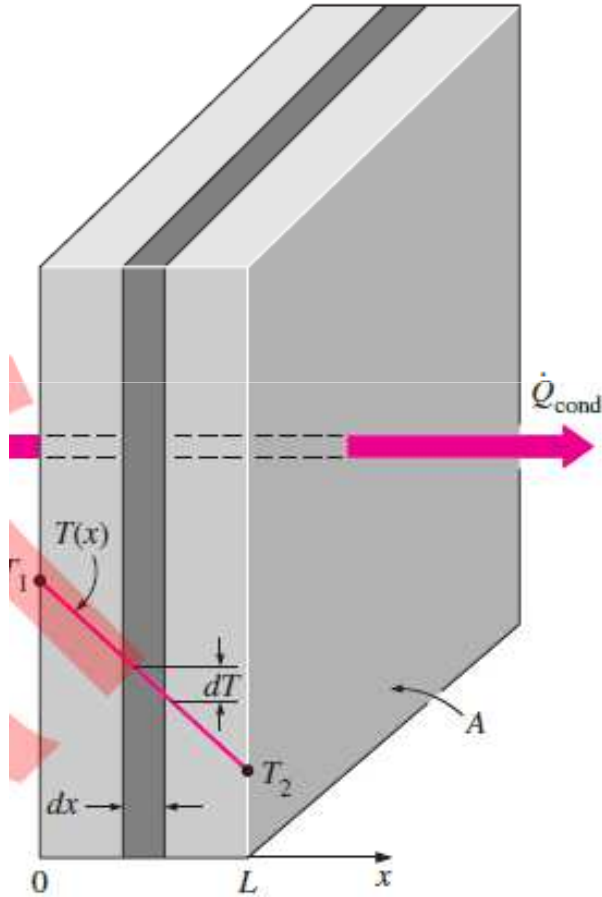


BÖLÜM 3

Sürekli Isı iletimi

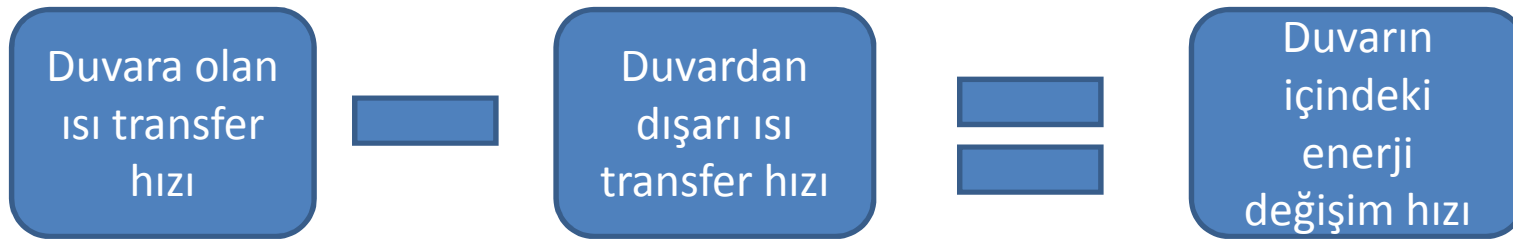
Yrd. Doç.Dr. Erbil Kavcı
Kafkas Üniversitesi
Kimya Mühendisliği Bölümü

Düzlem Duvarlarda Sürekli Isı İletimi



- İç ve dış yüzey sıcaklıkları farklı bir duvar düşünelim
- $+x$ yönünde ısı transferine o yöndeki sıcaklık gradyanı yol açar. $T(x)$

- Sürekli ve tek boyutlu ısı üretiminin olmadığı yüzeyde enerji dengesi:



$$\dot{Q}_{\text{giren}} - \dot{Q}_{\text{çıkan}} = \overbrace{\frac{dE_{\text{duvar}}}{dt}}^{=0} = 0$$

Duvardan iletimle ısı transfer hızı sabit olmalıdır.

- Bu durumda duvar için Fourier ısı iletim kanunu:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{W})$$

- dT/dx sabit olduğu için duvarda sıcaklık x ile değişecektir.

$$\dot{Q}_{\text{cond, wall}} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Isıl Direnç Kavramı

iletim Direnci

$$\dot{Q}_{\text{cond, wall}} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

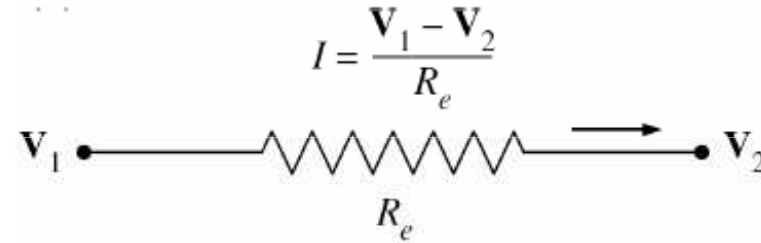
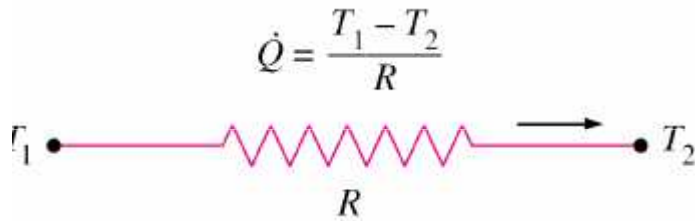
$$\dot{Q}_{\text{cond, wall}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{wall}}} \quad (\text{W})$$

$$R_{\text{wall}} = \frac{L}{kA} \quad (^\circ\text{C/W})$$

iletim direnci

Elektrik direnci ile Benzeşim

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R_e}$$



Isı transferi	Elektriksel akım akışı
Isı transfer hızı	Elektrik akımı
Isıl direnç	Elektriksel direnç
Sıcaklık farkı	Voltaj farkı

Isıl direnç Kavramı

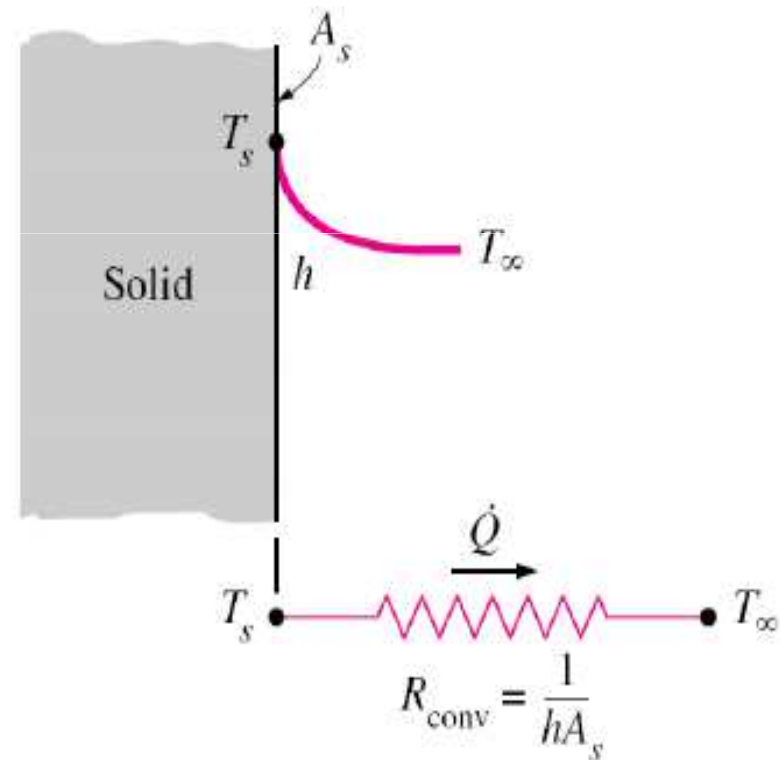
taşınım ısıl direnci

- Newton'nun Soğutma Kanunu

$$* Q = hA_s (T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_{conv} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}} \quad (\text{W})$$

$$R_{conv} = \frac{1}{hA_s} \quad (^\circ\text{C/W})$$



Isıl direnç kavramı ışınım direnci

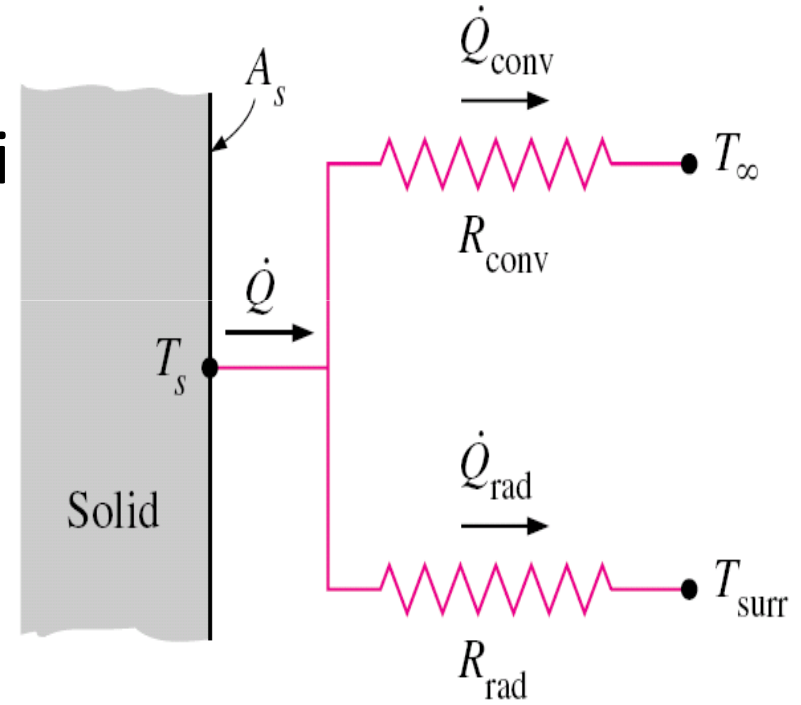
$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A_s (T_s^4 - T_{surr}^4) = h_{rad} A_s (T_s - T_{surr}) = \frac{T_s - T_{surr}}{R_{rad}} \text{ (W)}$$

$$R_{rad} = \frac{1}{h_{rad} A_s} \text{ (K/W)}$$

$$h_{rad} = \frac{\dot{Q}_{rad}}{A_s (T_s - T_{surr})} = \varepsilon\sigma (T_s^2 + T_{surr}^2) (T_s + T_{surr}) \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Isıl direnç kavramı taşınım ve ışınlım direnci

