



Isı Transferi Lab. Denei Föyü

Isı Transferinin kaynağı

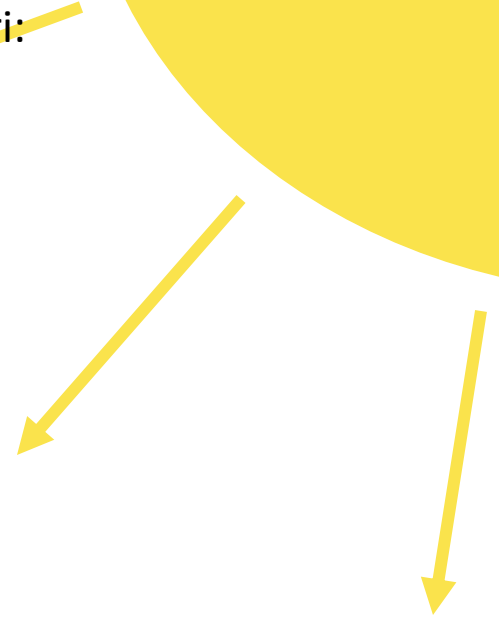
Güneşten:

- 2×10^{17} W
- 4×10^2 Wm⁻²

Türetilmiş yüzey prosesleri:

- su çevrimleri
- Biosfer
- Yağmur
- Erozyon

Güneş



Dünyanın içinde meydana gelen:

- 4×10^{13} W
- 8×10^{-2} Wm⁻²

Türetilmiş dip prosesleri:

- manto konveksiyon
- Geodynamo
- Plaka tektoniği
- metamorfizma (başkalaşım)
- Volkanlar

Dünya

Deprem: 10^{11} W

Isı transferi ve türleri

- **Isı transferi** ← sıcaklık farkı nedeniyle enerji transferi şeklinde
- Yüksek sıcaklık → Düşük sıcaklık
- Aynı sıcaklığa geldiğinde ısı transferi durur

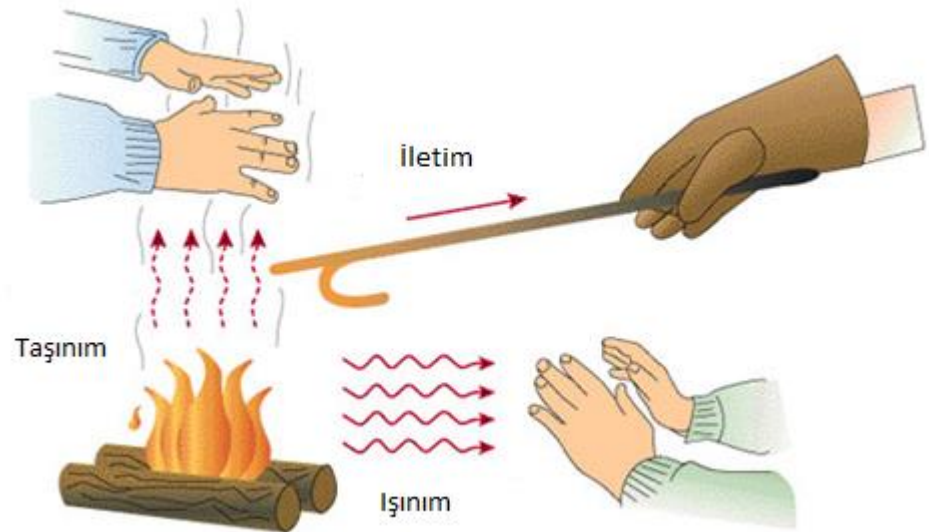
Temel Isı Transferi Türleri

1. İletim

2. Taşınım

3. Işınım

(Radyasyon)



Isı transferi problemlerinin çözümünde kullanılan yasalar

- Isı transfer problemlerinin çözümünde aşağıda verilen 4 temel yasa (kanun) ile 3 özel ısı transfer yasası kullanılır:

