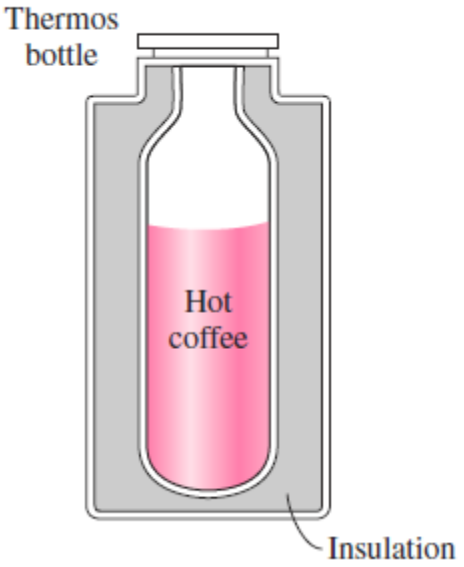
# Isı transferi (taşınımı)

- **Isı:** Sıcaklık farkı nedeniyle bir maddeden diğerine transfer olan bir enerji formudur.
- **Isı transferi**, sıcaklık farkı nedeniyle maddeler arasında meydana gelen enerji taşınımını inceleyen bilim dalıdır.
- Termodinamik, dengedeki bir sistemi inceler. Sistemin bir denge durumundan diğer denge durumuna gelmesi için gerekli ısı/enerji ile ilgilenir.
- Isı transferi ise ısı iletim hızlarıyla ve sıcaklık dağılımlarıyla ilgilenir.




- **Termodinamik: 90 C'den 80 C'ye düşerken toplam ısı**
- **Isı transferi: Bu sıcaklık düşüşü ne kadar sürede gerçekleşir?**

**Kaynak**

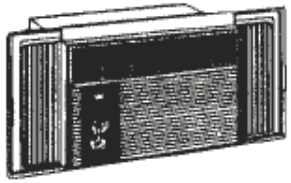
- **Heat Transfer: A Practical Approach: Yunus Çengel**

# Isı transferi

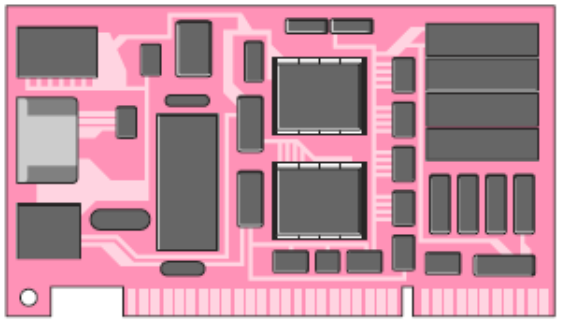
- Uygulama alanları: Sıcaklık farklarının bulunduğu her yer



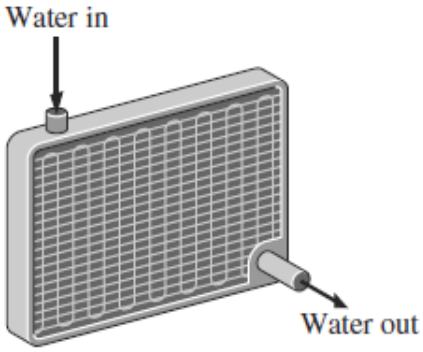
The human body



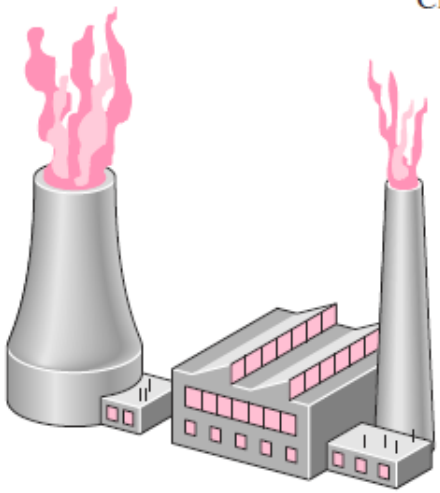
Air-conditioning systems



Circuit boards




Car radiators



Power plants



Refrigeration systems

**FIGURE 1–3**

Some application areas of heat transfer.