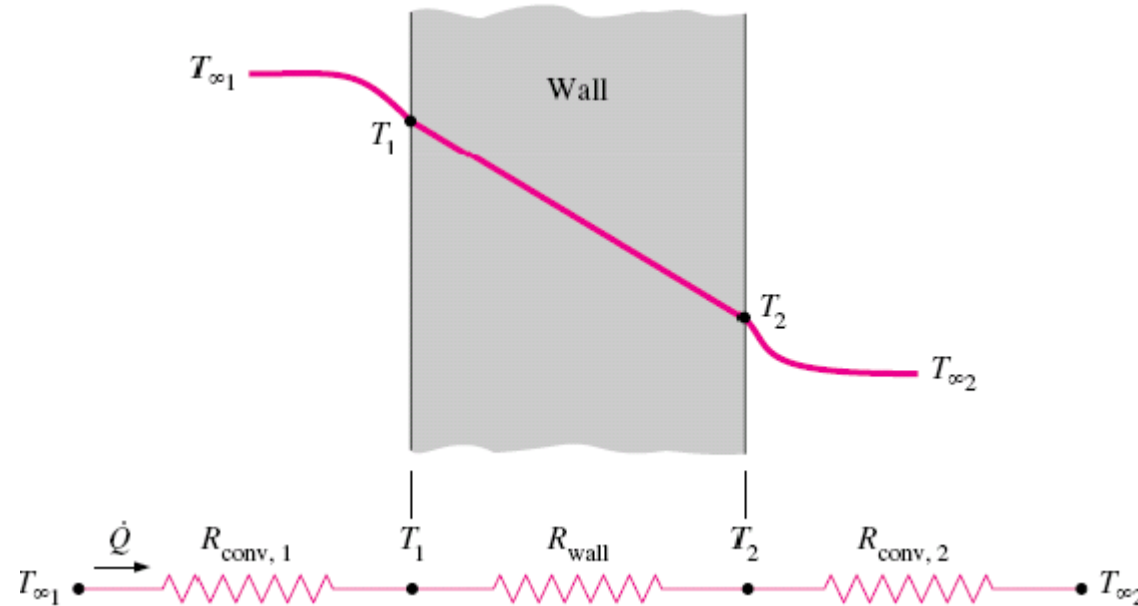
- Bir yüzey eşzamanlı olarak taşınım ve ışınlım içerir.
- Taşınım ve ışınlım dirençleri birbirine paraleldir.
- $T_{\text{çevre}} \approx T_{\infty}$ olduğu zaman yüzeydeki toplam ısı transferi taşınım ve ışınlım bileşenleri toplanarak hesaplanır.
- $h_{\text{birleşik}} = h_{\text{taşınım}} + h_{\text{ışınlım}}$ ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

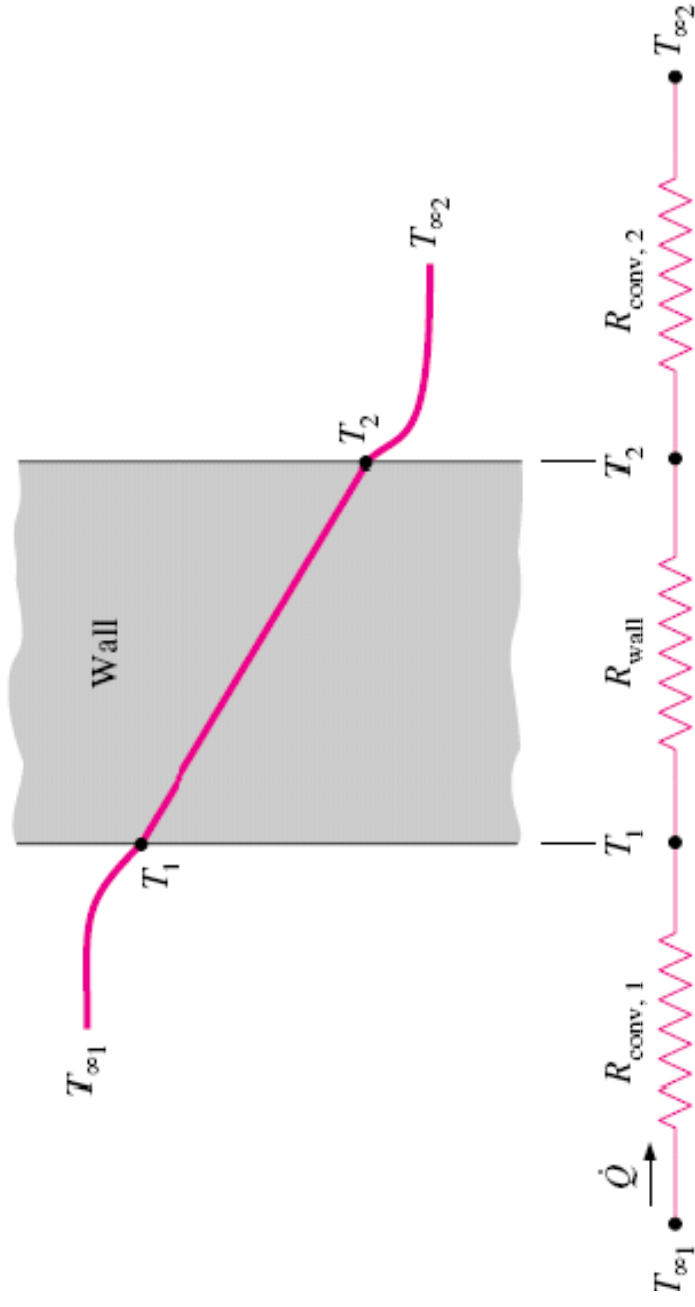


$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\text{conv}} + \dot{Q}_{\text{rad}}$$

Termal Direnç Ağı

- Sürekli ve tek boyutlu her iki tarafında bir akışkan olan düz bir duvar düşünelim.



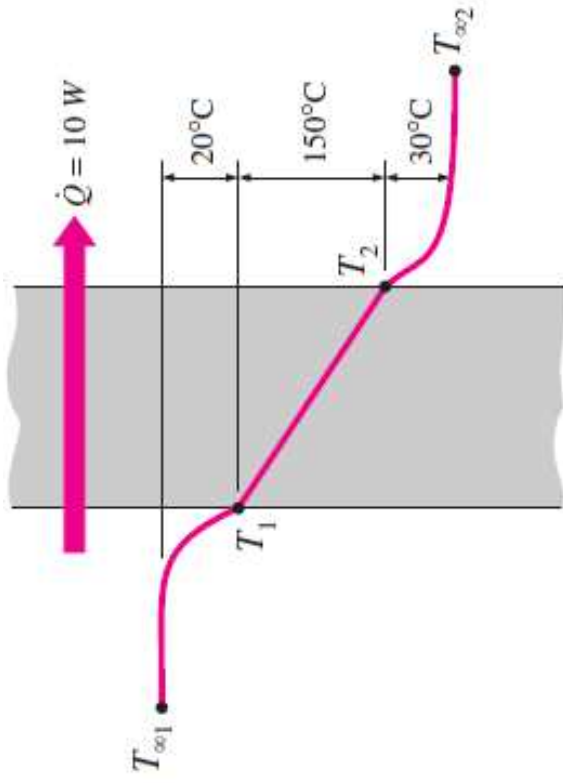


$$\dot{Q} = h_1 A (T_{\infty 1} - T_1) = kA \frac{T_1 - T_2}{L} = h_2 A (T_2 - T_{\infty 2})$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{1/h_1 A} = \frac{T_1 - T_2}{L/kA} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{1/h_2 A}$$

$$= \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{conv}, 1}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{wall}}} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_{\text{conv}, 2}}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{toplama}}} \quad (\text{W})$$



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{toplam}}} \quad (\text{W})$$



$$\Delta T = \dot{Q} R$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv},1} + R_{\text{wall}} + R_{\text{conv},2} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A} \quad (^\circ\text{C/W})$$

- Bazen bir ortamda ısı transferi Newtonun soğutma kanununa benzetilebilir.

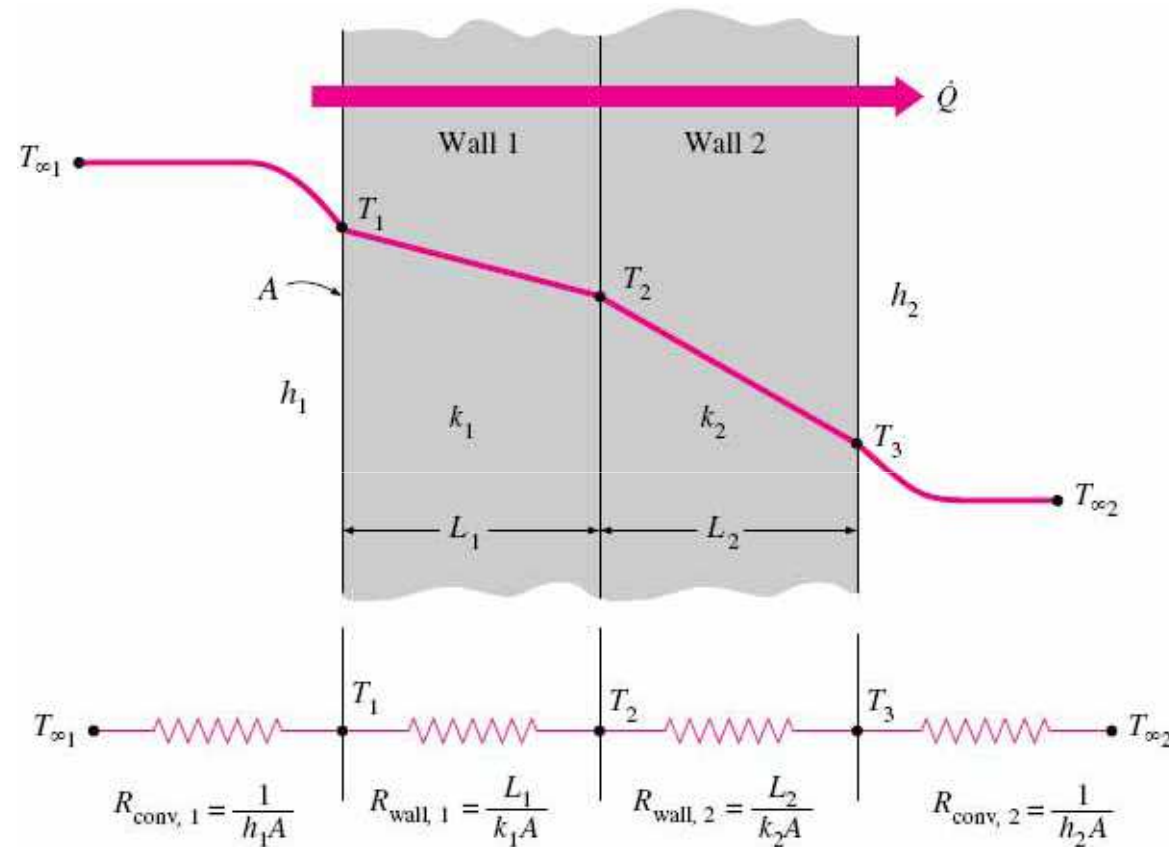
$$\dot{Q} = UA \Delta T \quad (\text{W})$$

