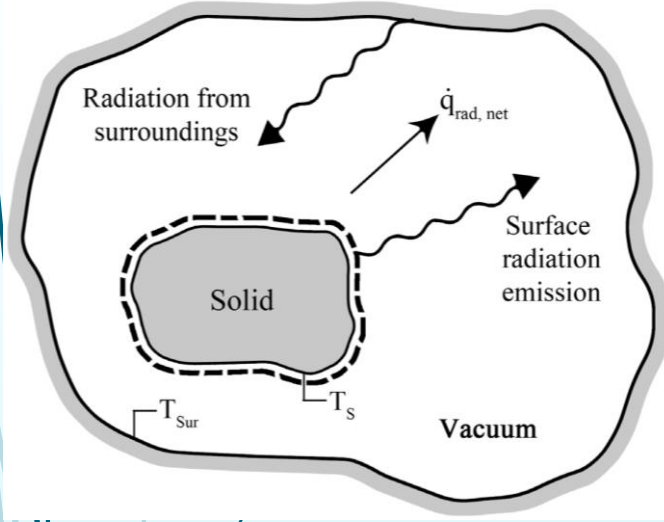


İŞINIM(RADYASYON)

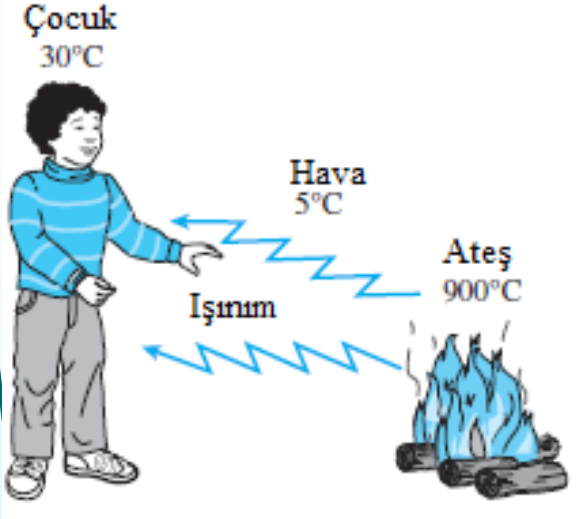
DR. HÜLYA ÇAKMAK

IŞINIM



Sıcak bir cismin içerisindeki hava boşaltılmış ve duvarının sıcaklığı oda sıcaklığında olan bir odaya koyulduğunu düşünelim. Bu sıcak cisim belli bir süre sonunda soğuyarak çevresiyle denge sıcaklığına gelecektir. Yani sıcaklığı odanın duvar sıcaklığına ulaşana kadar ısı kaybedecektir. Cisim ve oda arasında ısı transferi, oda havası boşaltılmış yani vakum altında olduğu için iletim veya taşınım ile gerçekleşmeyecektir. Bu yüzden ısı transferi farklı bir mekanizmayla gerçekleşmek zorundadır, yani cismin iç enerjisi «ışınım» mekanizmasıyla yayılacaktır.

IŞINIM



Işınım diğer ısı transfer mekanizmalarından farklı olarak aktarım için bir cisim gerektirmemektedir. Ayrıca ışınım ile ısı aktarımı en hızlısı olup (ışık hızı), vakumda hızı yavaşlamamaktadır. Işınım katılarda olabildiği gibi sıvı ve gazlarda da gerçekleşebilmektedir. Örneğin güneşin enerjisi dünyaya ışınım ile aktarılmaktadır.

