

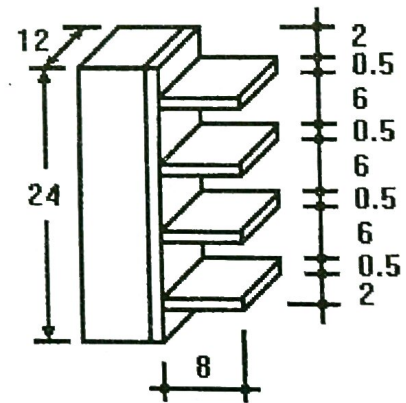
SINAVDA UYMANIZ GEREKEN KURALLAR

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.)

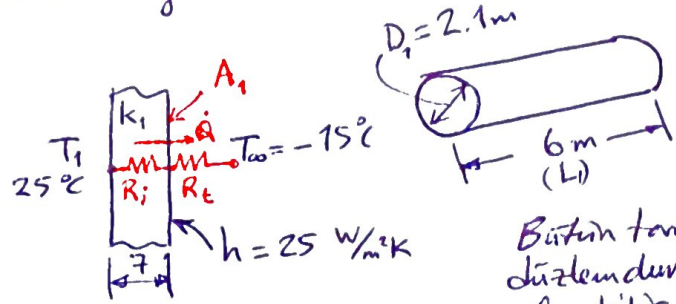
SORULAR

- 1) Dış yüzeyine ısı yalıtımı yapılmak istenen; çapı 2.1 m, boyu 6 m olan silindirik bir tank 7 mm kalınlıkta çelik saçtan yapılmıştır ($k=60 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$). Tankın içindeki sıvı $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit sıcaklıkta tutulmakta olup, dış ortam $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktadır. Tankın bütün yüzeylerinden ısı kaybı olmaktadır ve dış yüzeyinde ısı taşınım katsayısı $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ alınabilir. Tank cidarının iç yüzey sıcaklığını sıvı sıcaklığına eşit kabul ederek;
(a şıkkı 15 puan)
 - a) Yalıtım yapılmadan önce tankın yüzeylerinden birim zamanda kaybolan ısı miktarını hesaplayınız.
 - b) Diğer koşullar aynı kalmak üzere tankın tüm dış yüzeyi, 5 cm kalınlıkta taş yününden yalıtım malzemesi ile kaplanırsa; kayıp ısı ne kadar olur? (10 puan)
 - c) Yalıtım maliyeti 35 TL/m^2 , enerji birim fiyatı 40 kuruş/kWh olduğuna göre çalışma koşulları aynı kalmak kaydıyla, yalıtım için harcanan para ne kadar zamanda geri kazanılır. (5 p.)**!!! NOT:** Bu soruda, silindirik tankın tüm yüzeyleri toplamı tek bir düzlem levha gibi alınabilir.
- 2) Çapı 6 mm, ısı iletim katsayısı $18 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ olan uzun bir elektrik teli içinde 4.8 W/cm^3 düzgün dağılımlı ısı üretimi vardır. Tel, 2 mm kalınlığında ve ısı iletim katsayısı $1.4 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ olan plastik bir tabaka ile kaplanmıştır. Plastik kaplamanın dış yüzeyi $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki ortam havasına açık olup, yüzeyde, taşınım ile ısı transfer katsayısı $16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 'dir. Buna göre, sürekli rejimde;
 - a) Çubuğun birim boyundan çıkan ısıyı hesaplayınız. (10 puan)
 - b) Tel-plastik arayüzeyi sıcaklığını bulunuz. (10 puan)
 - c) Telin merkezindeki sıcaklığı bulunuz. (10 puan)
- 3) Şekli yanda verilen ve elektronik bir parçayı soğutmak amacıyla yapılmış olan kanatçıklı yüzey, bu elemana mükemmel sayılabilecek şekilde monte edilmiştir. Elektronik parçanın dış yüzey sıcaklığı (kanatlı yüzeyin taban sıcaklığı) $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit kabul edilebilir. Ortam sıcaklığı ise $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Ortam ile kanatçıklı yüzey arasında taşınım katsayısı $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ olduğuna göre, kanatçıklı yüzeyin tamamından birim zamanda transfer olan ısı miktarını bulunuz. Kanat malzemesi (alüminyum) için ısı iletim katsayısı $237 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 'dir.
(Şekildeki ölçüler mm cinsindedir.) (30 puan)



1) Bir tankın dış yüzeyinden ortama geçen ısı?

a) Yalıtımsız durumda



Bütün tank yüzeyi düzlemler gibi alınabilir demiz.