- U: toplam ısı transfer katsayısı

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{toplam}}} \quad (\text{W})$$

$$UA = \frac{1}{R_{\text{total}}}$$

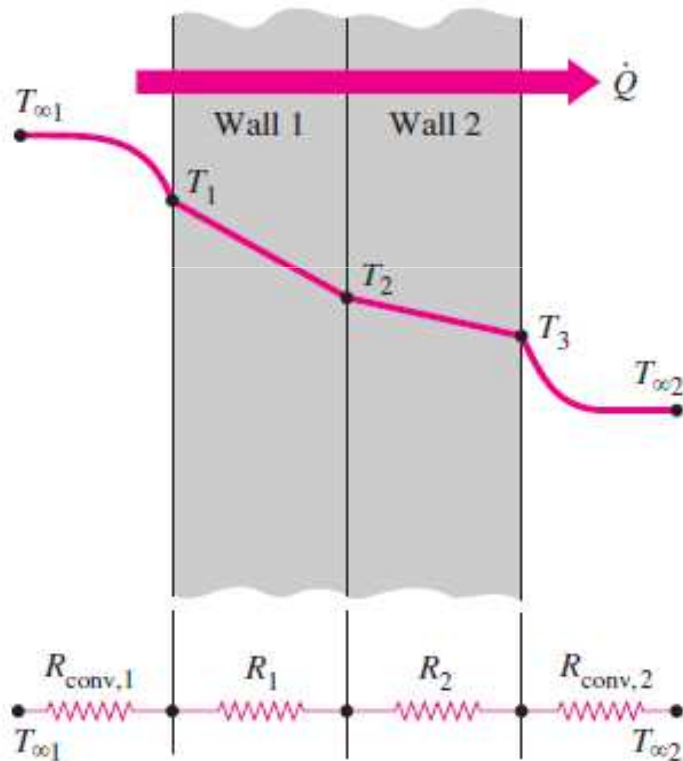
Çok katmanlı düzlem duvarlar



$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{wall}, 1} + R_{\text{wall}, 2} + R_{\text{conv}, 2}$$

$$= \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_2 A}$$

$T_{\infty 1}$ ve $T_{\infty 2}$ sıcaklıkları verilmiş ve Q hesaplanmışsa yüzey ve arayüzey sıcaklıklarının bulunuşu

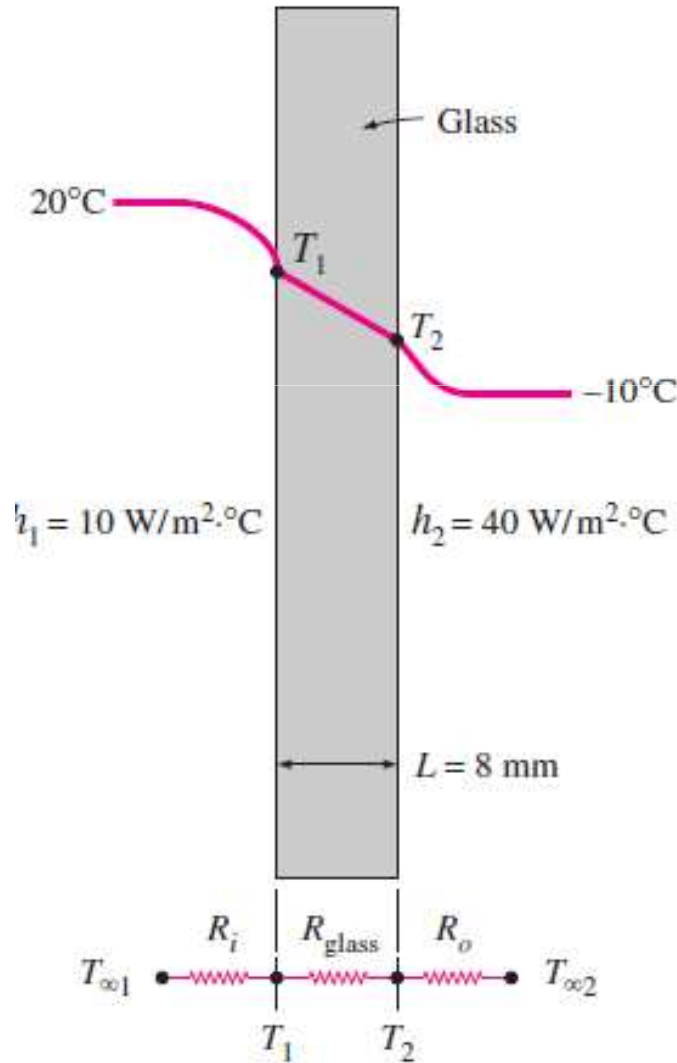


$$T_1: \dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{conv},1}}$$

$$T_2: \dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{\text{conv},1} + R_1}$$

$$T_3: \dot{Q} = \frac{T_3 - T_{\infty 2}}{R_{\text{conv},2}}$$

Tek Camlı pencereden ısı kaybı



- Yüksekliği 0,8 m genişliği 1.5 m, kalınlığı 8mm, $k = 0,78 \text{ W/m K}$ olan bir pencere düşünelim.
- Dış ortam sıcaklığı -10°C ve oda sıcaklığı 20°C de sabit tutulan bir gün boyunca
- Camdaki ısı transfer hızını ve camın iç ve dış yüzey sıcaklığını bulunuz.
- $H_1 = 10 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, $h_2 = 40 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ (ışınım etkisi dahil)

Kabuller

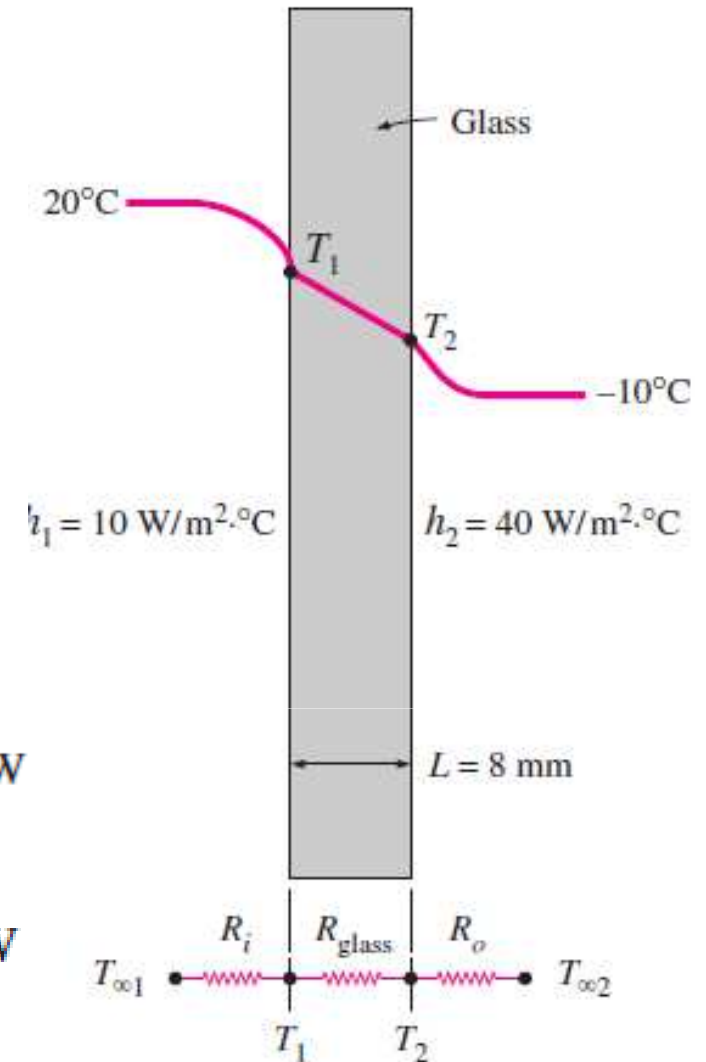
- Sistem kararlı
- Isı transferi tek boyutlu
- Isıl iletkenlik sabit
 - Pencerenin alanı
 $A=0.8\text{m}\times 1.5\text{m}=1.2\text{ m}^2$

$$R_i = R_{\text{conv},1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10\text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})(1.2\text{ m}^2)} = 0.08333^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\text{glass}} = \frac{L}{kA} = \frac{0.008\text{ m}}{(0.78\text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C})(1.2\text{ m}^2)} = 0.00855^\circ\text{C/W}$$

$$R_o = R_{\text{conv},2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(40\text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})(1.2\text{ m}^2)} = 0.02083^\circ\text{C/W}$$

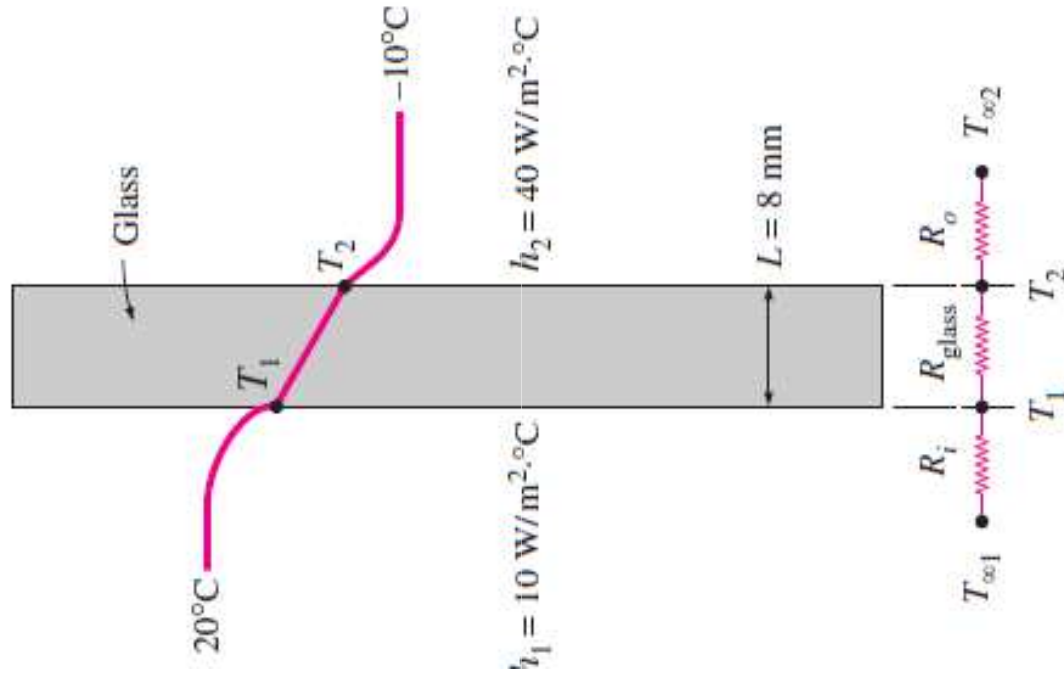
$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv},1} + R_{\text{glass}} + R_{\text{conv},2} = 0.08333 + 0.00855 + 0.02083 \\ &= 0.1127^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} = \frac{[20 - (-10)]^{\circ}\text{C}}{0.1127^{\circ}\text{C}/\text{W}} = \mathbf{266 \text{ W}}$$