# Isı transferi

- Isı transferi her zaman yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama doğru gerçekleşir.
- İki ortam aynı sıcaklığına ulaştığında, aralarındaki ısı transferi biter
- İtici güç: Sıcaklık farkı
- Sıcaklık gradyantı

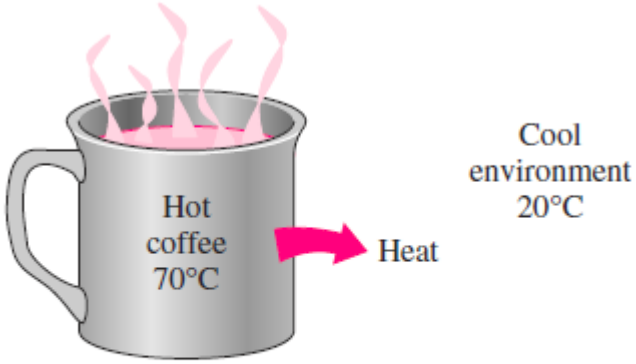


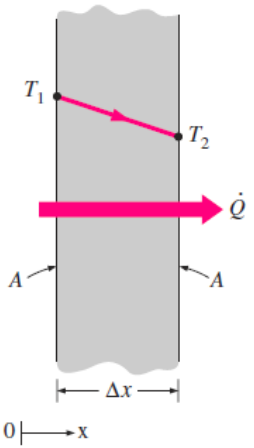

**FIGURE 1–2**
Heat flows in the direction of decreasing temperature.

## Isı transfer mekanizmaları

- Isı 3 farklı şekilde transfer olabilir
- Her üç mekanizma için de sıcaklık farkı gereklidir.
  1. Kondüksiyon
  2. Konveksiyon
  3. Radyasyon

# Isı transferi

## Kondüksiyon




- Enerjinin yüksek enerjili partiküllerden düşük enerjili partiküllere doğru bir madde içerisinde akmasıdır.
- Katı, sıvı ve gazlarda görülebilir.
  - Katılarda latis içerisindeki moleküllerin titreşimi ve serbest elektronların enerji taşınımı ile. Ör: Çelik bir çubuğun ısıtılması
  - Sıvı ve gazlarda ise moleküllerin rastgele hareketi sırasındaki çarpışma ve difüzyonları ile meydana gelir. Teneke kutudaki kolanın soğuması

## Konveksiyon

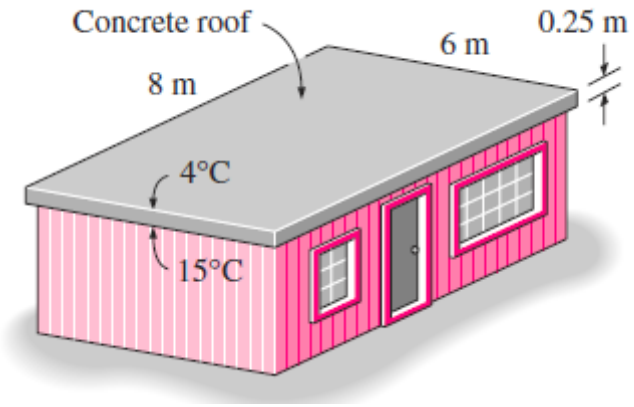
- Bir katı yüzeyi ile temasda olan hareketli sıvı ve gaz arasındaki enerji iletimidir.
  - Bir akışkanın hareketi ile ısının iletildiği enerji taşınım şekli
  - Vantilatörle serinleme

## Radyasyon

- Enerjinin bir maddeden diğerine elektromanyetik dalgalar halinde yayılması
- Diğer ısı transfer mekanizmalarından farklı olarak arada taşıyıcı bir ortama gerek yoktur.
- Güneşin dünyayı ısıtması

# Kondüksiyon ile ısı transferi

- **Örnek:** Betondan yapılmış bir çatının dış ve iç yüzey sıcaklıkları 15 $^{o}$C ve 4 $^{o}$C olarak ölçülmüştür. Çatının byutları 6 m x 8 m x 0,25 m ve betonun ısıl iletkenlik katsayısı 0,8 W/m.$^{o}$C olduğuna göre çatıdan kaybedilen ısının transfer hızını ve 10 saat boyunca kaybedilen toplam ısıyı hesaplayınız.