Temel Yasalar:

- Termodinamiğin I. Kanunu
- Termodinamiğin II. Kanunu
- Kütlenin Korunumu Kanunu
- Newton'un II. Hareket Kanunu

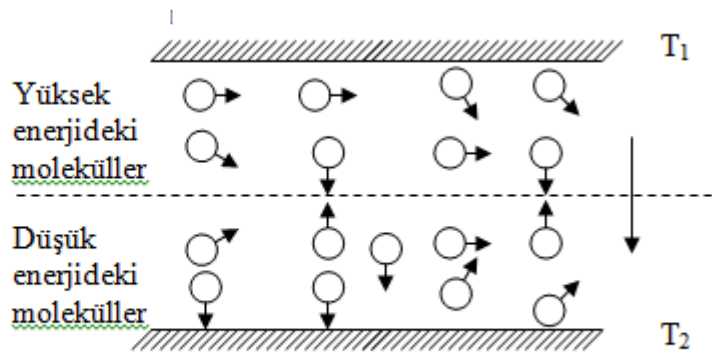
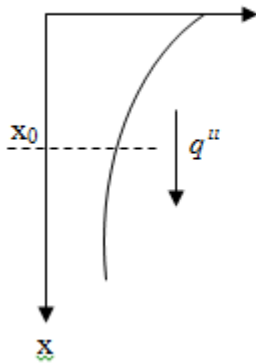
Özel Isı Transferi Yasaları:

- Fourier ısı iletimi kanunu
- Newton soğuma kanunu
- Stephan-Boltzman ışıma kanunu

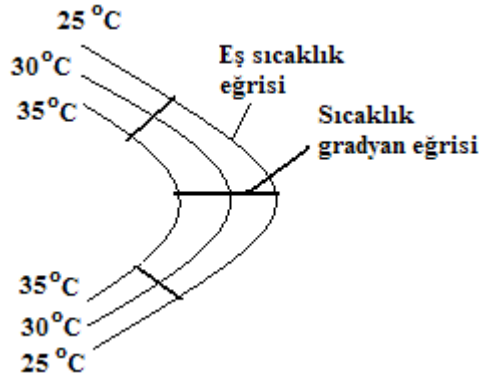
Isı transferi türlerinin basit analizi

İletim İle Isı Transferi

- Transfer Mekanizması
- Durgun (hareketsiz) haldeki maddeler arasında, sıcaklık farkından dolayı ortaya çıkan ve moleküllerin hareketi sonucu aktarılan ısı enerjisidir.

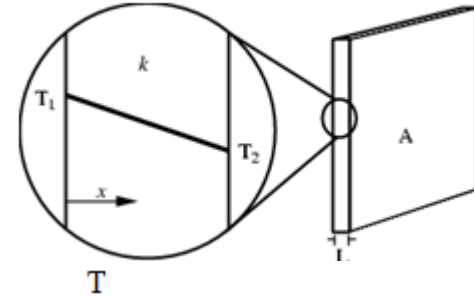


- **Eşit sıcaklık (izoterm) ve eğrisi:** Bir cismin içindeki eşit sıcaklıklara sahip noktalar geometrik olarak birleştirilirse bir eşit sıcaklık yüzeyi elde edilir. Bir cismin içindeki bir nokta aynı anda farklı sıcaklıklarda olamayacağından eşit sıcaklık yüzeyleri birbirlerini kesmezler.
- **Sıcaklık değişimi (gradyan) ve eğrisi:** Bir cismin içindeki sıcaklık sadece eşsıcaklık yüzeylerini kesen doğrultularda değişir ve birim uzunluk başına en büyük sıcaklık farkı eş sıcaklık yüzeyinin normali doğrultusundadır. Eş sıcaklık yüzeyine normal doğrultuda sıcaklık değişimini gösteren değerler sıcaklık gradyanı olarak adlandırılır. Sıcaklık gradyanı eş sıcaklık yüzeyine normal doğrultudadır ve işareti artan sıcaklık yönünde pozitifdir.