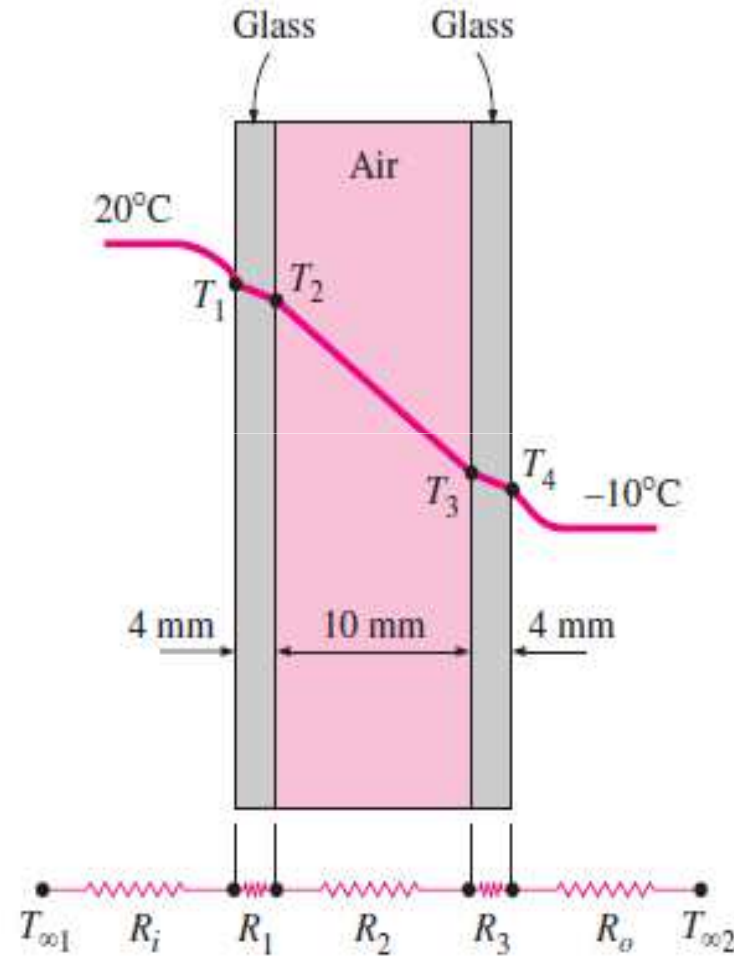
$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{conv}, 1}}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{\infty 1} - \dot{Q}R_{\text{conv}, 1} \\ &= 20^{\circ}\text{C} - (266 \text{ W})(0.08333^{\circ}\text{C}/\text{W}) \\ &= \mathbf{-2.2^{\circ}\text{C}} \end{aligned}$$

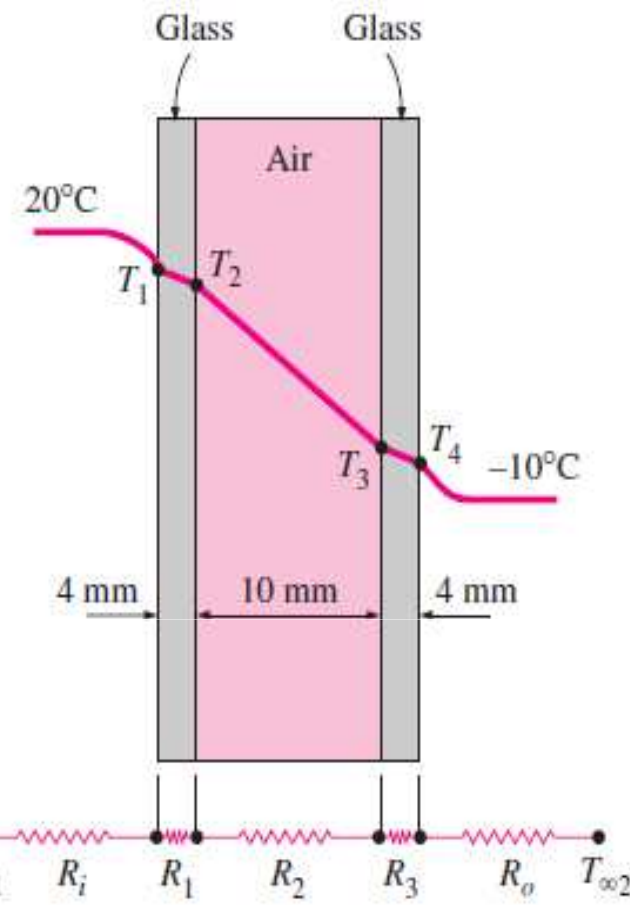


Çift camlı pencerede ısı kaybı

- Aralarında **10 mm kalınlıkta durgun hava katmanı bulunan** Yüksekliği 0,8 m genişliği 1.5 m, kalınlığı 4mm, $k = 0,78 \text{ W/m K}$ olan bir pencere düşünelim.
- Dış ortam sıcaklığı -10°C ve oda sıcaklığı 20°C de sabit tutulan bir gün boyunca
- Camdaki ısı transfer hızını ve camın iç ve dış yüzey sıcaklığını bulunuz.
- $h_1 = 10 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_2 = 40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (ışınım etkisi dahil)



- Kabuller
- Sistem kararlı
- Isı transferi tek boyutlu
- Isıl iletkenlik sabit
- Pencerenin alanı
 $A=0.8\text{m}\times 1.5\text{m}=1.2\text{ m}^2$



$$R_i = R_{\text{conv},1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(1.2 \text{ m}^2)} = 0.08333 \text{°C/W}$$

$$R_1 = R_3 = R_{\text{glass}} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0.004 \text{ m}}{(0.78 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(1.2 \text{ m}^2)} = 0.00427 \text{°C/W}$$

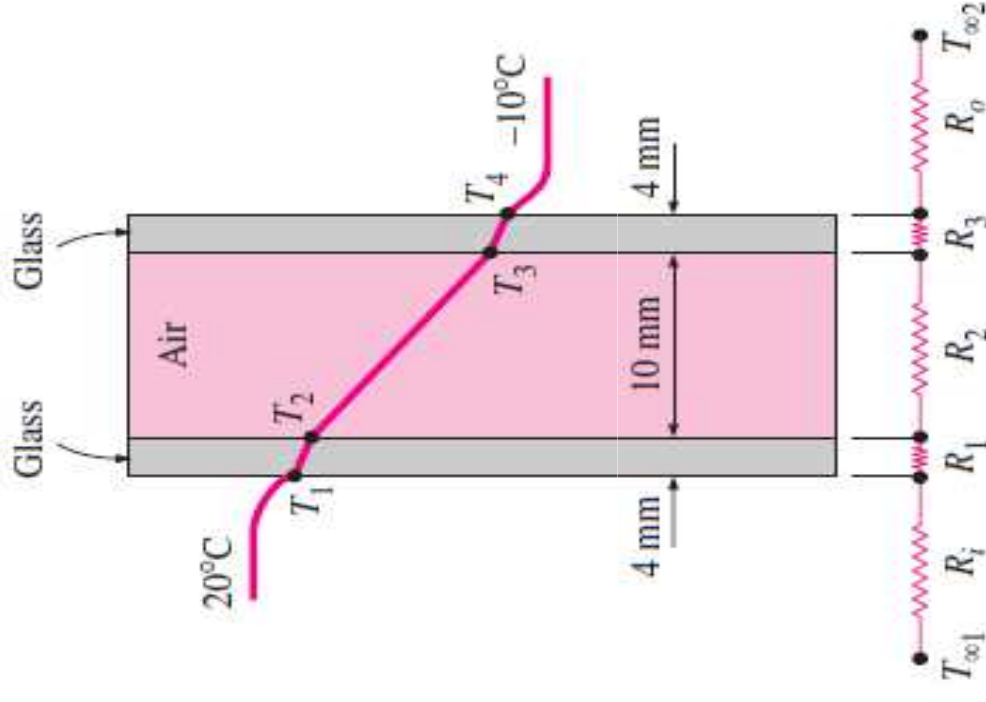
$$R_2 = R_{\text{air}} = \frac{L_2}{k_2 A} = \frac{0.01 \text{ m}}{(0.026 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(1.2 \text{ m}^2)} = 0.3205 \text{°C/W}$$

$$R_o = R_{\text{conv},2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(1.2 \text{ m}^2)} = 0.02083 \text{°C/W}$$

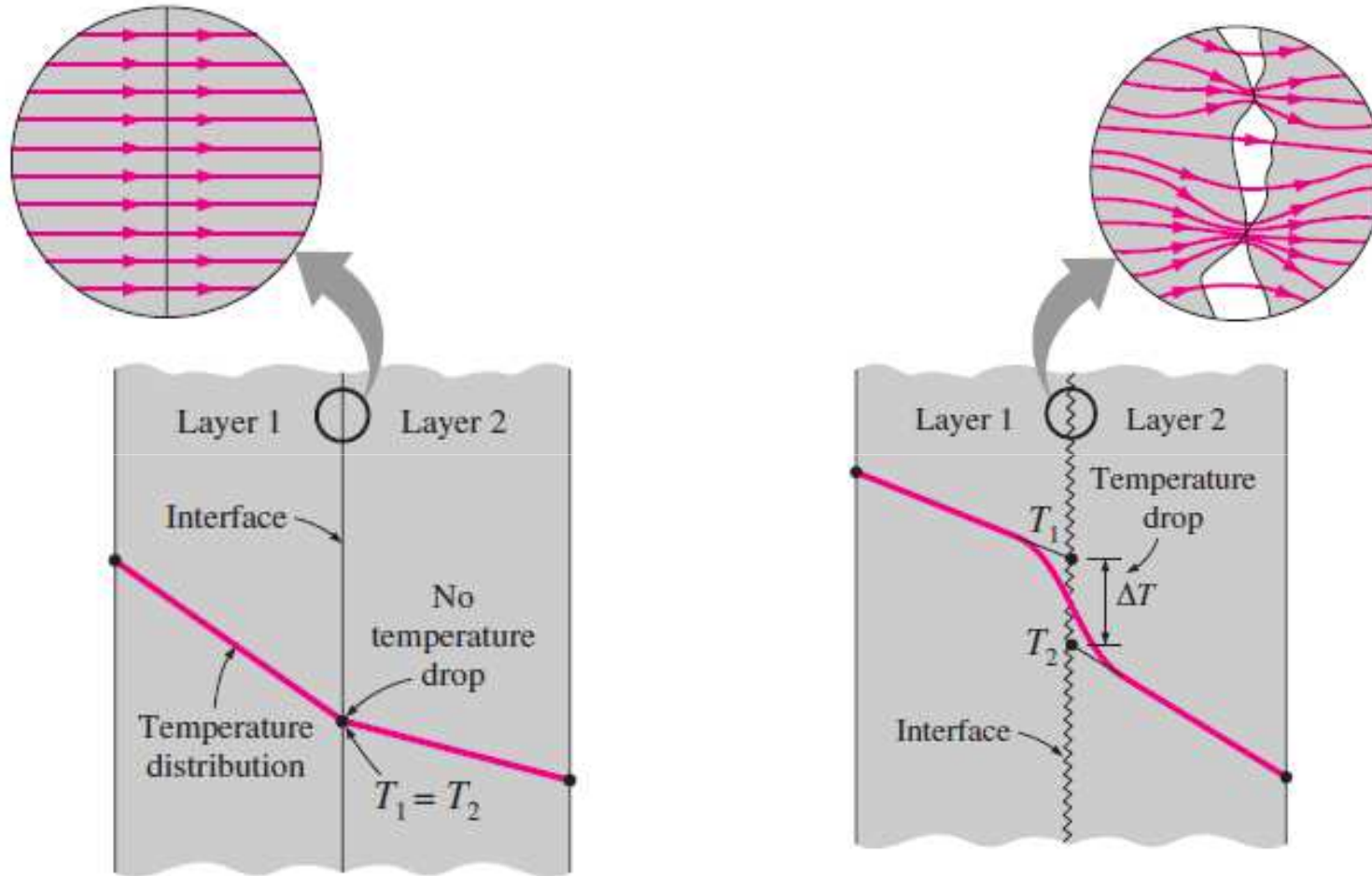
$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R_{\text{conv},1} + R_{\text{glass},1} + R_{\text{air}} + R_{\text{glass},2} + R_{\text{conv},2} \\
 &= 0.08333 + 0.00427 + 0.3205 + 0.00427 + 0.02083 \\
 &= 0.4332^\circ\text{C}/\text{W}
 \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} = \frac{[20 - (-10)]^\circ\text{C}}{0.4332^\circ\text{C}/\text{W}} = \mathbf{69.2 \text{ W}}$$

$$T_1 = T_{\infty 1} - \dot{Q}R_{\text{conv},1} = 20^\circ\text{C} - (69.2 \text{ W})(0.08333^\circ\text{C}/\text{W}) = \mathbf{14.2^\circ\text{C}}$$



