



GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
Department of Food Engineering

Isı ve Kütle Transferi Çalışma Soruları

Dersin Adı: GM 204 – Isı ve Kütle Transferi

Dersin Hocası: Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE

atauni.edu.tr    Atauni1957

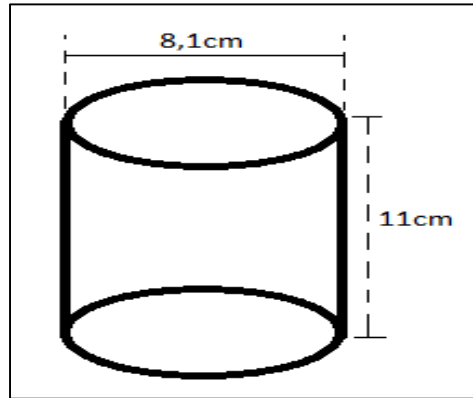


KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Örnek 2: Çapı 8,1cm yüksekliği ise 11cm olan silindirik teneke bir kutu içerisinde bulunan 35°C'deki gıda, 30 dakika boyunca 100°C'deki su ile temas ettirilirse geometrik merkezindeki sıcaklık ne olur? (Gıdanın termal iletkenliği 0,34 W/m°C, özgül ısı 3,5 kJ/kg°C, yoğunluğu ise 900 kg/m³ olarak, kaynar haldeki suyun konvektif ısı transfer katsayısı ise 2000 W/m²°C olarak alınacaktır)

KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Çözüm 2:



$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonlu silindir}} = \left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonsuz silindir}} \times \left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonsuz dilim}}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonsuz silindir için: $8,1\text{cm}/2 = 4,05\text{cm} = 0,0405\text{m}$

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(2000\text{ W/m}^2\text{°C})(0,0405\text{m})}{(0,34\text{ W/m}^2\text{°C})} = 238,24 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{238,24} = 0,0042$$

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = \frac{(0,34\text{ W/m}^2\text{°C})}{(900\text{ kg/m}^3)(3,5\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}) \left(\frac{1000\text{J}}{1\text{kJ}}\right)} \cdot \frac{1800\text{s}}{(0,0405\text{m})^2} = 0,12$$

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i}\right)_{\text{sonsuz silindir}} = 0,8 \text{ (Grafikten bulunur)}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonsuz dilim için: $11\text{cm}/2 = 5,5\text{cm} = 0,055\text{m}$

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(2000\text{ W/m}^2\text{°C})(0,055\text{m})}{(0,34\text{ W/m}^2\text{°C})} = 323,53 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{323,53} = 0,0031$$

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = \frac{(0,34\text{ W/m}^2\text{°C})}{(900\text{ kg/m}^3)(3,5\text{ kJ/kg}^2\text{°C}) \left(\frac{1000\text{J}}{1\text{kJ}}\right)} \cdot \frac{1800\text{s}}{(0,055\text{m})^2} = 0,064$$

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i}\right)_{\text{sonsuz silindir}} = 0,99 \text{ (Grafikten bulunur)}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonlu silindir için:

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonlu silindir}} = 0,8 \times 0,99 = 0,7 \Rightarrow \frac{T_a - T}{T_a - T_i} = \frac{100 - T}{100 - 35} = 0,792 \Rightarrow T = 48,52^\circ\text{C}$$

NOT:

$\frac{T_a - T}{T_a - T_i} = 0,99 \cong 1 \Rightarrow$ Böyle durumlarda $T = T_i$ olacaktır. Bu durum sıcaklığın hala başlangıç sıcaklığında olduğunu gösterir.

$\frac{T_a - T}{T_a - T_i} = 0 \Rightarrow$ Böyle durumlarda $T_a = T$ olacaktır. Bu durum sıcaklığın ortam sıcaklığına ulaştığını gösterir. Yani bu yönde ısı transferi çok iyi gerçekleşmiştir.



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Örnek 3: 15°C 'lik başlangıç sıcaklığına sahip olan 6cm çapındaki elmalar 2°C 'lik su ile muamele edilerek geometrik merkezdeki sıcaklık 3°C 'ye düşürülmek istenmektedir. Elmaları çevreleyen suyun konvektif ısı transfer katsayısı $50\text{ W/m}^2\text{C}$, elmaların termal iletkenliği $0,355\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, özgül ısı $3,6\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ ve yoğunluğu 820 kg/m^3 ise, gerekli olan süreyi bulunuz.



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Çözüm 3:

$$\frac{T_a - T}{T_a - T_i} = \frac{(2 - 3)}{(2 - 15)} = 0,077$$

$$6\text{cm}/2 = 3\text{cm} = 0,03\text{m}$$

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(50 \text{ W/m}^2\text{°C})(0,03\text{m})}{(0,355 \text{ W/m}^2\text{°C})} = 4,20 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{4,20} = 0,237$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Küre için sıcaklık zaman grafiğinden $N_{Fo} = 0,5$ olarak bulunur.