Fourier ısı iletimi kanunu

- Durgun (katı) bir ortamda bir noktadan diğer bir noktaya ısı geçişinin olabilmesi için, cismin içindeki sıcaklık dağılımının noktadan noktaya farklılık göstermesi gerekir (Termodinamiğin II. Kanunu). Diğer bir ifade ile, cismin içindeki değişik noktalarda sıcaklık gradyanı sıfırdan farklı olmalıdır. Fourier kanununa göre; eşsıcaklık yüzeyinden belli bir zaman aralığında geçen ısı miktarı sıcaklık gradyanı ile doğru orantılıdır. Yani;

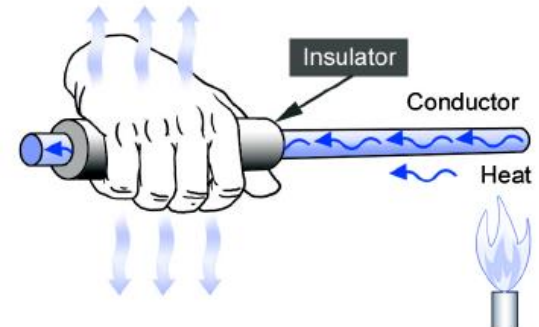
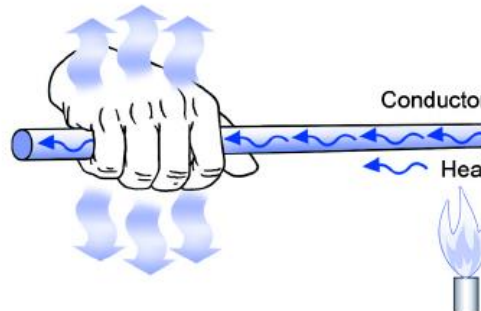
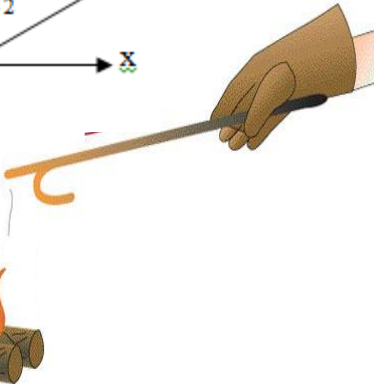
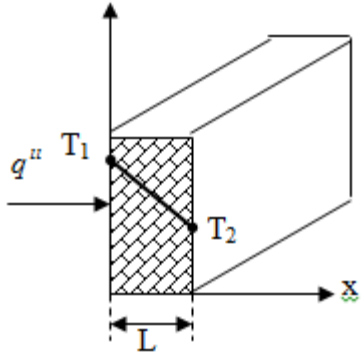


$$q'' = -k \frac{dT}{dx}$$

$$q'' \int_0^L dx = -k \int_{T_1}^{T_2} dT$$

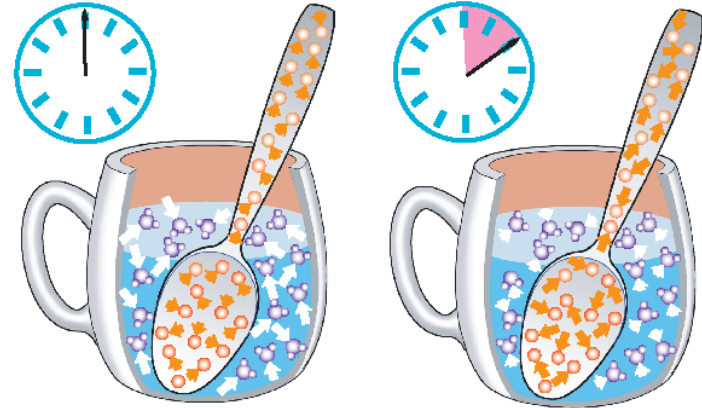
$$q'' = -k \frac{(T_2 - T_1)}{L}$$

$$q'' = k \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$



Conduction

Conduction is the transfer of heat by the direct contact of particles of matter. The molecules in the hot cup of liquid transfer their heat energy to the molecules in the cold spoon.