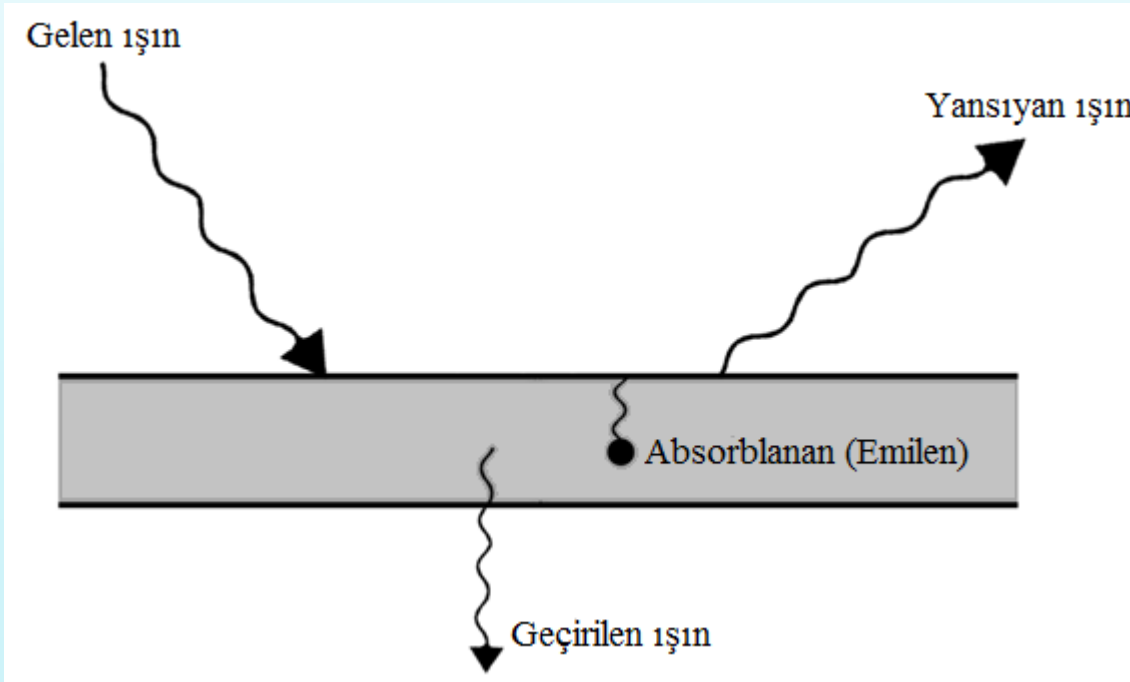
Işınım ile ısı transferi, ışık hızında ($c=3 \times 10^8$ m/s) ilerleyen elektromanyetik dalgalar ile gerçekleşmektedir. Işık hızı, dalga boyu(λ) ve frekansın (f) çarpımına eşittir;

$$c = \lambda \times f$$

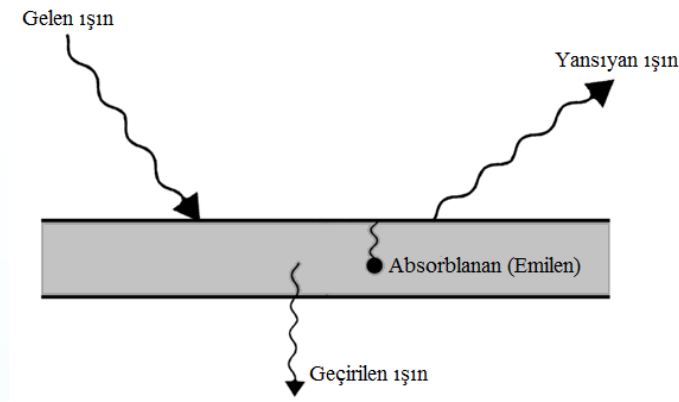
Isısal ışınım, x-ışını, gama ışını ve mikrodalga gibi ancak farklı dalga boyunda elektromanyetik ışınım türüdür.

İŞINIM ÖZELLİKLERİ

Isısal ışınım (termal radyasyon) etrafımızı saran tüm çevreden yayılabilir. Bir ışın yayan enerji yüzeye çarptığında, ışınımın bir kısmı yüzeyden yansiyabilir, bir kısmı yüzey tarafından emilebilir ve kalan kısmı da yüzeyden geçirilebilir. Yansıyan, emilen ve geçirilen enerji; yansıtabilirlik (ρ), soğurabilirlik (α) ve geçirgenlik (τ) adı verilen yüzey özellikleriyle tanımlanmaktadır.



İŞINIM ÖZELLİKLERİ



Enerjinin konumu ve ışınım yüzey özellikleri tanımı dikkate alındığında;

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Katıların birçoğu (cam hariç) ısısal ışınımı geçirme özelliğine sahip değildir. Yani ısısal ışınımına karşı mat (şeffaf değil) olarak davranır. Bu yüzden mat cisimlerde geçirgenlik sıfır olarak kabul edilip denklik $\rho + \alpha = 1$ olarak alınır. ρ , α ve τ bir ortamın her yönde ve dalga boyunda olan ortalama özellikleridir.

Koyu renkli cisimler, açık renkli cisimlere göre daha fazla radyasyonu absorblar, ayrıca pürüzlü ve kuru yüzeyli cisimler, pürüzsüz ve ıslak yüzeyli cisimlere göre daha fazla radyasyon absorblamaktadır.