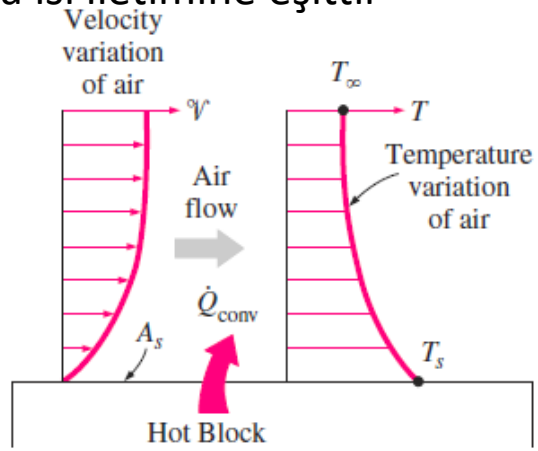


# Kondüksiyon ile ısı transferi

- **Örnek:** Bir odanın cam penceresinin iç ve dış yüzey sıcaklıkları 25 $^{o}$C ve 0 $^{o}$C'dir. Camın kalınlığı 5 mm ve camdan kaybedilen ısı akısı 4200 W/m$^2$ ise
  a) Pencerenin üretildiği camın ısı iletkenlik katsayısını
  b) Isı kaybının 1000 W/m$^2$ değerine düşmesi için gerekli cam kalınlığını hesaplayınız.

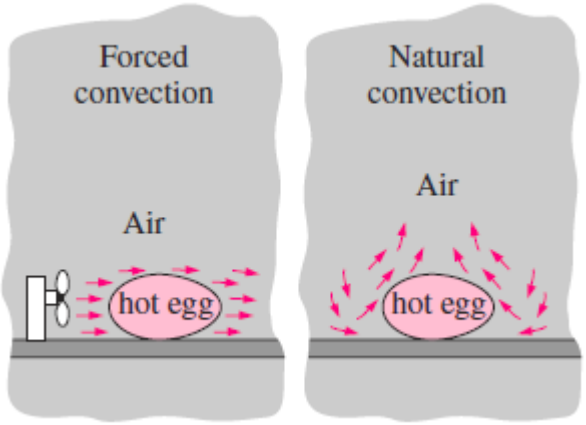
# Konveksiyon ile ısı transferi

- Bir katı yüzeyi ile temasda olan hareketli sıvı ve gaz arasındaki enerji iletimidir.
- Hem kondüksiyonla ısı iletimi hem de akışkanın hareketleri rol oynar
- Akışkanın hızı arttıkça, konveksiyonla ısı transferi artar (ör: vantilatör seviyeleri)
- Akışkan hareketsiz ise konveksiyonla ısı iletimi kondüksiyonla ısı iletimine eşittir




- Sıcak bir nesnenin hava akımı ile soğutulması
- Enerji ilk olarak nesne ile temas halindeki havaya kondüksiyon ile iletilir.
- Bu enerji daha sonra hava içerisinde kondüksiyon ve hava moleküllerinin hareketi ile uzaklaştırılır.

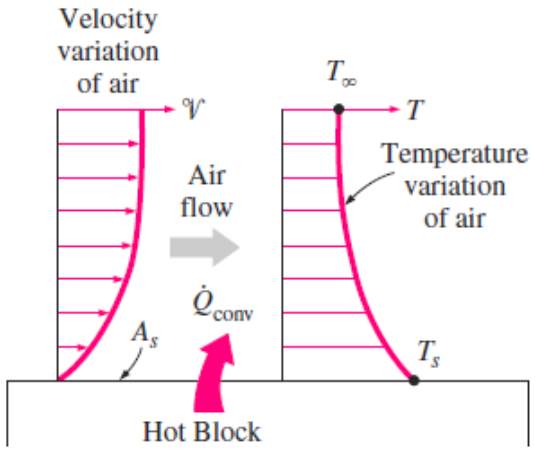
- Konveksiyon iki şekilde gerçekleşebilir
  1. Doğal konveksiyon
     - Akışkan hareketi sıcaklık farkı nedeniyle kendiliğinden oluşursa (ısınan havanın yukarı hareketi
  2. Zorlanmış konveksiyon
     - Akışkan katı yüzey üzerinde akışa bir fan vb. yardımıyla dış bir etkiyle zorlanması
     - Isı transferi daha hızlı