Isıl temas direnci



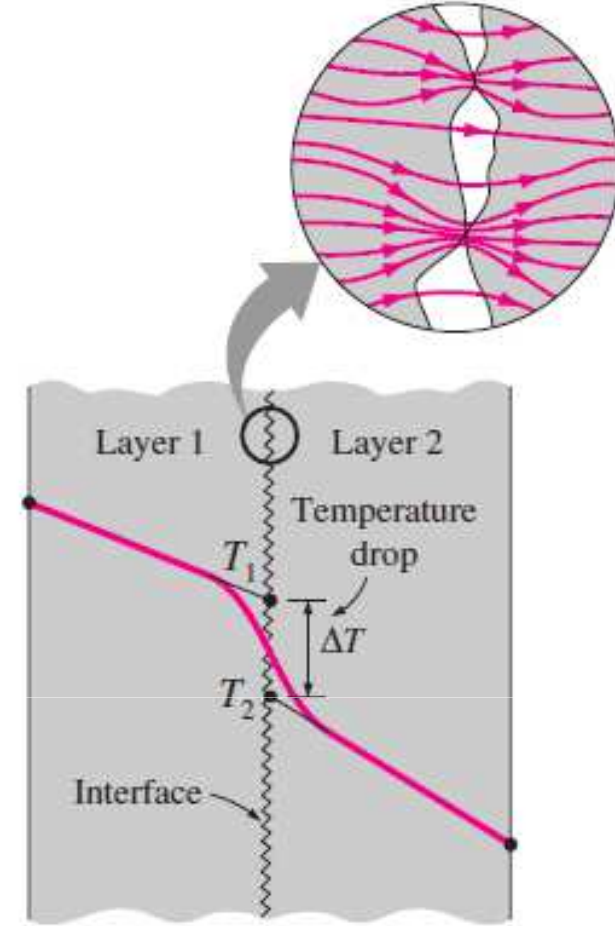
(a) Ideal (perfect) thermal contact

(b) Actual (imperfect) thermal contact

- Bu iki çubuğun arayüzündeki ısı transferi katı temas noktaları ve temas etmeyen boşluklardaki ısı transferlerinin toplamına eşittir.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\text{contact}} + \dot{Q}_{\text{gap}}$$

$$\dot{Q} = h_c A \Delta T_{\text{interface}}$$



(b) Actual (imperfect) thermal contact

$$h_c = \frac{\dot{Q}/A}{\Delta T_{\text{interface}}} \quad (\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Isıl temas iletkenliği

$$R_c = \frac{1}{h_c} = \frac{\Delta T_{\text{interface}}}{\dot{Q}/A} \quad (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W})$$

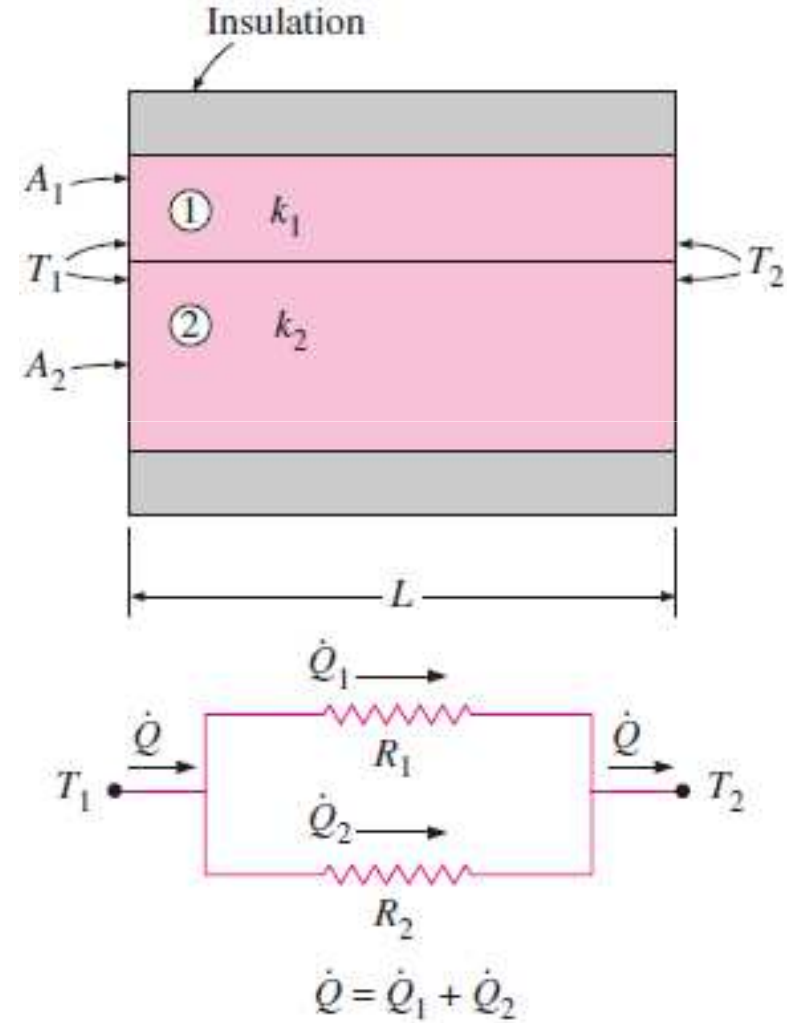
Isıl temas direnci

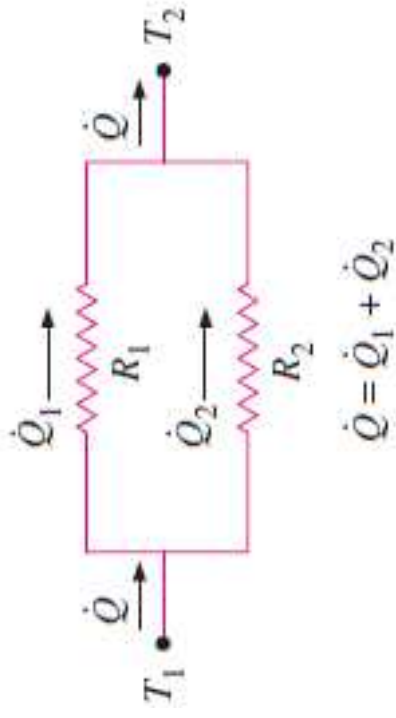
Fluid at the Interface	Contact Conductance, h_c , $W/m^2 \cdot ^\circ C$
Air	3640
Helium	9520
Hydrogen	13,900
Silicone oil	19,000
Glycerin	37,700

- Temas eden yüzeylerdeki hava dolu boşlukları gidermek için ısı gres yağı olarak adlandırılan ısıl iletken sıvılar yüzeylere sürülerek ısıl direnç azaltılır.

Genelleştirilmiş ısı direnç ağları

- Isıl direnç kavramı paralel katmanlı veya birleşik seri-paralel düzendeki sürekli ısı transfer problemleri çözümü içinde kullanılır.





$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} + \frac{T_1 - T_2}{R_2} = (T_1 - T_2) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{total}}}$$

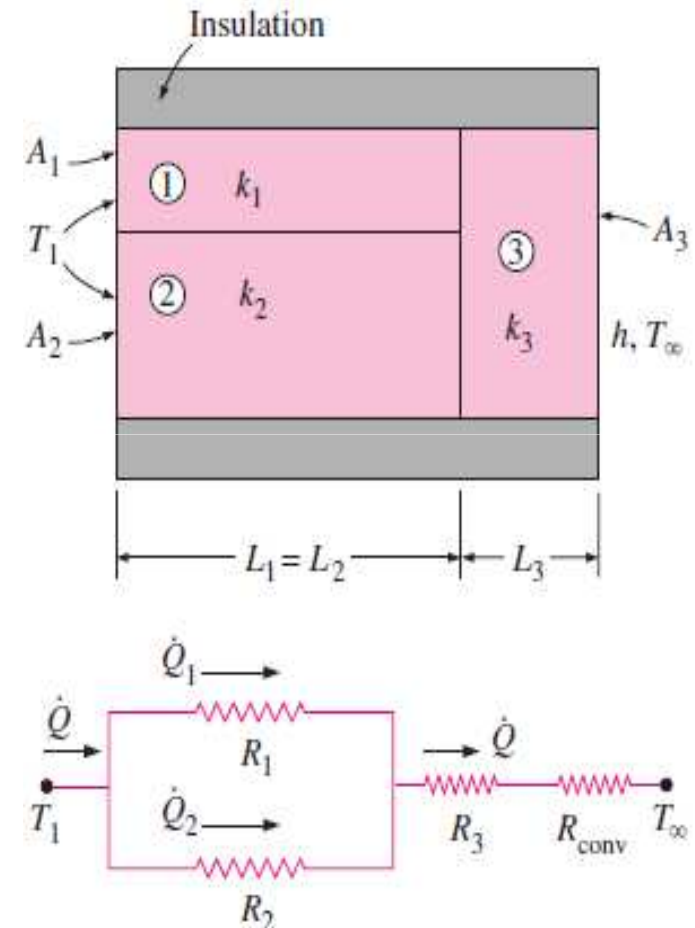
$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \longrightarrow R_{\text{total}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Bir kompozit seri-paralel düzende bir sistem

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{\text{total}}}$$

$$R_{\text{total}} = R_{12} + R_3 + R_{\text{conv}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_{\text{conv}}$$