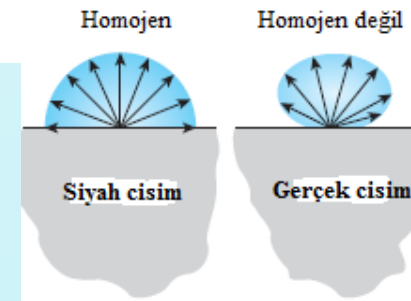
SIYAH CİSİM

Mutlak sıcaklığı sıfırın üzerinde olan bir cisim, geniş bir dalga boyu aralığında her yöne radyasyon yayabilmektedir. Verilen bir dalga boyunda yüzey tarafından yayılan enerjinin miktarı; cismin yapıldığı materyale, yüzey koşullarına ve yüzey sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Siyah cisim olarak tanımlanan cisim ise mükemmel bir radyasyon yayma ve absorblama özelliğine sahiptir. Siyah cisim dalga boyu ve ışının yönüne bağlı olmaksızın gelen ışının tamamını absorblar ($\alpha=1$). Ayrıca siyah cisim radyasyon enerjisini yayma yönüne dik her yüzey alanda yayabilmektedir ($\epsilon=1$).

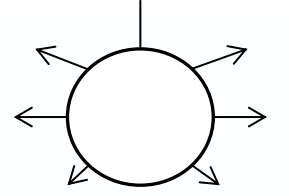
Siyah cisim tarafından birim yüzey alanın boyunca birim zamanda yayılan radyasyon enerjisi Stefan-Boltzmann kanunu ile açıklanmaktadır;

$$E_b(T) = \sigma T^4$$

burada E_b yayma gücü, $\sigma=5.67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴ Stefan-Boltzmann katsayısı ve T ise yüzeyin mutlak sıcaklığıdır (K).



Örnek



900 K sıcaklığında ve 30 cm çapında bir küresel top, şekildeki gibi havada asılı kalmaktadır. Topun siyah cisim olduğunu varsayarak;

a. Siyah cisimin yayma gücünü (E_b),

b. 10 dk içerisinde top tarafından yayılan toplam radyasyonu hesaplayınız (\dot{Q}).

$$E_b = 37200 \text{ W/m}^2, \dot{Q} = 6316.6 \text{ kJ}$$

IŞINIM ÖZELLİKLERİ

Emisivite (yayma oranı- ε): Bir yüzeyin yaydığı ışınımın, aynı sıcaklıkta siyah cisim tarafından yayılabilir ışınımına oranıdır. ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)

$$E(T) = \varepsilon(T) \sigma T^4 \quad (\text{W/m}^2)$$

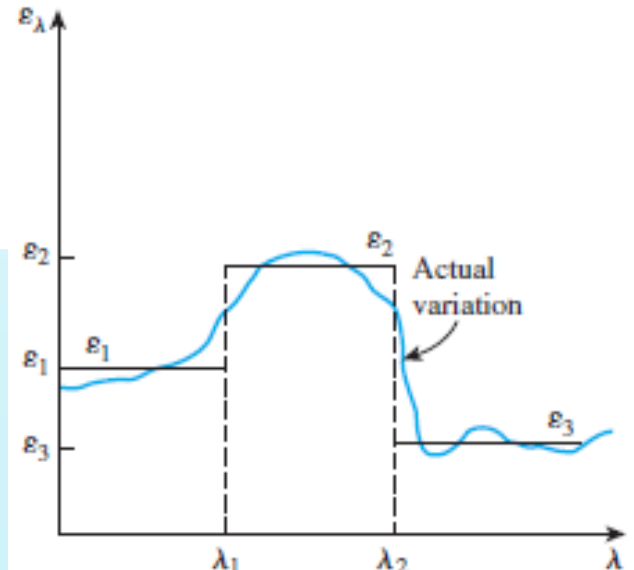
$$E(T) = \varepsilon(T) A \sigma T^4 \quad (\text{W})$$

$$\varepsilon(T) = \varepsilon_1 f_{0-\lambda}(T) + \varepsilon_2 f_{\lambda_1-\lambda_2}(T) + \varepsilon_3 f_{\lambda_2-\lambda_3}(T)$$

burada f siyah cisim radyasyon fonksiyonu adı verilen bir boyutsuz değişkendir.

$$f_{\lambda}(T) = \frac{\int_0^{\lambda} E_{b\lambda}(\lambda, T) d\lambda}{\sigma T^4}$$

$$\varepsilon_{\lambda} = \begin{cases} \varepsilon_1 = \text{constant}, & 0 \leq \lambda < \lambda_1 \\ \varepsilon_2 = \text{constant}, & \lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2 \\ \varepsilon_3 = \text{constant}, & \lambda_2 \leq \lambda < \infty \end{cases}$$