# Konveksiyon ile ısı transferi

- Konveksiyonla ısı transferi:

$$\boldsymbol{Q = h\,A\,(T_s - T_\infty)}$$



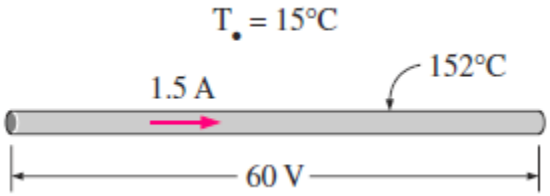

- Konveksiyonla ısı transfer katsayısı (h) sadece akışkanın veya katı yüzeyin bir özelliği değildir.
- Konveksiyonla ısı transfer katsayısı deneysel olarak veya boyutsuz sayılar ile geliştirilmiş ve boyutsuz sayılara bağlı eşitliklerden hesaplanabilir.

$$\mathrm{Nu} = C\,\mathrm{Re}_L^m\,\mathrm{Pr}^n$$

- Konveksiyonla ısı transfer katsayısı aşağıdaki parametrelere bağlıdır.
  - Akışkanın özellikleri (viskozite, ısıl iletkenlik katsayısı, yoğunluk, ısı kapasitesi)
  - Akışkanın hızı
  - Akışın doğası (laminar, türbülanslı)
  - Yüzey geometrisi (plaka, boru vb.)

# Konveksiyon ile ısı transferi

- **Örnek:** Elektrik akımı uygulanan bir metal telde dirençsel ısınma sonucu 90 W'lık bir hızla ısı açığa çıkmaktadır. Metal telin yüzey sıcaklığı 152 $^{o}$C, ortam sıcaklığı ise 15 $^{o}$C'dir. Radyasyonla ısı transferini ihmal ederek, ısı transfer katsayısını bulunuz. Metal telin boyu 2 m, çapı ise 0,3 cm'dir.

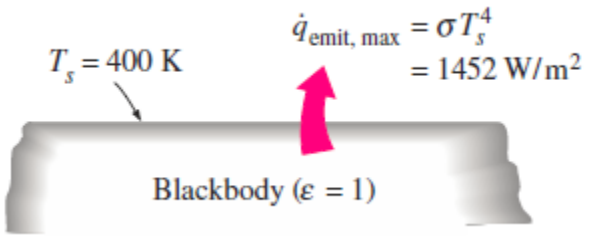


# Radyasyon ile ısı transferi

- Radyasyon:  Atom veya moleküllerin konfigürasyonlarındaki değişiklikler sonucu maddeden enerjinin elektromanyetik dalgalar halinde yayılmasıdır.
- Kondüksiyon ve konveksiyonun aksine, ısı transferi için arada bir ortamın bulunması gerekmez.
- Güneşin dünyayı ısıtması
- Isı transfer mekanizmaları arasında en hızlısıdır (ışık hızında).
- Isı transferinde **termal radyasyon** önemli.
- **Termal radyasyon:** Isıtılan bir maddenin sıcaklığı nedeniyle yaydığı radyasyon.
- Termal radyasyon sıcaklıkla ilgili olmayan diğer elektromanyetik radyasyon formlarından (x-ışınları, gamma ışınları, mikrodalgalar, radyo dalgaları gibi) farklıdır.
- Mutlak sıfır derecenin üstünde her madde termal radyasyon yaymaktadır.
- Radyasyon hacimsel bir olay olup, tüm katı, sıvı ve gazlar radyasyonu farklı oranlarda yayar, absorbe der veya iletirler.
- Bununla birlikte termal radyasyona karşı opak olan katılar  (metal, tahta, gibi) için termal radyosyon daha çok bir yüzey olayı olarak ele alınır.

