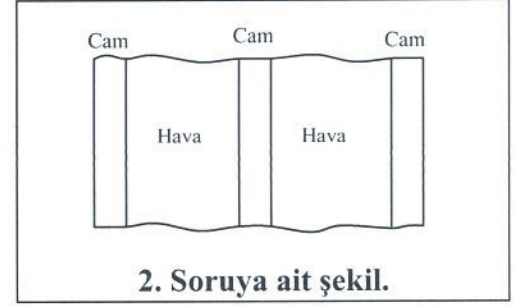


### SORULAR:

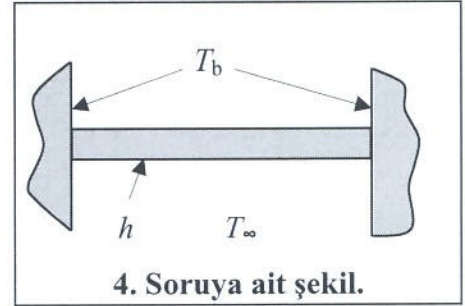
- 1) Kalınlıkları 3 mm olan üç cam tabaka arasında 12 mm kalınlıklarında durgun hava bulunmaktadır. Bu 'üç cam' sisteminin bir tarafındaki ortam sıcaklığı  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , ısı taşınım katsayısı  $8\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ; diğer tarafındaki ortam sıcaklığı  $-9\text{ }^\circ\text{C}$  ve ısı taşınım katsayısı  $22\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 'dir. Verilen değerler ile böyle bir 'üç camlı pencere'nin birim yüzeyinden geçen ısı miktarını hesaplayınız. (20 puan)  
( $k_{\text{cam}}=1.4\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,  $k_{\text{hava}}=0.026\text{ W/m}\cdot\text{K}$ )



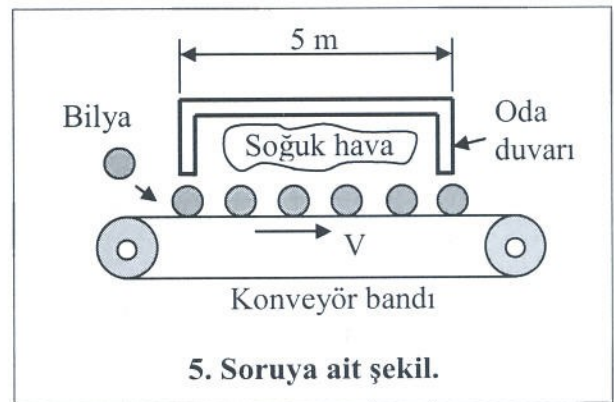
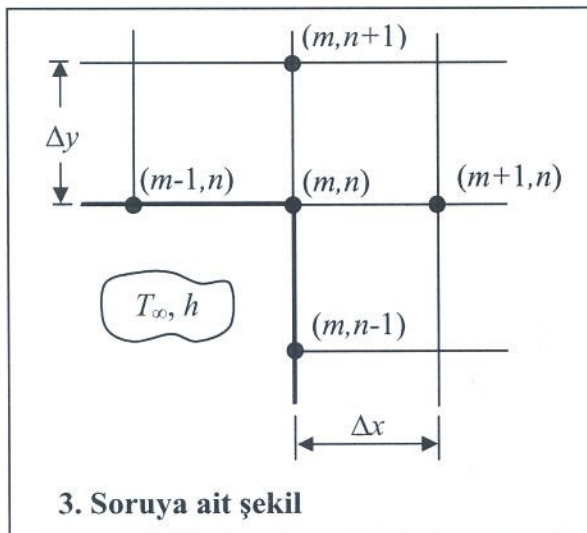
- 2) İç yarıçapı  $r_1=20\text{ mm}$ , dış yarıçapı  $r_2=25\text{ mm}$  olan çok uzun boru şeklinde bir iletken  $I=40$  amper şiddetinde elektrik akımı geçmektedir. Elektriksel direnci  $R'=0.3\text{ ohm/m}$  olan bu iletken ortaya çıkan ısının yarısı boru içinden akan bir akışkana, diğer yarısı da taşınım ile dış ortama geçmektedir. Dış ortam sıcaklığı  $30\text{ }^\circ\text{C}$  ve dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı  $50\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  olduğuna göre boru şeklindeki iletkenin dış yüzey sıcaklığını hesaplayınız. (20 puan)

- 3) Şekilde verilen (m,n) noktası için sonlu-fark eşitliğini tüm ara işlemleri yazarak çıkartınız. (20 p.)