İŞINIM ÖZELLİKLERİ

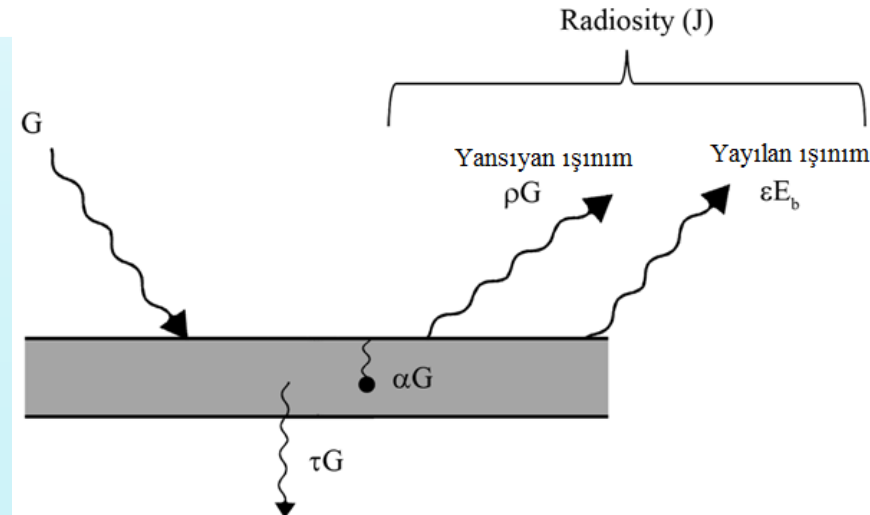
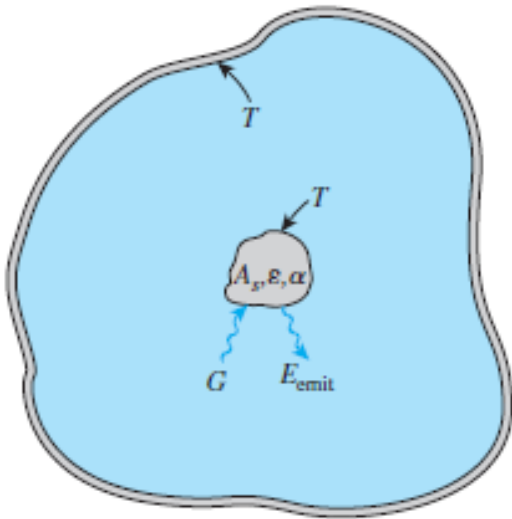
Işın yayma (gelen ışın-G): Birim yüzeye birim zamanda çarpan ışınım enerjisidir.

$$G = G_{abs} + G_{yans} + G_{geçirg}$$

$$1 = \alpha + \rho + \tau$$

Kirchoff kanunu: aynı sıcaklıkta $G_{abs} = E_{yayılan}$

$$\alpha \sigma T^4 = \varepsilon \sigma T^4 \rightarrow \alpha(T) = \varepsilon(T)$$

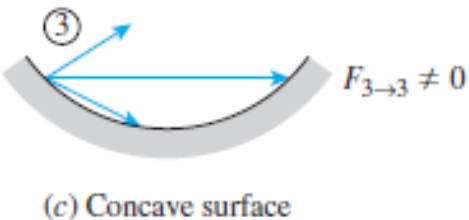
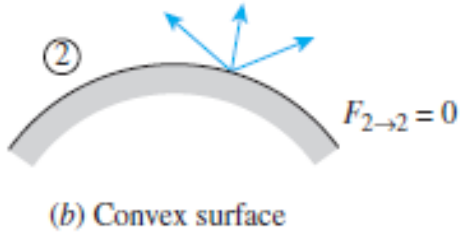
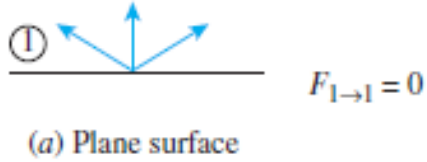


BİRDEN FAZLA YÜZEYİN ETKİLEŞİMİ

Şekil faktörü ; $F_{i \rightarrow j}$

i yüzeyinden çıkıp J yüzeyine çarpan ışınım fraksiyonu: $F_{i \rightarrow j}$

J yüzeyinden çıkıp i yüzeyine çarpan ışınım fraksiyonu: $F_{j \rightarrow i}$

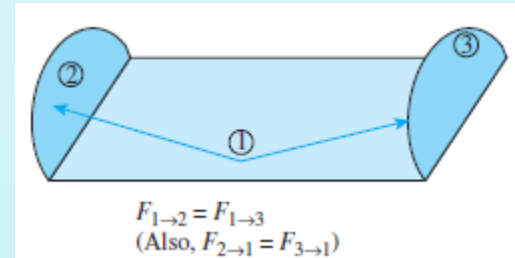
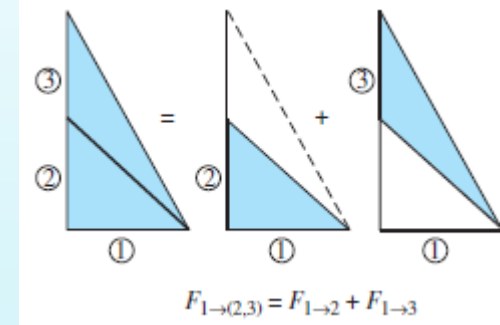