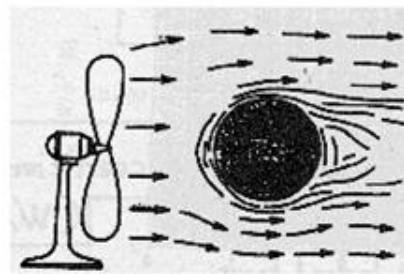
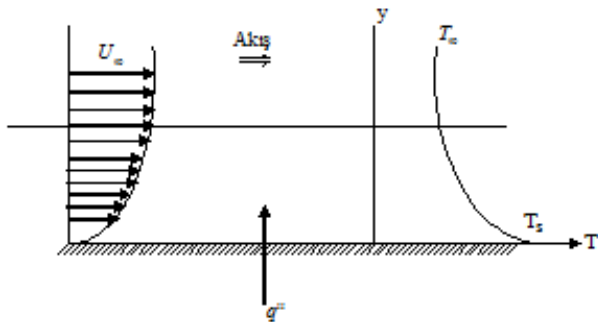


Taşınım İle Isı Transferi

- Hareket halindeki akışkanların temas ettikleri yüzeyin akışkan sıcaklığından farklı olması halinde ortaya çıkan ısı transferidir. Diğer bir ifade ile ısı taşınımı, ısının hareket eden akışkan parçacıkları yardımıyla geçiştir. Newton'un soğuma kanunu uyarınca, taşınım ile transfer edilen ısı enerjisi miktarı, yüzey ile akışkan arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. Yani,

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

- Denklemdaki 'h' ısı taşınım katsayısı olup, W/m²K birimine sahiptir.
- Akışkanın hareket etmesine sebep olan mekanizmaya bağlı olarak, iki tür ısı taşınımından bahsedilir: zorlanmış ve doğal taşınım. Zorlanmış taşınımda akışkan hareketi bir ekipman (fan, pompa vs.) ile sağlanırken, doğal taşınımda hareketi sağlayan akışkanın yoğunluk farkıdır.

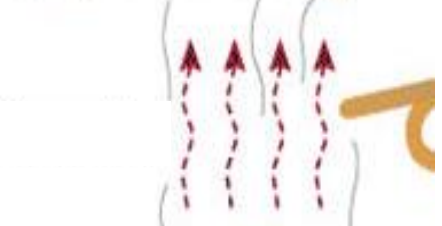
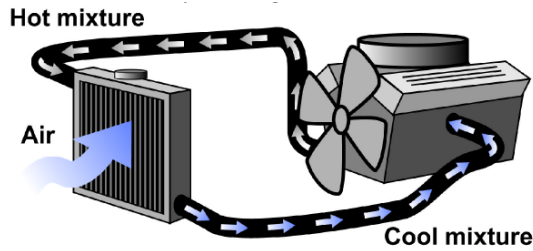
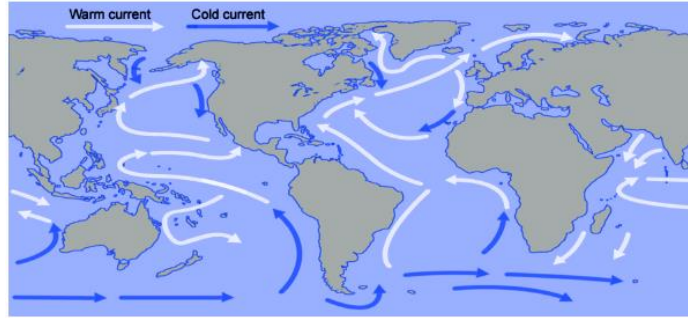
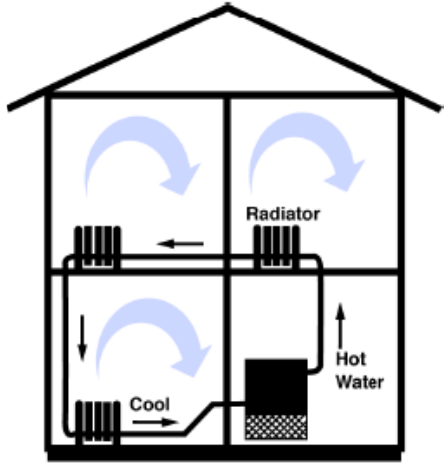