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = 0,5 = \frac{(0,355 \text{ W/m}^\circ\text{C})}{(820 \text{ kg/m}^3)(3,6 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}) \left(\frac{1000\text{J}}{1\text{kJ}}\right)} \cdot \frac{t}{(0,03\text{m})^2}$$

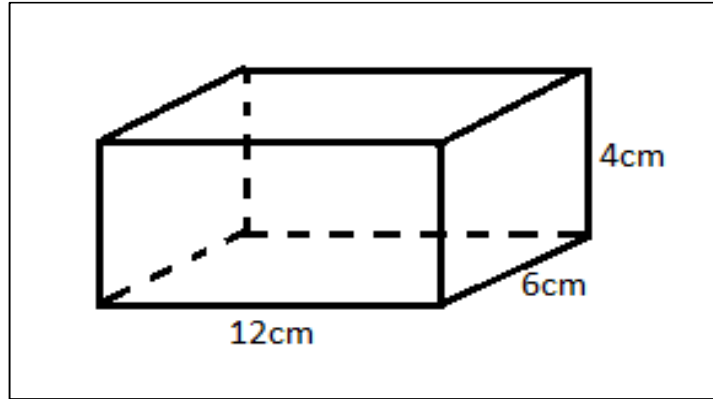


KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Örnek 4: 12cm uzunluğa, 6cm genişliğe ve 4cm yüksekliğe sahip 20°C'deki tereyağı kalıbının, 0°C'lik ortama konulduktan 1 saat sonra geometrik merkezindeki sıcaklığını bulunuz. (Tereyağı için termal iletkenlik katsayısı 0,168 W/m°C, yoğunluk 950 kg/m³ ve özgül ısı 2700 J/kg°C , ortamdaki konvektif ısı transfer katsayısı ise 350 W/m²°C olarak alınacaktır)

KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Çözüm 4:



$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonlu dilim}} = \left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonsuz dilim genişlik}} \times \left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonsuz dilim yükseklik}} \times \left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonsuz dilim uzunluk}}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonsuz dilim genişlik için: (6/2 = 3cm = 0,03m)

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(350 \text{ W/m}^2\text{°C})(0,03\text{m})}{(0,168 \text{ W/m}^2\text{°C})} = 62,5 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{62,5} = 0,016$$

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = \frac{(0,168 \text{ W/m}^2\text{°C})}{(950 \text{ kg/m}^3)(2700 \text{ J/kg}^2\text{°C})} \cdot \frac{3600\text{s}}{(0,03\text{m})^2} = 0,26$$

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\substack{\text{sonsuz} \\ \text{dilim} \\ \text{genişlik}}} = 0,70 \text{ (Grafikten bulunur)}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonsuz dilim yükseklik için: $(4/2 = 2\text{cm} = 0,02\text{m})$

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(350 \text{ W/m}^2\text{°C})(0,02\text{m})}{(0,168 \text{ W/m}^{\circ}\text{C})} = 41,67 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{41,67} = 0,024$$

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = \frac{(0,168 \text{ W/m}^{\circ}\text{C})}{(950 \text{ kg/m}^3)(2700 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C})} \cdot \frac{3600\text{s}}{(0,02\text{m})^2} = 0,59$$

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\substack{\text{sonsuz} \\ \text{dilim} \\ \text{yükseklik}}} = 0,33 \text{ (Grafikten bulunur)}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

Sonsuz dilim uzunluk için: $(12/2 = 6\text{cm} = 0,06\text{m})$

$$N_{Bi} = \frac{hd}{k} = \frac{(350 \text{ W/m}^2\text{°C})(0,06\text{m})}{(0,168 \text{ W/m}^2\text{°C})} = 125 \Rightarrow \frac{1}{N_{Bi}} = \frac{1}{125} = 0,008$$

$$N_{Fo} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{t}{d^2} = \frac{(0,168 \text{ W/m}^2\text{°C})}{(950 \text{ kg/m}^3)(2700 \text{ J/kg}^2\text{°C})} \cdot \frac{3600\text{s}}{(0,06\text{m})^2} = 0,065$$

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\substack{\text{sonsuz} \\ \text{dilim} \\ \text{uzunluk}}} = 0,99 \text{ (Grafikten bulunur)}$$



KARARSIZ HAL ISI TRANSFERİ

$$\left(\frac{T_a - T}{T_a - T_i} \right)_{\text{sonlu dilim}} = 0,70 \times 0,33 \times 0,99 = 0,23$$

$$\Rightarrow \frac{0 - T}{0 - 20} = 0,23 \Rightarrow T = 4,6^\circ\text{C}$$