1. Karşılıklı kuralı: $A_i = A_j \rightarrow F_{i \rightarrow j} = F_{j \rightarrow i}$
 $A_i F_{i \rightarrow j} = A_j F_{j \rightarrow i}$

2. Toplama kuralı: $\sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} = 1$

3. Çakışma kuralı: $F_{1 \rightarrow (2,3)} = F_{1 \rightarrow 2} + F_{1 \rightarrow 3}$

4. Simetri kuralı:



BİRDEN FAZLA YÜZEYİN ETKİLEŞİMİ

Örnek :

Şekilde gösterilen piramidin şekil faktörlerini dört yüzeyden her biri için belirleyiniz. Piramidin tabanı kare ve yan yüzeyleri de ikizkenar üçgendir.

Simetri kuralına göre; $F_{12} = F_{13} = F_{14} = F_{15}$

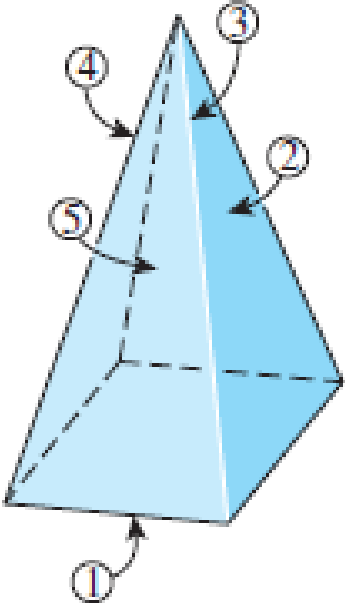
Toplama kuralına göre;

$$\sum_{j=1}^5 F_{i \rightarrow j} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} = 1$$

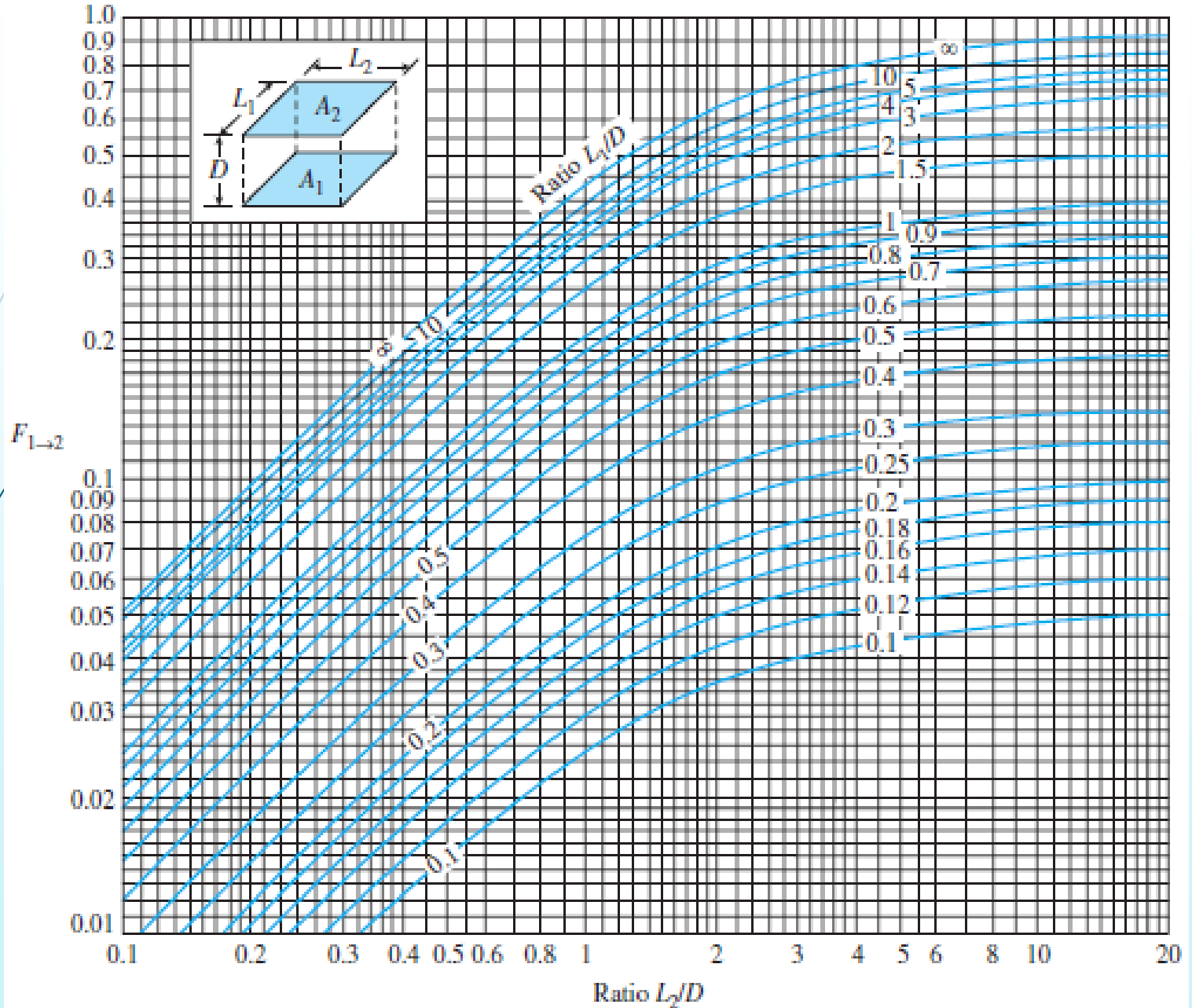
Alt taban düz bir yüzey olduğu için $F_{11}=0$