zorlanmış taşınım
(fan var)



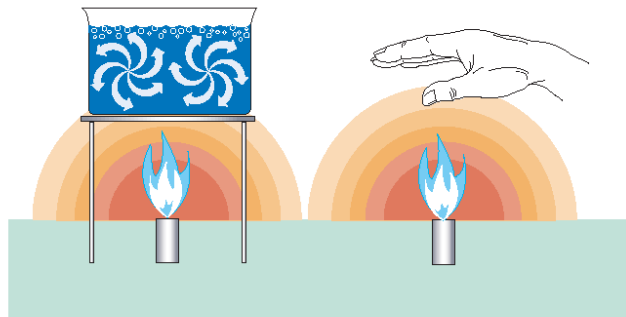
doğal taşınım
(fan yok)

Taşınım İle Isı Transferi



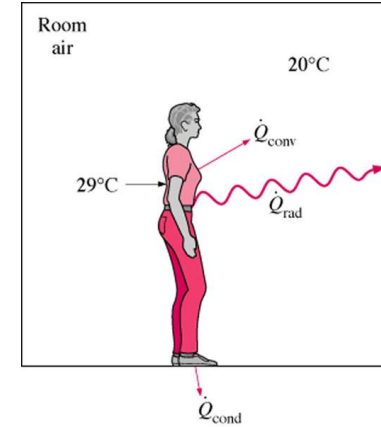
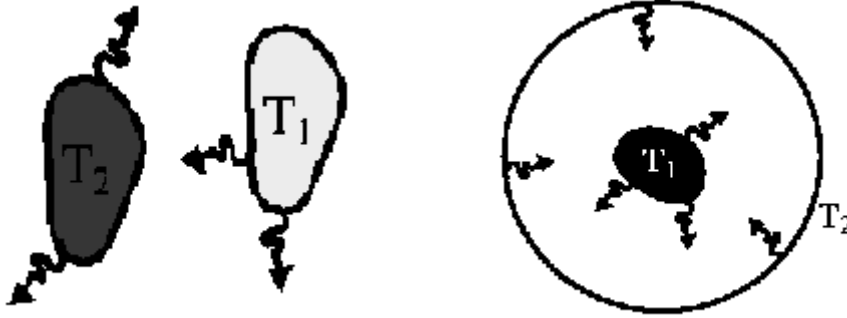
Convection

Convection is the transfer of heat by the actual motion of a fluid (liquid or gas) in the form of currents.



Işınım İle Isı Transferi

- Isının elektromanyetik dalgalar (fotonlar) aracılığıyla transfer edilmesidir. Sıcaklık farkı olan iki ortamın birbirini görmesi yeterli olup, arada bir fiziksel temas bulunması gerekli değildir.