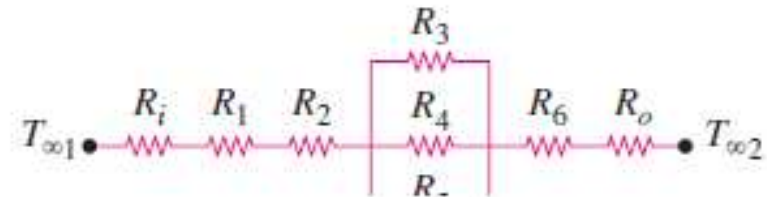
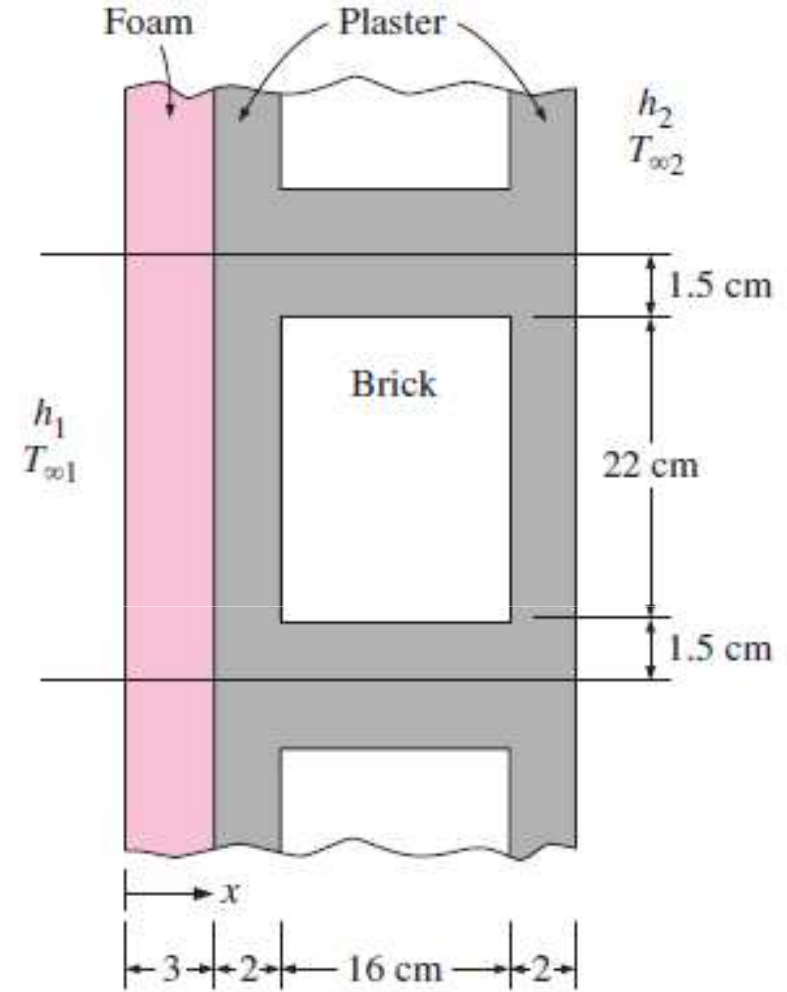
$$R_1 = \frac{L_1}{k_1 A_1}, \quad R_2 = \frac{L_2}{k_2 A_2}, \quad R_3 = \frac{L_3}{k_3 A_3}, \quad R_{\text{conv}} = \frac{1}{h A_3}$$



Bir kompozit duvarda ısı kaybı

- Yüksekliği 3 m genişliği 5m olan bir duvar, araları 3 cm'lik sıva ($k=0,22 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$) katmanıyla ayrılmış 16x22 cm kesit alanı yatay tuğlalardan ($k=0,72 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$) meydana gelmiştir. Tuğlaların her iki tarafında da 2 cm'lik sıva tabakası ve duvarın iç yüzeyinde 3 cm kalınlıkta sert köpük ($k=0,026 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$) bulunmaktadır. iç ve dış ortam sıcaklıkları sırasıyla $20^{\circ\text{C}}$ ve $-10^{\circ\text{C}}$, iç ve dış ortam için ısı transfer katsayıları $h_1=10 \text{ W/m}^2^{\circ\text{C}}$ ve $h_2=25 \text{ W/m}^2^{\circ\text{C}}$.
- Işımayı ihmal ederek ısı transfer hızını hesaplayınız

- Kabuller
- sistem sürekli
- Isı transferi tek boyutlu
- Isıl iletkenlik sabit
- Işıma ihmal
- **Çözümleme**
- Duvar düşey doğrultuda her 25 cm de bir tekrarlanmaktadır.
- Yatay doğrultuda değişme yok
- Bu yüzden duvarın 1 m derinlikteki



$$R_j = R_{\text{conv},1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(0.25 \times 1 \text{ m}^2)} = 0.4 \text{ °C/W}$$

$$R_1 = R_{\text{foam}} = \frac{L}{kA} = \frac{0.03 \text{ m}}{(0.026 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.25 \times 1 \text{ m}^2)} = 4.6 \text{ °C/W}$$

$$R_2 = R_6 = R_{\text{plaster, side}} = \frac{L}{kA} = \frac{0.02 \text{ m}}{(0.22 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.25 \times 1 \text{ m}^2)} = 0.36 \text{ °C/W}$$

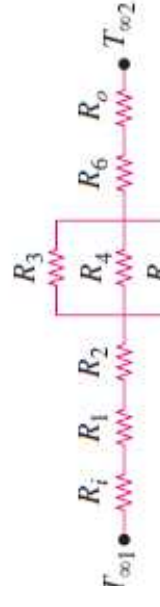
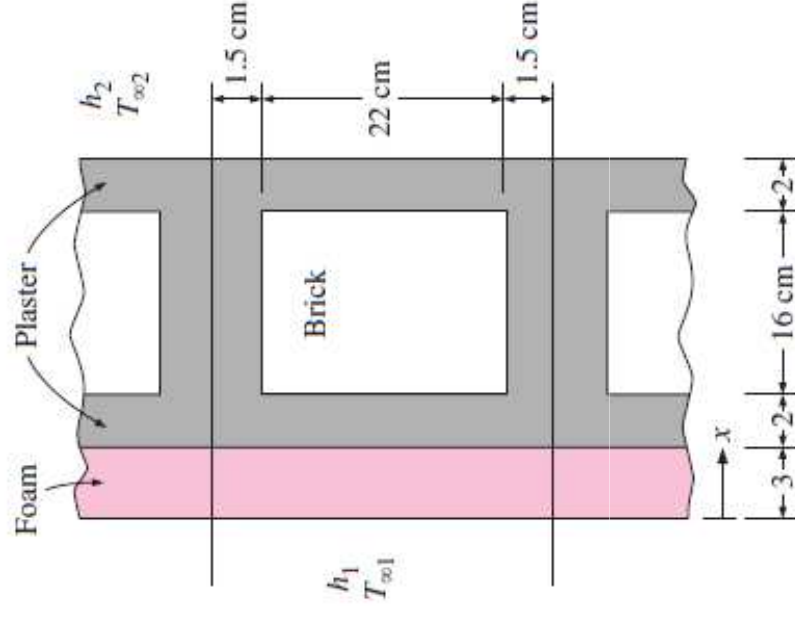
$$R_3 = R_5 = R_{\text{plaster, center}} = \frac{L}{kA} = \frac{0.16 \text{ m}}{(0.22 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.015 \times 1 \text{ m}^2)} = 48.48 \text{ °C/W}$$

$$R_4 = R_{\text{brick}} = \frac{L}{kA} = \frac{0.16 \text{ m}}{(0.72 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.22 \times 1 \text{ m}^2)} = 1.01 \text{ °C/W}$$

$$R_o = R_{\text{conv},2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(0.25 \times 1 \text{ m}^2)} = 0.16 \text{ °C/W}$$

$$\frac{1}{R_{\text{mid}}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{48.48} + \frac{1}{1.01} + \frac{1}{48.48} = 1.03 \text{ W/°C}$$

$$R_{\text{mid}} = 0.97 \text{ °C/W}$$



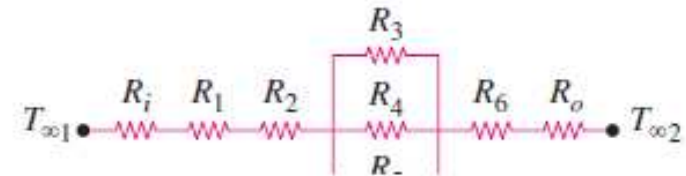
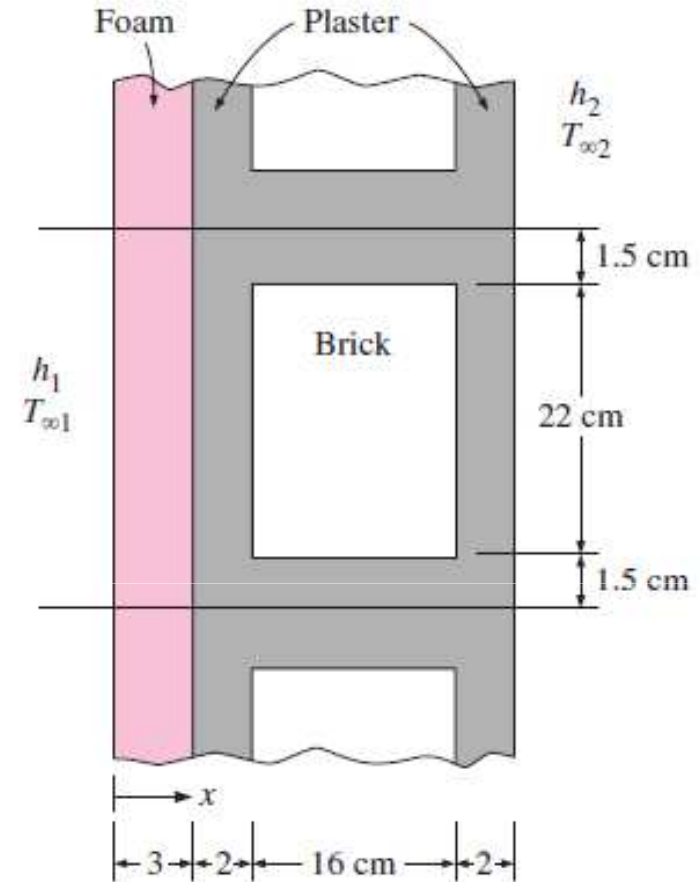
$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R_i + R_1 + R_2 + R_{\text{mid}} + R_6 + R_o \\
 &= 0.4 + 4.6 + 0.36 + 0.97 + 0.36 + 0.16 \\
 &= 6.85^\circ\text{C/W}
 \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} = \frac{[20 - (-10)]^\circ\text{C}}{6.85^\circ\text{C/W}} = 4.38 \text{ W}$$

Her bir 0,25 m² alan için

m² başına ise $4,37/0.25=17.5 \text{ W}$

$$\dot{Q}_{\text{total}} = (17.5 \text{ W/m}^2)(15 \text{ m}^2) = \mathbf{263 \text{ W}}$$