- 4) Çapı 10 mm olan 20 cm uzunluğunda çelik bir çubuk ( $k=14\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) karşılıklı iki duvar arasında tutturulmuştur. Temas direnci ihmal edilebilir düzeydedir. Her iki duvarın yüzey sıcaklığı  $T_b=100\text{ }^\circ\text{C}$ , ortam sıcaklığı  $25\text{ }^\circ\text{C}$  ve ısı taşınım katsayısı  $50\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  olduğuna göre,  
a) Çubuktan ortama geçen ısı miktarını hesaplayınız, (10 p.)  
b) Çubuğun orta noktasındaki sıcaklığı hesaplayınız. (10 p.)

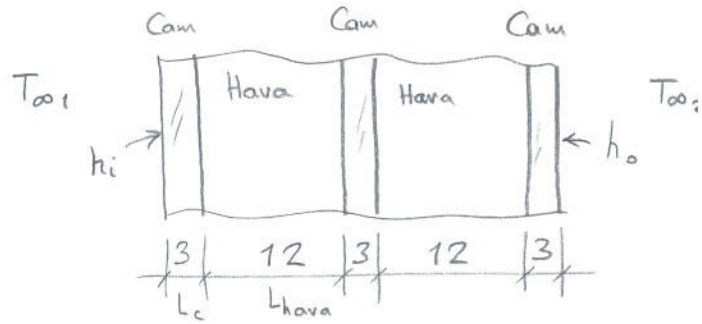


- 5) Bir soğuk hava odası,  $D=0.2\text{ m}$  çapında ve başlangıç sıcaklığı  $T_i=400\text{ }^\circ\text{C}$  olan çelik bilyaları hızla soğutup sertleştirmek üzere tasarlanmıştır. Oda içindeki hava, bir soğutma sistemi ile  $-15\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta tutulmaktadır. Çelik bilyalar oda içinden bir konveyör bandı üzerinde geçmektedir. En iyi rulman üretimi, bilyaların  $-15\text{ }^\circ\text{C}$  üzerindeki iç enerjisinin %70'inin çekilmesini gerektirir ( $Q/Q_0=0.70$ ). Işınım etkisi göz ardı edilebilir ve oda içinde ısı taşınım katsayısı  $1000\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 'dir. Bilyaların oda içinde kalma süresini bulun ve konveyör hızını belirleyin. Çelik için özellikler:  $k=50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,  $\alpha=2\times 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$ ,  $c=450\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . (20 puan)



*(M. Ayıboz)*

$$1) \quad q'' = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{k_i} + \frac{1}{h_o}}$$



$$q'' = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i} + 3 \frac{L_{cam}}{k_{cam}} + 2 \frac{L_{hava}}{k_{hava}} + \frac{1}{h_o}}$$

$$q'' = \frac{22 - (-9)}{\frac{1}{8} + 3 \frac{0,003}{1,4} + 2 \frac{0,012}{0,026} + \frac{1}{22}} = \frac{29}{1,09996} = \frac{29}{1,1}$$

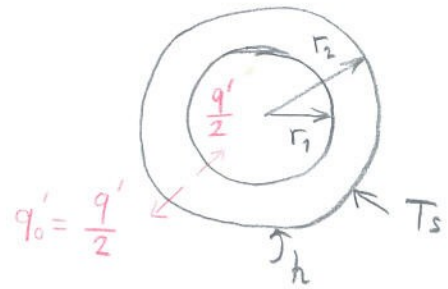
$$q'' = 26,36 \text{ W/m}^2$$

$$2) \quad q \equiv P = I^2 \cdot R \quad [W]$$

$$q' \equiv P = I^2 \cdot R' \quad \left[ \frac{W}{m} \right]$$

$$q' = 40^2 \cdot 0,3 = 480 \quad \frac{W}{m}$$

$$q'_o = \frac{q'}{2} = \frac{480}{2} = 240 \quad \frac{W}{m}$$



$$q_o = h A_o (T_s - T_{\infty}) = h (2\pi r_2 L) (T_s - T_{\infty})$$

$$q'_o = \frac{q_o}{L} = 2\pi r_o h (T_s - T_{\infty})$$

$$T_s = T_{\infty} + \frac{q'_o}{2\pi r_2 h} = 30 + \frac{240}{2\pi \cdot 0,025 \cdot 50} = 30 + 30,56$$