- Stephan-Boltzman ışınım kanunu uyarınca, gerçek (gri renkli) iki ortam arasındaki net ışınım alışverişi, iki cisim sıcaklıklarının dördüncü kuvvetleri arasındaki fark ile doğru orantılıdır. $T_1 > T_2$ koşullarında '1' nolu ortamdan '2' nolu ortama transfer edilen ısı enerjisi (akısı) ;

$$q'' = \varepsilon\sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

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

- Denklemden $(0 < \varepsilon < 1)$ yüzey malzemesinin ışınım neşretme katsayısını, ise Stephan-Boltzman katsayısını temsil etmektedir. Bu katsayının değeri ise,
- $= 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

Işınım İle Isı Transferi

Işınım denkleminin basitleştirilmiş bir formu aşağıda türetilmiştir:

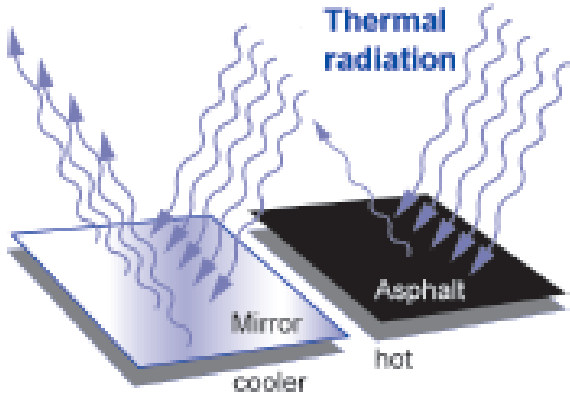
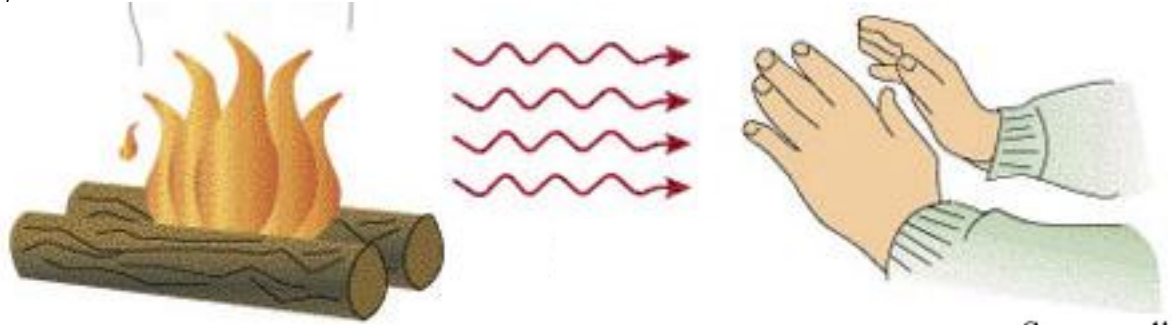
$$(T_s^4 - T_c^4) = (T_s^2 - T_c^2) * (T_s^2 + T_c^2) = (T_s - T_c) * (T_s + T_c) * (T_s^2 + T_c^2)$$