Silindir ve kürelerde ısı iletimi

$$\dot{Q}_{\text{cond, cyl}} = -kA \frac{dT}{dr} \quad (\text{W})$$

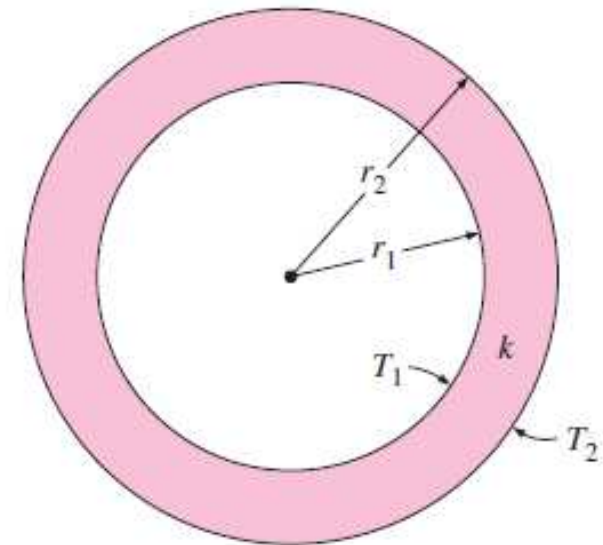
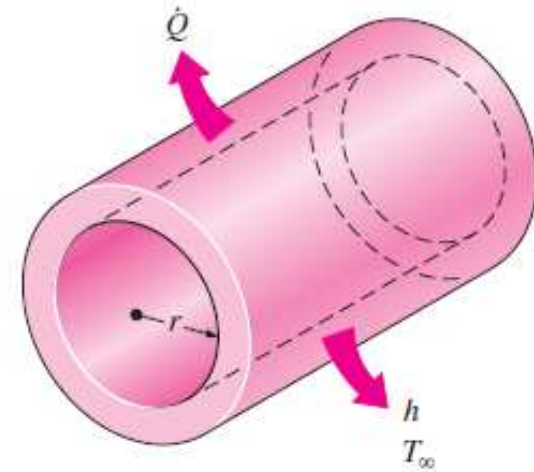
$$\int_{r=r_1}^{r_2} \frac{\dot{Q}_{\text{cond, cyl}}}{A} dr = - \int_{T=T_1}^{T_2} k dT$$

$$A=2\pi rL$$

$$\dot{Q}_{\text{cond, cyl}} = 2\pi Lk \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$\dot{Q}_{\text{cond, cyl}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{cyl}}} \quad (\text{W})$$

$$R_{\text{cyl}} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} = \frac{\ln(\text{Outer radius/Inner radius})}{2\pi \times (\text{Length}) \times (\text{Thermal conductivity})}$$

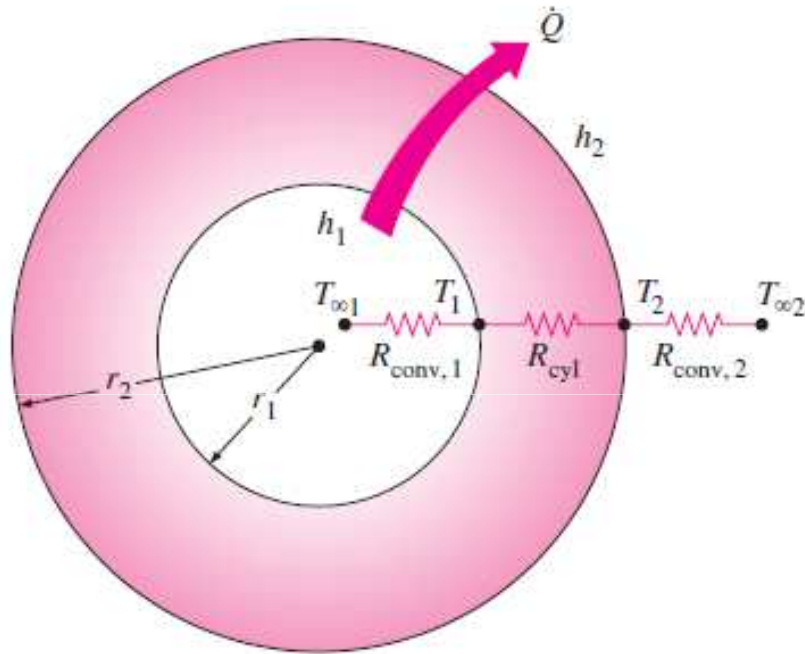


Küresel bir katman için $A=4\pi r^2$

$$\dot{Q}_{\text{cond, sph}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{sph}}}$$

$$R_{\text{sph}} = \frac{r_2 - r_1}{4\pi r_1 r_2 k} = \frac{\text{Outer radius} - \text{Inner radius}}{4\pi(\text{Outer radius})(\text{Inner radius})(\text{Thermal conductivity})}$$

Silindir veya kürede ısı direnç gösterimi



$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv},1} + R_{\text{cyl}} + R_{\text{conv},2}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}}$$

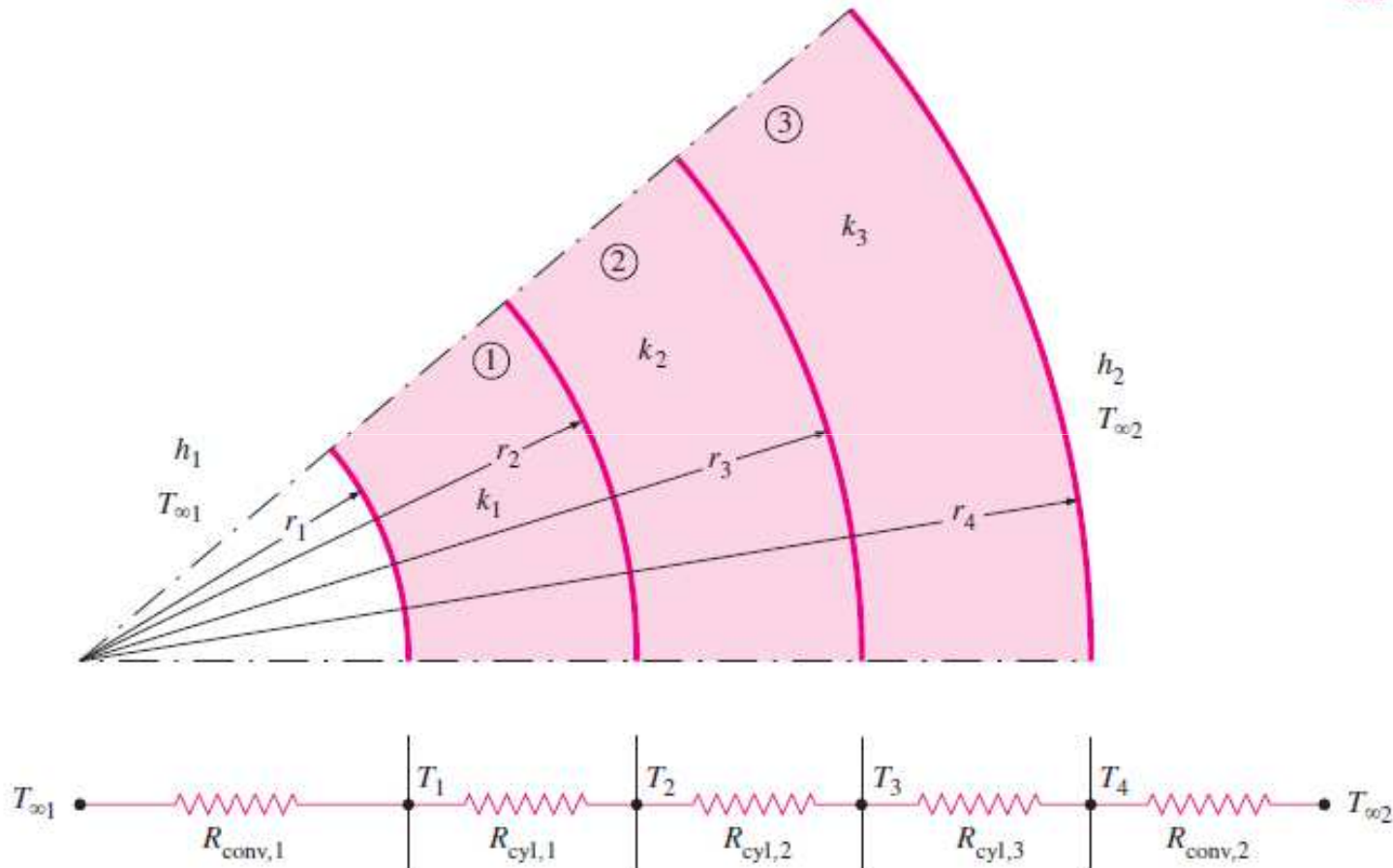
Silindirik tabaka

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv},1} + R_{\text{cyl}} + R_{\text{conv},2} \\ &= \frac{1}{(2\pi r_1 L)h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} + \frac{1}{(2\pi r_2 L)h_2} \end{aligned}$$

Küresel tabaka

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv},1} + R_{\text{sph}} + R_{\text{conv},2} \\ &= \frac{1}{(4\pi r_1^2)h_1} + \frac{r_2 - r_1}{4\pi r_1 r_2 k} + \frac{1}{(4\pi r_2^2)h_2} \end{aligned}$$

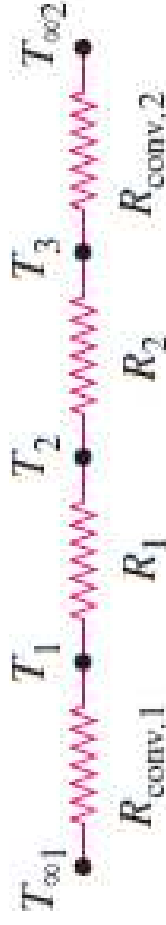
Çok katmanlı silindire ve küreler



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv},1} + R_{\text{cyl},1} + R_{\text{cyl},2} + R_{\text{cyl},3} + R_{\text{conv},2}$$

$$= \frac{1}{h_1 A_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi L k_2} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi L k_3} + \frac{1}{h_2 A_4}$$



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{conv},1}}$$

$$= \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{\text{conv},1} + R_1}$$

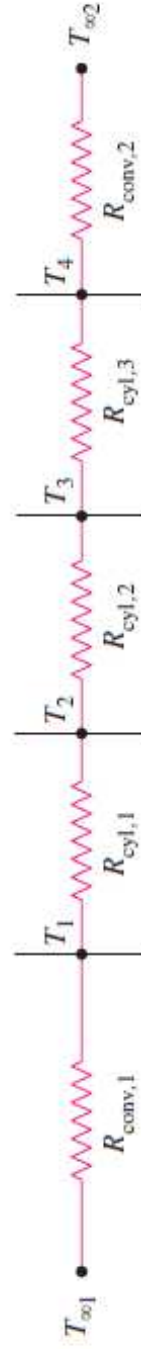
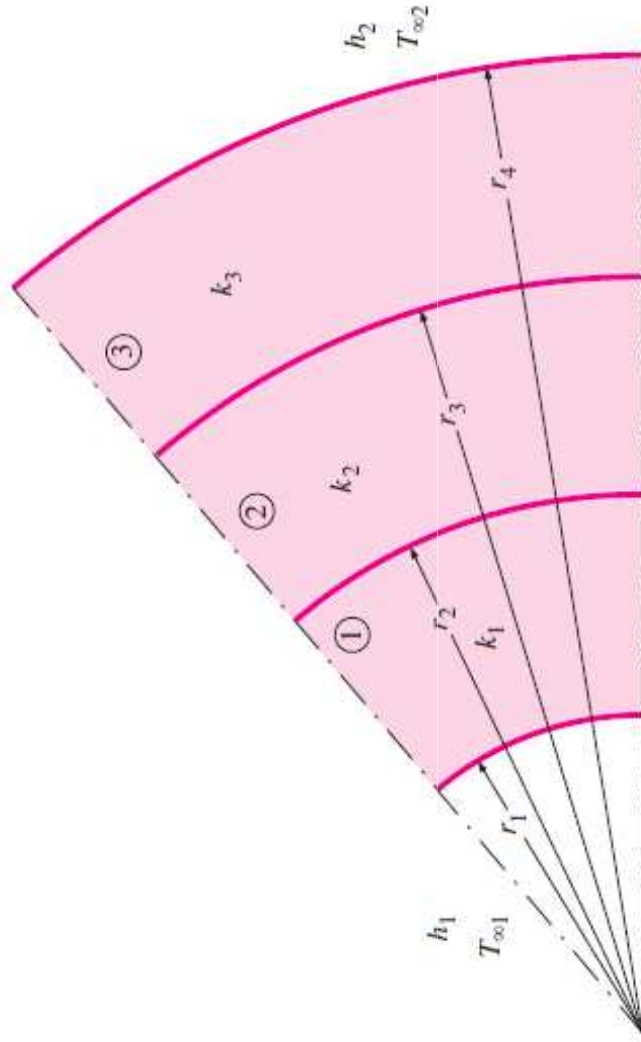
$$= \frac{T_1 - T_3}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{T_2 - T_3}{R_2}$$

$$= \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_2 + R_{\text{conv},2}}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{\text{conv},1} + R_{\text{cyl},1}} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{\frac{1}{h_1(2\pi r_1 L)} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L k_1}}$$