$$\dot{Q}_1 = \frac{T_1 - T_{\infty}}{R_i + R_e}$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{T_1 - T_{\infty}}{\frac{L_1}{k_1 A_1} + \frac{1}{h A_1}}$$

$$A_1 = A_{yan} + A_{altın}$$

$$A_1 = \pi D_1 L_1 + 2 \frac{\pi D_1^2}{4} = \pi \times 2.1 \times 6 + \frac{\pi (2.1)^2}{2} = 35.5841 + 6.9272$$

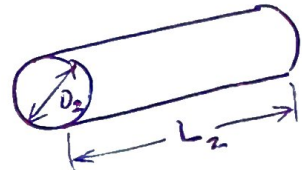
$$A_1 = 46.5113 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{A(T_1 - T_{\infty})}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{1}{h}} = \frac{46.5113 \times (25 - (-15))}{\frac{0.007}{60} + \frac{1}{25}} = \frac{46.5113 \times 40}{1.1667 \times 10^{-4} + 0.04} = \frac{1860.452}{0.04012}$$

$$\dot{Q}_1 = 46372.2 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_1 \approx 46.37 \text{ kW}$$

b) Yalıtımlı halde geçen ısı:

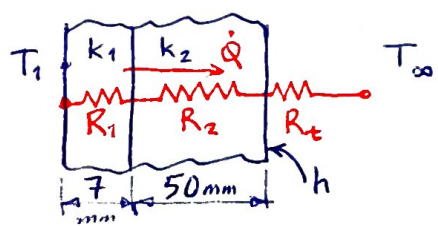


$D_2 = 2.1 + 0.1$
 $D_2 = 2.2 \text{ m}$
 $L_2 = 6 + 0.1$
 $L_2 = 6.1 \text{ m}$

$$A_2 = \pi D_2 L_2 + 2 \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$= \pi \times 2.2 \times 6.1 + \frac{\pi (2.2)^2}{2} = 42.1602 + 7.6027$$

$$A_2 = 49.7629 \text{ m}^2$$



$$\dot{Q}_2 = \frac{(T_1 - T_{\infty})}{\frac{L_1}{k_1 A_1} + \frac{L_2}{k_2 A_2} + \frac{1}{h A_2}} = \frac{A_2 (T_1 - T_{\infty})}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{1}{h}}$$

50 mm taş yünü için:

$$R = \frac{L_2}{k_2} \text{ (Km}^2\text{/W)} = 1.23$$

(Tablo A-6
50 ÷ 70 mm mineral elyaf)

$$\dot{Q}_2 = \frac{49.7629 (40)}{1.1667 \times 10^{-4} + 1.23 + 0.04} = \frac{1990.516}{1.2702} = 1567.09 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_2 \approx 1567 \text{ [W]}$$

c) Tasarruf edilen ısı (enerji)

$$\Delta \dot{Q} = \dot{Q}_1 - \dot{Q}_2 = 46372 - 1567 = 44805 \text{ W} = 44.805 \text{ kW}$$

Yalıtım maliyeti = $35 \times A_2 = 35 \times 46.5113 = 1628 \text{ TL}$

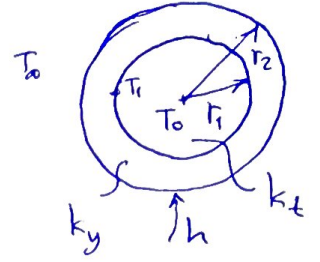
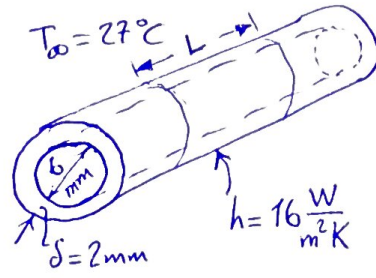
0.4 TL'ye 1kWh } $x = \frac{1628 \times 1}{0.4} = 4070 \text{ kWh alınabilir -}$

Bu da $4070 / 44.805 = 90.83 \text{ h} = 3.78 \text{ gün}$ **Cevap $\approx 91 \text{ h} \approx 3.78 \text{ gün}$**

2)

$$\left. \begin{array}{l} D = 6 \text{ mm} \\ k_t = 18 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\ \dot{e}_u = 4.8 \text{ W/cm}^3 \end{array} \right\} \text{Elektrik teli}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta = 2 \text{ mm} \\ k_y = 1.4 \text{ W/mK} \end{array} \right\} \text{Plastik yalıtım.}$$



a) Çubuğun (telin) birim boyundan çıkan ısı soruluyor.

Birim hacimde ortaya çıkan ısı biliniyor. O halde birim boyun hacmi ile çarpıldığında istenen değer bulunmuş olur.