$$0 + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} = 1$$

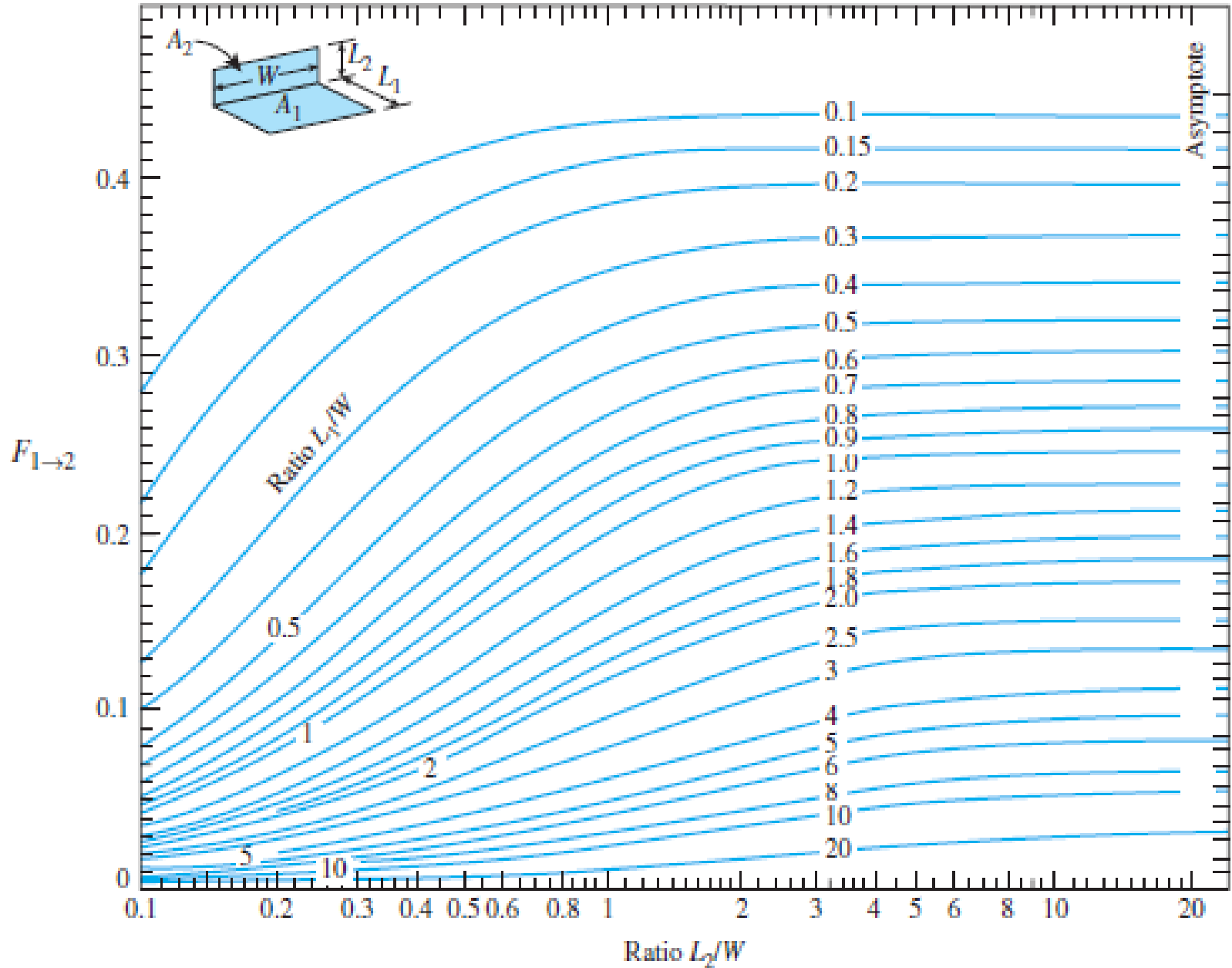
$$F_{12} = F_{13} = F_{14} = F_{15} = 0.25$$