# Radyasyon ile ısı transferi

- Bir yüzeyden radyasyon ile yayılan ısı




$$Q = \varepsilon\, \sigma\, A\, T_s^{\,4}$$

$\varepsilon$ : ***Yüzeyin emisivitesi***:

***Siyah nesne için*** $\varepsilon = 1$

$\sigma$: ***Boltzman sabiti***: $5,67\ x\ 10^{-8}$ W/m².K⁴

$A$: ***Yüzey alanı***

**T: Mutlak sıcaklık (°K)**

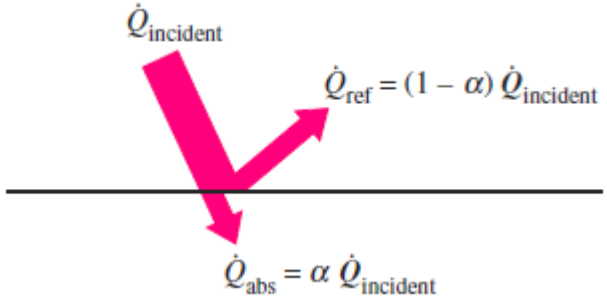
Emissivities of some materials at 300 K

| Material | Emissivity |
|---|---|
| Aluminum foil | 0.07 |
| Anodized aluminum | 0.82 |
| Polished copper | 0.03 |
| Polished gold | 0.03 |
| Polished silver | 0.02 |
| Polished stainless steel | 0.17 |
| Black paint | 0.98 |
| White paint | 0.90 |
| White paper | 0.92–0.97 |
| Asphalt pavement | 0.85–0.93 |
| Red brick | 0.93–0.96 |
| Human skin | 0.95 |
| Wood | 0.82–0.92 |
| Soil | 0.93–0.96 |
| Water | 0.96 |
| Vegetation | 0.92–0.96 |

# Radyasyon ile ısı transferi

- Bir yüzeyin radyasyon ile ne kadar ısı absorbe ettiği

$$Q_{abs} = \alpha\, Q_{gelen}$$




$\alpha$: ***Yüzeyin absorvibitesi***

***Siyah nesne için*** $\alpha = 1$

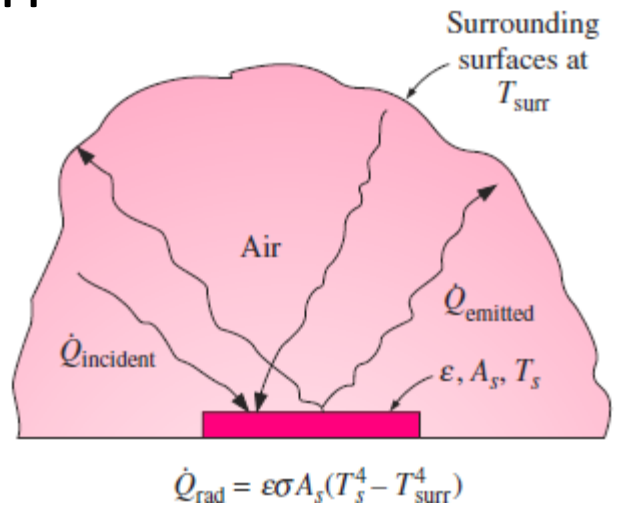
- Opak cisimlerde absorbe edilmeyen ısı geri yansıtılır.

- ***Aynı sıcaklık ve dalgaboyunda*** $\varepsilon$ ***ve*** $\alpha$ ***birbirine eşittir***
- Radyasyonla yayılan ve absorbe edilen ısı arasındaki fark, net radyasyonla ısı transfer hızına eşittir.
- Hesaplaması komplekstir.
  - Yüzeylerin özelliklerine bağlı
  - Yüzeylerin birbirlerine göre oryantasyonuna
  - Ortamın etkileşimi

# Radyasyon ile ısı transferi

**Özel durum**

- Emisivitesi $\boldsymbol{\varepsilon}$ ve yüzey alanı A olan bir yüzey kendisinden çok daha geniş bir yüzey alanına (veya siyah nesne) sahip bir yüzey ile çevrilmiş ve aralarındaki ortam radyasyona etkisi olmayan bir gazdan (hava gibi) oluşuyorsa: Bu iki yüzey arasındaki net ısı transferi




$$\boldsymbol{Q_{net} = \varepsilon\, \sigma\, A\, (T_s^4 \quad - T_{surr}^4 \quad )}$$

- Bu özel durumda: ısı transferine etrafındaki yüzeyin alan ve emisivitesinin bir etkisi yoktur.