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi (0.6)^2}{4} \cdot 100 = 28.2743 \text{ cm}^3$$

$$\dot{q} = \dot{e}_u V_L = 4.8 \frac{\text{W}}{\text{cm}^3} \times 28.2743 \text{ cm}^3 = 135.72 \text{ W}$$

$$\dot{q} = 135.72 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

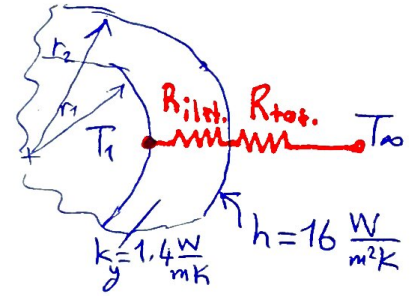
b)

Şekilde T_1 ile gösterilen sıcaklık soruluyor.

$$r_1 = \frac{D}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ mm} = 0.003 \text{ m}$$

$$r_2 = r_1 + \delta = 3 + 2 = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$$

T_1 ve T_∞ sıcaklıkları arasında elektriksel iletim yoluyla (dirençler zinciri)



$$\dot{Q}_{\text{silindır}} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{\text{ilet.}} + R_{\text{tır.}}} = \frac{T_1 - T_\infty}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_y L} + \frac{1}{h(2\pi r_2 L)}} \quad [\text{W}]$$

Birim boy için: $\dot{Q}_{\text{silindır}} = \frac{L(T_1 - T_\infty)}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_y} + \frac{1}{2\pi r_2 h}} \Rightarrow \frac{\dot{Q}_{\text{silindır}}}{L} = \dot{q} = \frac{T_1 - T_\infty}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_y} + \frac{1}{2\pi r_2 h}}$

Buradan,

$$T_1 = T_\infty + \frac{\dot{q}}{2\pi} \left[\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{k_y} + \frac{1}{r_2 h} \right] = 27 + \frac{135.72}{2\pi} \left[\frac{\ln(5/3)}{1.4} + \frac{1}{0.005 \times 16} \right]$$

$$T_1 = 27 + 21.6005 [0.36488 + 12.5] = 27 + 277.89 \approx 304.89^\circ\text{C}$$

$$T_1 \approx 305^\circ\text{C}$$

2-c)

Şekildeki T_0 sıcaklığı soruluyor.

İçinde ısı üretimi olan, yüzey sıcaklığı T_s olan bir telin (silindirin) merkez sıcaklığını veren formül:

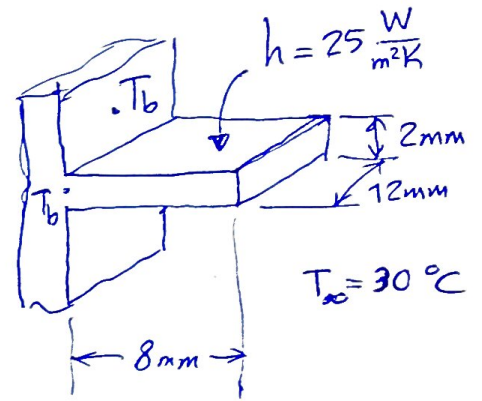
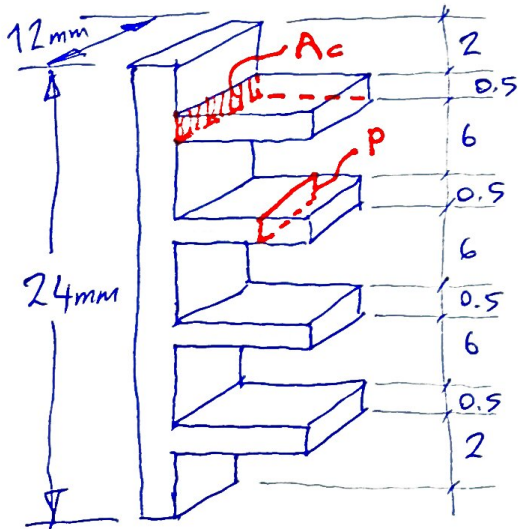
$$T_{\text{merkez}} = T_0 = T_s + \Delta T_{\text{maks.}} = T_s + \frac{\dot{e}_v r_s^2}{4k} \quad \left(\begin{array}{l} 2.71 \\ \text{ve} \\ 2.72 \\ \text{bağıntıları} \\ \text{sayfa 99} \end{array} \right)$$

Sorudaki simgelerde aynı formül:

$$T_0 = T_1 + \frac{\dot{e}_v r_1^2}{4k_t} = 305 + \frac{4.8 \times 10^6 (0.003)^2}{4 \times 18} = 305.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 305.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3) Kanatıklı yüzeyden ısı transferi.



$$T_b = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\infty} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k = 237 \text{ W/mK}$$

$L = 8 \text{ mm}$ yerine $L_c = L + \frac{t}{2} = 8 + \frac{0.5}{2} = 8.25 \text{ mm}$ boyunda adyabatik ucu kanatık gibi çözüm yapılabilir.