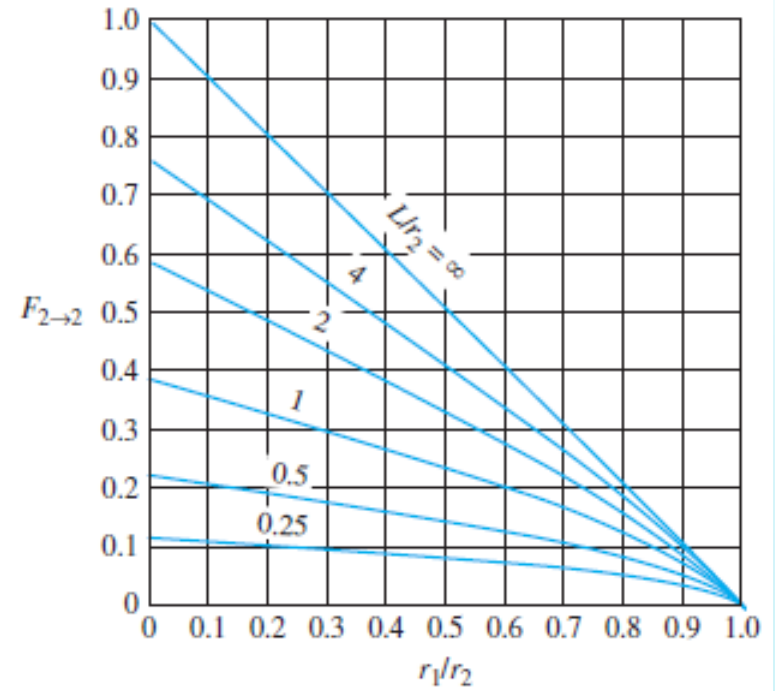
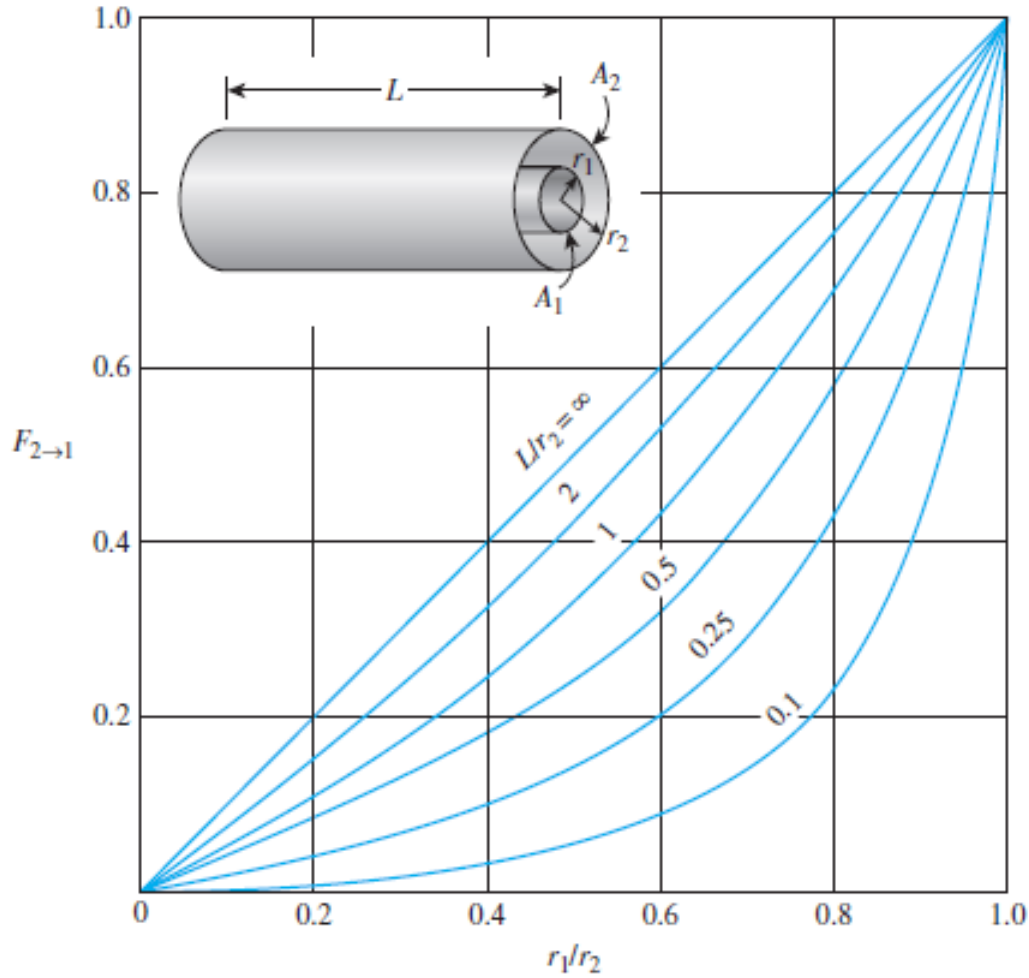
PARALEL PLAKA YÜZEYLER İÇİN ŞEKİL FAKTÖRÜ