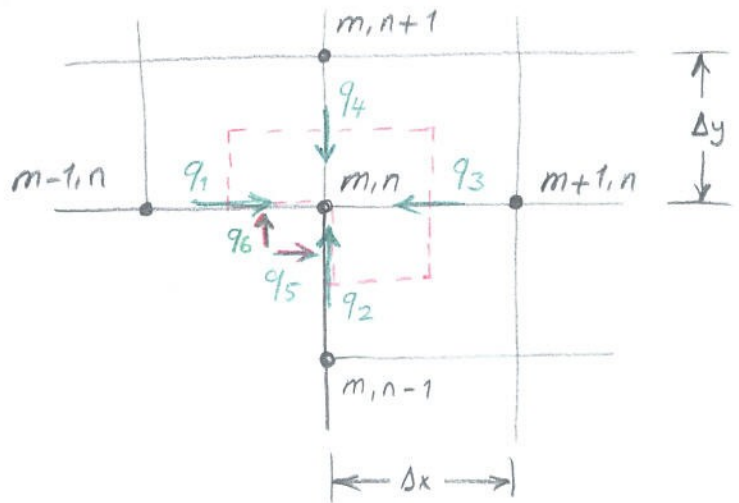
$$T_s = 60,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3) Kirchoff yasasi :

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 0$$

$q_1, q_2, q_3, q_4$  : iletimle ısı geçisi

$q_5, q_6$  : taşınım ile ısı geçisi



$$k \left( \frac{\Delta y}{2} \right) \frac{T_{m-1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k \left( \frac{\Delta x}{2} \right) \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y} + k \Delta y \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k \Delta x \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y} + h \left( \frac{\Delta y}{2} \right) (T_\infty - T_{m,n}) + h \left( \frac{\Delta x}{2} \right) (T_\infty - T_{m,n}) = 0$$

$\Delta x = \Delta y$  alınır ve her terim  $\left( \frac{2}{k} \right)$  ile çarpılırsa :

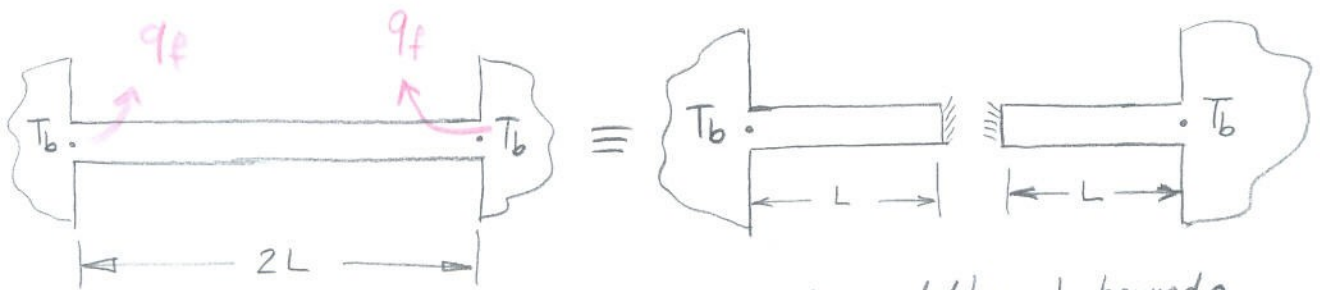
$$T_{m-1,n} - T_{m,n} + T_{m,n-1} - T_{m,n} + 2T_{m+1,n} - 2T_{m,n} + 2T_{m,n+1} - 2T_{m,n} + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty - \frac{h\Delta x}{k} T_{m,n} + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty - \frac{h\Delta x}{k} T_{m,n} = 0$$

$$T_{m-1,n} + T_{m,n-1} + 2T_{m+1,n} + 2T_{m,n+1} + \frac{2h\Delta x}{k} T_\infty - \left( 6 + \frac{2h\Delta x}{k} \right) T_{m,n} = 0$$

$$T_{m,n} = \frac{T_{m-1,n} + T_{m,n-1} + 2T_{m+1,n} + 2T_{m,n+1} + 2 \frac{h\Delta x}{k} T_\infty}{2 \left( 3 + \frac{h\Delta x}{k} \right)}$$