L_c boyunda adyabatik ucu kanatıktan transfer olan ısı:

$$\dot{Q}_{\text{ady.}} = \sqrt{hPkAc} (T_b - T_{\infty}) \tanh(mL_c)$$

3- devam)

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$$

P: Kanatık kesit alanı çevresi

$$P = 2(12 + 0.5) = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$$

A_c: Kanatık kesit alanı:

$$A_c = 12 \times 0.5 = 6 \text{ mm}^2 = 6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$m = \sqrt{\frac{25 \times 0.025}{237 \times 6 \times 10^{-6}}} = \sqrt{439.52} = 20.96 \quad \boxed{m = 20.96}$$

$$\dot{Q}_{\text{ady}} = \sqrt{25 \times 0.025 \times 237 \times 6 \times 10^{-6}} (70 - 30) \tanh(20.96 \times 0.00825)$$

$$\dot{Q}_{\text{ady}} = \sqrt{8.8875 \times 10^{-4}} (40) \tanh(0.17292) = 0.0293 \times 40 \times 0.1712$$

$$\dot{Q}_{\text{ady}} = 0.20407 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{ady}} = 0.20407 \text{ W}$$

4 adet kanatıktan transfer olan ısı:

$$\dot{Q}_{\text{kanatlar}} = 4 \times \dot{Q}_{\text{ady}} = 4 \times 0.20407 = 0.8163 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{kanatlar}} = 0.8163 \text{ W}$$

Kanatıklar dışında kalan taban alanından çıkan ısı:

$$\dot{Q}_{\text{kanatsız}} = hA_{\text{kanatsız}}(T_b - T_{\infty})$$

$$A_{\text{kanatsız}} = 24 \times 12 - 4(12 \times 0.5) = 264 \text{ mm}^2 = 264 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_{\text{kanatsız}} = 25 \times 264 \times 10^{-6} (70 - 30) = 0.264 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{kanatsız}} = 0.264 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{toplam, kanat}} = \dot{Q}_{\text{kanatsız}} + \dot{Q}_{\text{kanatlar}}$$

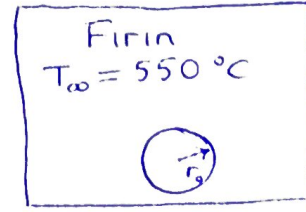
$$= 0.264 + 0.8163 = 1.0803 \text{ W}$$

Transfer olan toplam ısı

$$\dot{Q}_{\text{toplam, kanat}} \approx 1.1 \text{ W}$$

4) Saf bakırdan yapılmış küresel bilyeler bir fırında ısıtılıyor.

Verilenler: $D = 24 \text{ mm} \Rightarrow r_o = 12 \text{ mm}$
 $T_{\infty} = 550 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_i = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{son} = 275 \text{ }^{\circ}\text{C}$



$t = 0$
 $T_i = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 \downarrow
 $T_{son} = 275 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$h = 250 \text{ W/m}^2\text{K}$

Gerekli olup da verilmeyen k , ρ ve c_p değerleri kitaptabiri tablodan okunmalıdır.

$T_{ort} = \frac{T_i + T_{son}}{2} = \frac{25 + 275}{2} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C} = 150 + 273 = 423 \text{ K}$ için Tablo A-3'den interpolasyon ile: $k = 391 \text{ W/mK}$, $\rho = 8933 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 399 \text{ J/kgK}$

a) $T_i = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $T_{son} = 275 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oluncaya kadar geçen süre $t = ?$
 Öncelikle Biot sayısını hesaplayıp, cisim içinde sıcaklık basanlığı olup olmadığını kontrol edilmelidir.

$$Bi = \frac{hL_c}{k} \quad L_c = \frac{V}{A_s} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_o^3}{4\pi r_o^2} = \frac{r_o}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ mm} = 0.004 \text{ m}$$

$$Bi = \frac{250 \times 0.004}{391} = 2.558 \times 10^{-3} < 0.1$$

o halde sıcaklık basanlığı yok.
(Yığık sistem.)

Yığık sistemde sıcaklık yalnız zamanda bağlı değişir ve formülü:

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

$$t = -\frac{8933 \times 399 \times 0.004}{250} \ln\left(\frac{275 - 550}{25 - 550}\right) = -57.03 \ln\left(\frac{-275}{-525}\right) = -57.03 \ln(0.5238)$$

$$t = 36.877 \text{ s}$$

\Rightarrow

$$t \approx 37 \text{ s}$$

b) Bu süre zarfında cismin aldığı ısı miktarı:

$$Q = (m) c_p (T_{son} - T_i) = (\rho V) c_p (T_{son} - T_i)$$

$$Q = 8933 \times \frac{4}{3} \pi (0.012)^3 \times 399 (275 - 25) = 8933 \times 7.23823 \times 10^{-6} \times 250$$

$$Q = 6449.7456 \text{ [J]}$$

\Rightarrow

$$Q \approx 6450 \text{ joule}$$