**Birleşik konveksiyonla ısı transfer katsayısı**

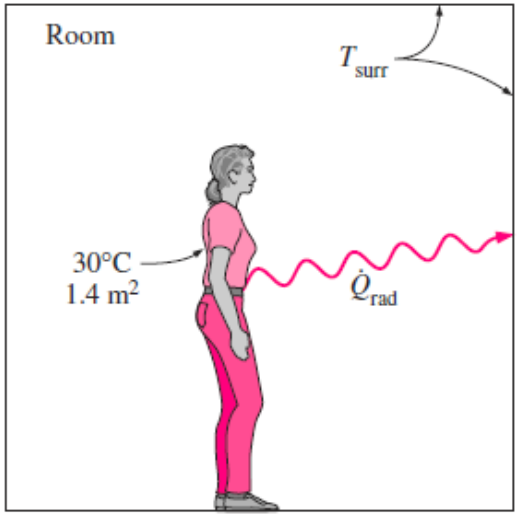
- Konveksiyon ve radyasyon ile ısı transferi genel olarak birlikte meydana gelir.
- Bu nedenle sıklıkla, konveksiyon ile ısı transfer katsayısı radyasyon etkilerini de içerecek şekilde hesaplanır. Bu durumda

$$\boldsymbol{Q_{net} = h_{birleşik}\, A\, (T_s \quad - T_\infty \quad )}$$

- Radyasyonla ısı transferi kondüksiyon ve doğal konveksiyona göre kayda değerdir.
- Radyasyonla ısı transferi zorlamış konveksiyona göre ise ihmal edilebilir (özellikle $\boldsymbol{\varepsilon}$ düşük sıcaklıklar yüksek değilse)

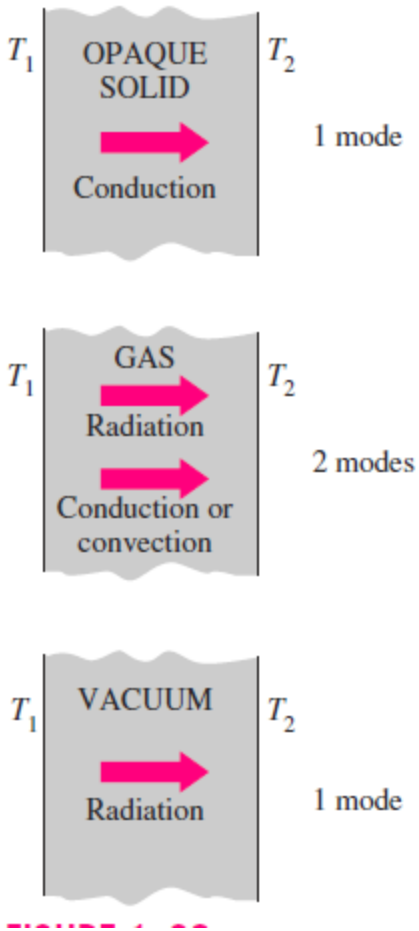
# Radyasyon ile ısı transferi

**Örnek:** Bir kişi sıcaklığı sürekli olarak 22 °C'de tutulan bir odada bulunmaktadır. Kişiyi çevreleyen duvar, taban ve tavan yüzeylerinin sıcaklığı kışın 10 °C, yazın ise 25 °C olarak ölçülmektedir. Bu kişi ile etrafını çevreleyen yüzeyler arasındaki radyasyon ile net ısı transfer hızını hesaplayınız. Kişini yüzey sıcaklığı 30 °C ve yüzey alanı ise 1,4 $m^2$'dir.