4)



iki tarafından mesnetli  
2L boyunda tek kanat

Ucu yalıtılmış L boyunda  
iki ayrı kanatlık

a)  $q_f = \sqrt{hPkA_c} \cdot \theta_b \cdot \tanh mL$

$P = 2\pi r$   
 $A_c = \pi r^2$

$\theta_b = T_b - T_\infty = 100 - 25 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$

$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k A_c}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 2\pi \cdot 0,005}{14 \cdot \pi \cdot 0,005^2}} = 37,796$

$q_f = \sqrt{50 \cdot 2\pi \cdot 0,005 \cdot 14 \cdot \pi \cdot 0,005^2} \cdot 75 \cdot \tanh(37,796 \cdot 0,1)$

$q_f = \sqrt{1,7272 \times 10^{-3}} \cdot 75 \cdot 0,99896 = 3,1137 \text{ W}$

$q_f \approx 3,11 \text{ W}$

Bir taraftan geçen ısı

Toplam :  $q_f = 2 \cdot 3,11 = 6,22 \text{ W}$

b)  $x=L$ 'deki sıcaklık  $T_L = ?$

$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL} = \frac{\cosh(0)}{\cosh(37,796 \cdot 0,1)} = \frac{1}{21,91} = 0,04564$

$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{T - T_\infty}{T_b - T_\infty} = 0,04564 \Rightarrow T = 0,04564(T_b - T_\infty) + T_\infty$

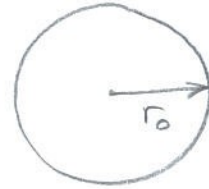
$T = 0,04564(100 - 25) + 25 = 28,423 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_L \approx 28,4 \text{ }^\circ\text{C}$

5)

$$Bi = \frac{h L_c}{k} = \frac{h \left(\frac{r_0}{3}\right)}{k}$$

$$Bi = \frac{1000 \cdot \left(\frac{0,10}{3}\right)}{50} = 0,67 > 0,1$$



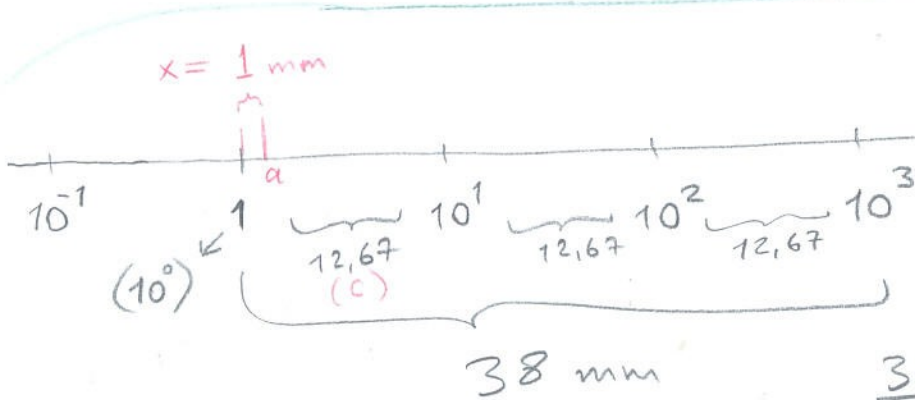
Şekil D.9 kullanılmalı.

$$\frac{Q}{Q_0} = 0,7 \text{ (verilmiştir)}$$

$$Bi = \frac{h r_0}{k} = \frac{1000 \cdot 0,1}{50} = 2$$

$$\frac{h^2 \alpha t}{k^2} = Bi^2 Fo \approx 1,2$$

Logaritmik ölçekli grafikten okuma:



$$a = 10$$

$$a = 10 \left(\frac{1}{12,67}\right)$$

$$a = 1,199 \approx 1,2$$

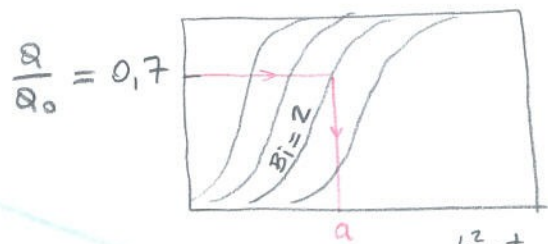
$$\frac{38}{3} = 12,67 \text{ mm}$$

( $x$  ve  $c$  grafik üzerinden mm olarak okunabilir.)