CONTINUA



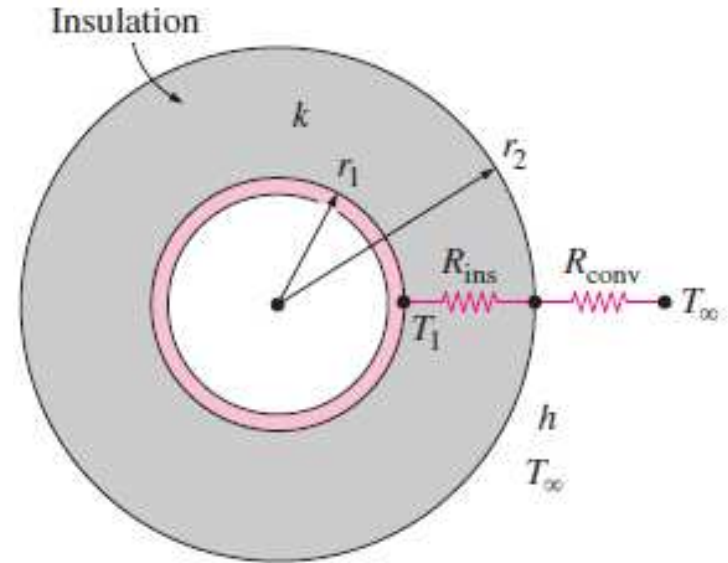
$$\dot{Q} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_2 + R_3 + R_{\text{conv},2}} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi L k_2} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi L k_3} + \frac{1}{h_o(2\pi r_4 L)}}$$

Yalıtım kritik yarıçapı

- Bir duvara yada tavan aralarına yalıtım eklenmesi ısı transfer alanı sabit olduğu için her zaman ısı transferini azaltır.
- Ancak silindirik boru veya küresel kabuğa yalıtım eklenmesi farklı bir meseledir.
- Yalıtım iletim direncini artırırken taşınımın olduğu dış yüzey alanı büyüdüğü için taşınım direncini azaltır.
- Etkilerden hangisinin baskın olduğuna bağlı olarak borudan ısı transferi artar veya azalabilir.

- Dış yüzey sıcaklığı T_1 sabit olan ve dış yarıçapı r_1 olan bir silindirik boru incelensin.
- Boru ısı iletkenliği k ve dış yarıçapı r_2 olan malzeme ile yalıtılmış.
- Borudan T_{sonsuz} sıcaklığındaki çevre ortamına h taşınım ısı transfer katsayısı ile ısı kaybetmektedir.

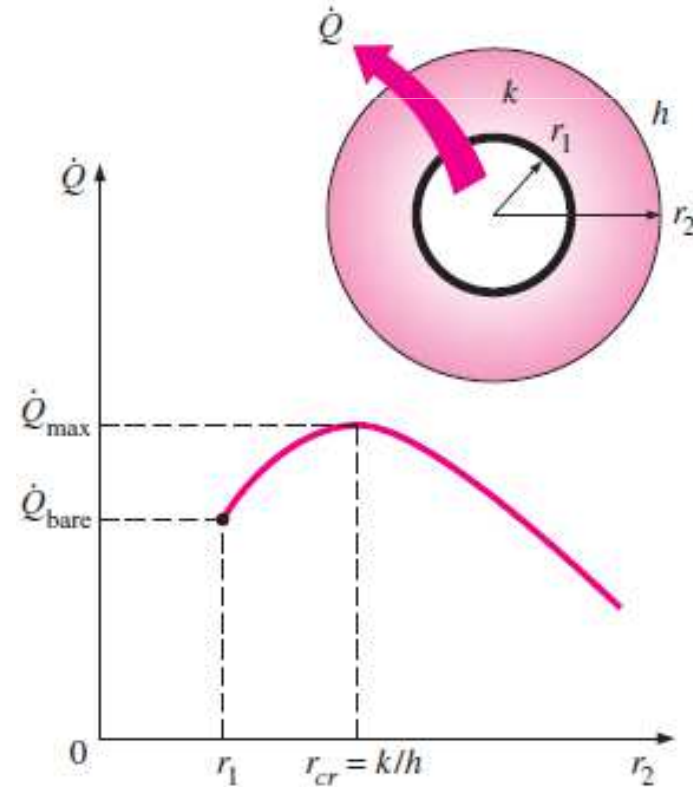
$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_{\infty}}{R_{\text{ins}} + R_{\text{conv}}} = \frac{T_1 - T_{\infty}}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} + \frac{1}{h(2\pi r_2 L)}}$$



- Şekilde izolasyon r_2 dış yarıçapına ait ısı transfer hızı değişimi gösterilmektedir.
- r_2 değeri $dQ/dr_2 = 0$ olduğunda Q maksimum olur.
- türev alınır ve r_2 için çözüm yapılırsa

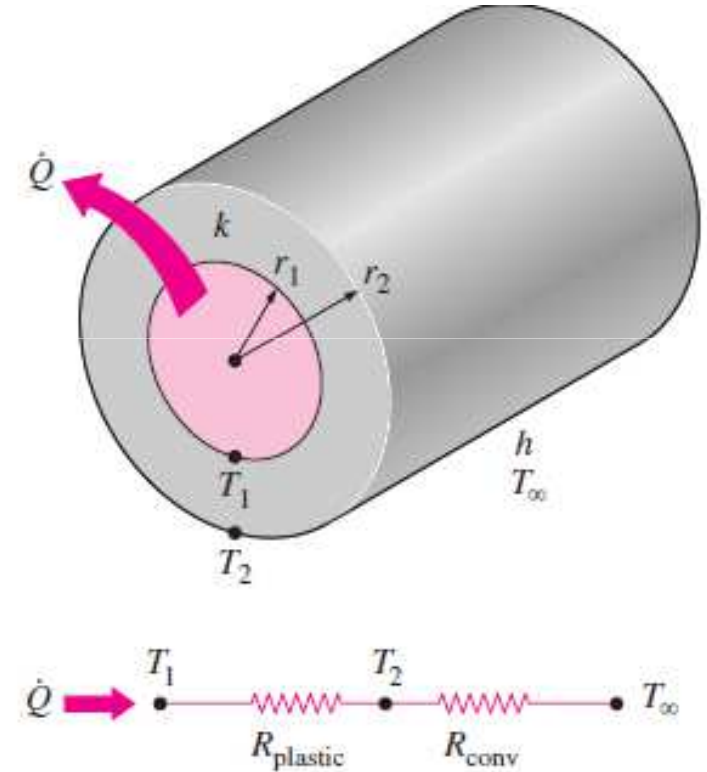
$$r_{cr, cylinder} = \frac{k}{h} \quad (m)$$

- İzole edilmiş boru aslında ısı transfer hızını artırmak yerine azaltmaktadır.



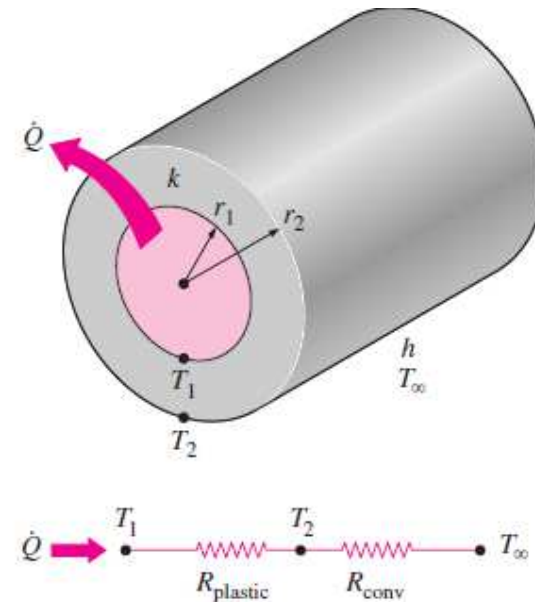
Yalıtılmış bir elektrik telinden ısı kaybı

- Çapı 3 mm ve uzunluğu 5 m olan bir elektrik kablosu, ısı iletkenliği $k=0,15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ve 8 V gerilim uygulanmaktadır. Yalıtımlı tel $h=12 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$ ve $T_{\text{sonsuz}} = 30^\circ\text{C}$ lik bir ortamda bulunduğuna göre sürekli işlem şartlarında tel ile plastik kaplama arasındaki sıcaklığı hesaplayınız. Eğer kaplama kalınlığı iki katına çıkarsa yüzey sıcaklığı nasıl değişir.



Kabuller

- Kararlı şartlar
- Isı transferi tek boyutlu $T(r)$
- Isıl iletkenlikler sabit
- Arayüzeyde ısıl temas direnci ihmal
- Isı transfer katsayısı ışınım etkilerini de içermekte



$$\dot{Q} = \dot{W}_e = VI = (8 \text{ V})(10 \text{ A}) = 80 \text{ W}$$

$$A_2 = (2\pi r_2)L = 2\pi(0.0035 \text{ m})(5 \text{ m}) = 0.110 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{hA_2} = \frac{1}{(12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})(0.110 \text{ m}^2)} = 0.76^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\text{plastic}} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL} = \frac{\ln(3.5/1.5)}{2\pi(0.15 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C})(5 \text{ m})} = 0.18^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{plastic}} + R_{\text{conv}} = 0.76 + 0.18 = 0.94^\circ\text{C/W}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{\text{total}}} \longrightarrow T_1 = T_\infty + \dot{Q}R_{\text{total}} = 30^\circ\text{C} + (80 \text{ W})(0.94^\circ\text{C/W}) = 105^\circ\text{C}$$

$$r_{\text{cr}} = \frac{k}{h} = \frac{0.15 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 0.0125 \text{ m} = 12.5 \text{ mm}$$