AYNI KÖŞEYE SAHIP BİRBİRİNE DİK PLAKA YÜZEYLER İÇİN ŞEKİL FAKTÖRÜ

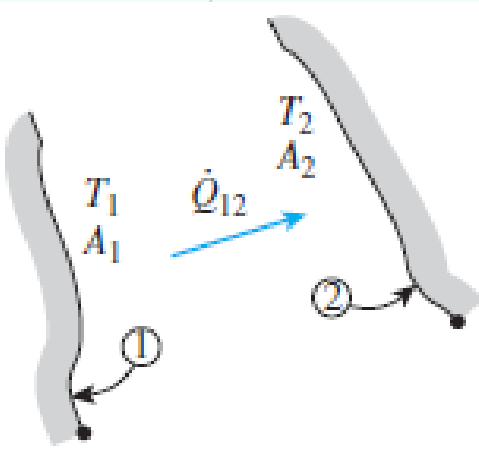


İÇİÇE İKİ SİLİNDİR İÇİN ŞEKİL FAKTÖRÜ



İŞINIMLA ISI TRANSFERİ: SİYAH YÜZEYLER

Rastgele şekle sahip iki siyah yüzeyin sabit T_1 ve T_2 sıcaklıklarında tutulduklarını düşünelim. Siyah yüzeyden ayrılan ışınımın $E_b(T) = \sigma T^4$ ve 1 yüzeyinden ayrılıp 2 yüzeyine çarpan ışının şekil faktörünün $F_{1 \rightarrow 2}$ olduğu durumda ışınım ile net ısı transferi;



$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = (\text{1 yüzeyinden ayrılıp 2 yüzeyine çarpan ışınım}) \\ - (\text{2 yüzeyinden ayrılıp 1 yüzeyine çarpan ışınım})$$

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = A_1 E_{b1} F_{1 \rightarrow 2} - A_2 E_{b2} F_{2 \rightarrow 1} \quad (\text{W})$$

Karşılıklı kuralı uygulandığında;

$$A_1 F_{1 \rightarrow 2} = A_2 F_{2 \rightarrow 1}$$

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = A_1 F_{1 \rightarrow 2} \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{W})$$

$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2}$ negatif değere sahipse ışınım ile ısı transferi 1 yüzeyinden 2 yüzeyine değil tersi yönde gerçekleşmektedir.

IŞINIMLA ISI TRANSFERİ: SİYAH YÜZEYLER

Örnek

5m x 5m x 5m boyutlarına sahip kübik bir ocağın yüzeyleri siyah cisme yakın yüzeylerden oluşmaktadır. Taban, üst ve yan yüzeyler sırasıyla 800 K, 1500 K ve 500 K'de tutuluyorsa

- Taban ve yan yüzeyler arasındaki ışımla net ısı transferini bulunuz.
- Taban ve üst yüzey arasındaki ışımla net ısı transferini bulunuz.
- Alt yüzeyden ışımla net ısı transferini bulunuz.