$$t = \frac{1,2 k^2}{h^2 \alpha}$$

$$t = \frac{1,2 \cdot 50^2}{1000^2 \cdot 2 \times 10^{-5}} = 150 \text{ s}$$

$$t = 150 \text{ s}$$



$$\frac{h^2 \alpha t}{k^2} = a = 1,2$$

Konveyör hızı:

$$Hız = \frac{Yol}{zaman} \Rightarrow v = \frac{L}{t} \quad L = 5 \text{ m}$$

$$v = \frac{5}{150} = 0,0333 \text{ m/s}$$

$$v = 33,3 \text{ mm/s}$$

**Formüller ve şekiller:**

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

$$q'' = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_c^4)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{\rho c_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$q'' = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{k_i} + \frac{1}{h_o}}$$

$$\frac{d^2 \theta}{dx^2} - m^2 \theta = 0$$

$$\theta(x) = C_1 e^{mx} - C_2 e^{-mx}$$

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL} \quad (\text{Ucu yalıtılmış kanat})$$

$$\theta = T - T_\infty \quad m = \sqrt{hP / kA_c}$$

$$q_f = \sqrt{hPkA_c} \cdot \theta_b \tanh mL \quad (\text{Ucu yal. kanat})$$

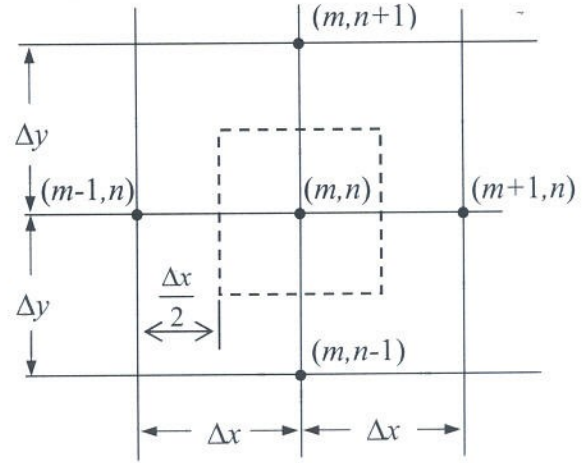
$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hA}{\rho Vc} t\right)$$

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp(-Bi \cdot Fo)$$

$$Bi = \frac{hL_c}{k} \quad L_c = V/A$$

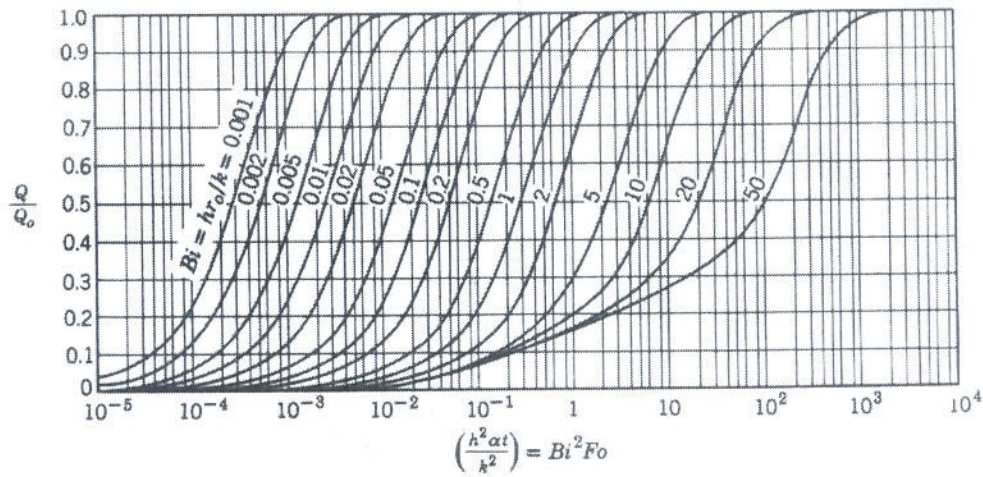
$$Q_0 = \rho Vc(T_i - T_\infty) \quad Fo = \frac{\alpha t}{L_c^2}$$

$$P = \dot{I} \cdot R \quad [\text{W}]$$



$\Delta x = \Delta y$  alınarak:

$$T_{m-1,n} + T_{m,n-1} + T_{m+1,n} + T_{m,n+1} - 4T_{m,n} = 0$$



Şekil D.9  $r_0$  yarıçaplı kürenin zamana göre iç enerji değişimi. (Isı ve Kütle Transferinin Temelleri, Incropera ve DeWitt, Literatür, İstanbul, 2001)

U.E.