = 0,075m \frac{\ln e}{1}$$

$$m = \frac{\ln(1,875)}{0,075} = \frac{0,6286}{0,075} = 8,3814$$

$$\boxed{m = 8,3814}$$

Bulunan m değeri (A) ya da (B) eşitliklerinden biri kulları ile kullanarak T_b bulurabiliriz.

$$\frac{T_2 - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-mx_2} \Rightarrow T_b - T_{\infty} = \frac{T_2 - T_{\infty}}{e^{-mx_2}} = (T_2 - T_{\infty}) e^{mx_2}$$

$$T_b = T_{\infty} + (T_2 - T_{\infty}) e^{mx_2} = 400 + (360 - 400) e^{8,3814 \times 0,1}$$

$$= 400 - (-40) \times 2,3121$$

$$= 400 - 92,48 = 307,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\boxed{T_b = 307,52 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

4)

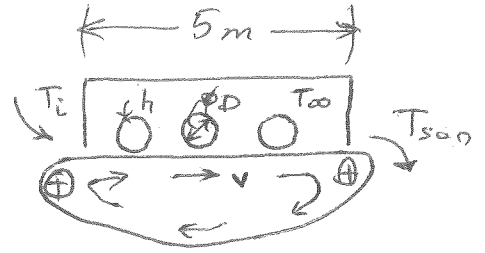
$D = 12 \text{ mm}$ Saf bakırdan bilye.

$$T_i = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{\infty} = 350^\circ\text{C}$$

$$T_{soğ} = 225^\circ\text{C}$$

$$h = 200 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



$$T_{ort} = \frac{T_i + T_{soğ}}{2} = \frac{30 + 225}{2} = 127.5^\circ\text{C} = 127.5 + 273 = 400.5 \text{ K} \approx 400 \text{ K}$$

İçin bakırın özellikleri:

$$k = 393 \frac{\text{W}}{\text{mK}}, \quad \rho = 8933 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad c_p = 397 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

a)

$$Bi = \frac{hL_c}{k} = \frac{hr_o}{3k} = \frac{200 \times 0.006}{3 \times 393} = 1.02 \times 10^{-3} < 0.1 \Leftrightarrow \text{Yığık sistem.}$$

Yığık sistemde sıcaklık yalnız zamana göre değişir ve formülü:

$$t = - \frac{\rho V c_p}{h A_s} \ln \left(\frac{T_{soğ} - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right) = - \frac{\rho c_p L_c}{h} \ln \left(\frac{T_{soğ} - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right)$$

$$t = - \frac{\rho c_p r_o}{3h} \ln \left(\frac{T_{soğ} - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right) = - \frac{8933 \times 397 \times 0.006}{3 \times 200} \ln \left(\frac{225 - 350}{30 - 350} \right)$$

$$t = -35.464 \ln(0.390625) = -35.464 \times (-0.94) = 33.3364 \text{ s}$$

$$t \approx 33.34 \text{ s}$$

b) Bilyelerin 5 m'lik fırında 33.34 saniye kalması için banyonun hızı;

$$L = v \cdot t \text{ 'den } v = \frac{L}{t} = \frac{5}{33.34}$$

$$v = 0.14997 \text{ m/s}$$

$$v \approx 0.15 \text{ m/s}$$

olmalıdır.