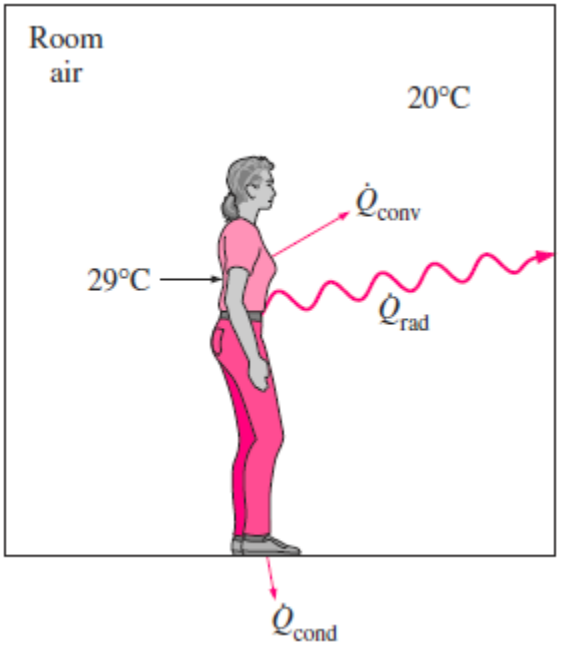
# Aynı anda farklı ısı transfer mekanizmaları

- Üç ısı transfer mekanizması aynı anda gerçekleşemez.
- Opak katıların içinde sadece kondüksiyon
- Yarı-saydam katıların içinde kondüksiyon ve radyasyon
- Katı yüzeyiyle etrafı arasında konveksiyon ve/veya radyasyon
- Hareketsiz bir akışkanda, kondüksiyon ve (muhtemelen) radyasyon ile
- Hareket halinde bir akışkanda konveksiyon ve (muhtemelen) radyasyon
- Konveksiyon kondüksiyon ile akışkan hareketinin birleşimi gibi düşünülebilir.
- Bir akışkanda kondüksiyon, akışkanın hareketsiz olduğu özel bir konveksiyon olarak düşünülebilir.
- Gazlar genellikle radyasyona karşı saydamdır, bu nedenle gazların birçoğu radyasyon hesaplamalarına etkisi bulunmaz.
- Sıvılar ise radyasyonu güçlü bir şekilde absorbe edebilmektedir.
- Vakumda sadece radyasyonla ısı transferi mümkündür.



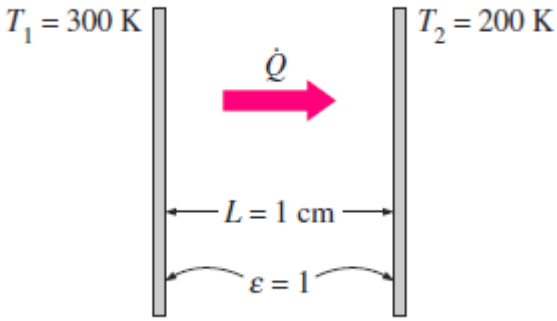
# Isı transferi

**Örnek:** Sıcaklığı 20 $^{o}$C olan bir odada buluna bir kişiden toplam ısı transfer hızını hesaplayınız. Kişinin yüzey sıcaklığı 29 $^{o}$C ve yüzey alanı 1,6 m$^2$'dir. Kişi ile etrafı arasındaki konveksiyonla ısı transfer katsayısı 6 W/m$^2$.$^{o}$C ve insan için emisivite 0,95'dir.



# Isı transferi

**Örnek:** Sıcaklıkları 300 K ve 200 K olan iki levha arasındaki ısı transfer hızını aşağıdaki durumlar için hesaplayınız. Yüzeyler siyah nesne olarak kabul edilebilir. Levhanın alanı 1 $m^2$'dir.




İki levha arası

a) Hava ile dolu ($k_{hava}$ = 0,0223 W/m.$^oC$ )

b) Vakumda

c) Poliüretan ile dolu ($k_{üretan}$ = 0,026 W/m.$^oC$ )

# Isı transferi

**Örnek:** Katı bir bloktan, büyük hacimdeki bir sıvı hazneye ısı transferi meydana gelmektedir. Katı bloğun kalınlığı 1 cm ve ısı iletkenlik katsayısı 5,0 cal/dak.cm.$^{o}$C'dir.

a) Karıştırıcı çalışmazken, kararlı halde ısı transfer hızı 150 cal/cm$^2$.dak olduğuna göre, katı sıvı ara yüzündeki sıcaklığı bulunuz

b) Karıştırıcı çalıştırıldıktan ve kararlı hale ulaşıldıktan sonra konveksiyonla ısı transfer katsayısının 5 kat arttığı bulunmuştur. Karıştırıcı çalışırken katı sıvı ara yüzündeki sıcaklığı bulunuz