$$q'' = \epsilon \sigma (T_s - T_c) (T_s + T_c) * (T_s^2 + T_c^2)$$

$$h_r = \epsilon \sigma (T_s + T_c) * (T_s^2 + T_c^2)$$

$$q'' = h_r (T_s - T_c)$$

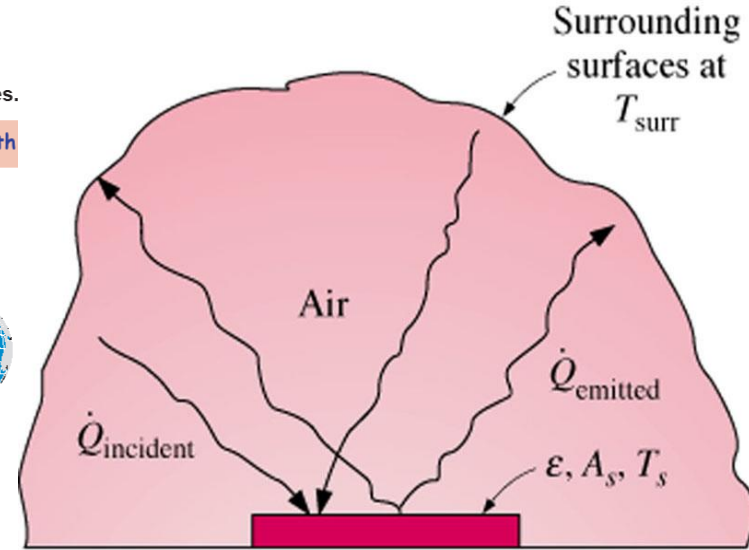
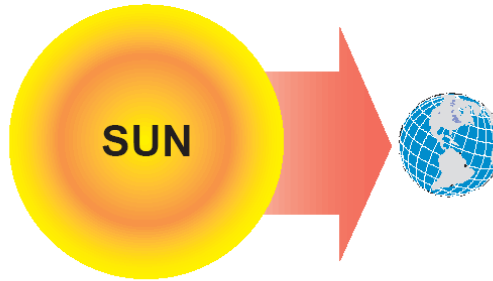
h_r = ışınım ısı transfer katsayısı (W/m²)



Radiation

Radiation is heat transfer by electromagnetic waves.

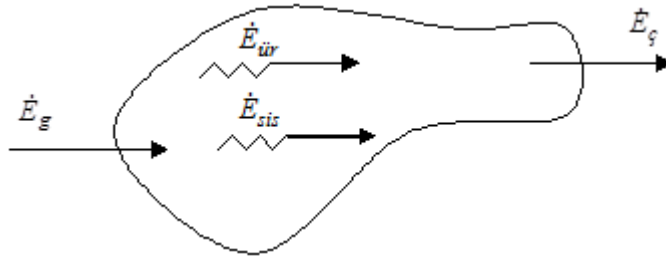
Electromagnetic radiation from the sun heats Earth



$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{surr}}^4)$$

Enerjinin korunum analizi (Termodinamiğin I. Kanunu)

a) Kontrol Hacmi İçin Enerji Korunumu



Anlık Enerji Korunumu (herhangi bir 't' anı için)

Anlık sistem enerjisi = (Giren E.) – (Çıkan E.) + (Üretilen E.)

$$\dot{E}_{sis} = \frac{dE_{sis}}{dt} = \dot{E}_g - \dot{E}_\zeta + \dot{E}_{ür} \dots \dots \dots (\text{W veya kW})$$

Belli bir zaman periyodunda enerji korumu (herhangi bir Δt zaman aralığı için)

Sistem enerjisindeki değişim = (Giren E.) – (Çıkan E.) + (Üretilen E.)

$$\Delta E_{st} = E_g - E_\zeta + E_{ür} \dots \dots \dots (\text{J veya kJ})$$

- $\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$

- Isıl difüzyon katsayısı ısı iletim katsayısının, yoğunluk ve özgül ısı değerinin çarpımına oranıdır. Bu oran iletilen ısıнын depolanan ısıya oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle ısıнын malzeme içerisinde yayılma hızını göstermektedir.

- Seçilen bir kontrol hacmin boyunca sadece ısı transferi söz konusu ve bulunduğu sınırlar içerisinde herhangi bir iş alışverişi yoksa sistemin enerji dengesi;

- $Q = mc_p \Delta T$

- olarak tanımlanmaktadır (Çengel, 2012). Burada c_p özgül ısı değeri olarak tanımlanmaktadır.

- Çok katmanlı duvarlarda toplam ısı transferinin hesaplanabilmesi toplam ısı transfer katsayısının (U) tespit edilmesi gerekmektedir. Bu katsayı, sistem içerisinde meydana gelmiş toplam ısı transfer miktarına eşittir.

- $Q = UA\Delta T$

Enerjinin korunumu analizi (Termodinamiğin I. Kanunu)

b.) Kontrol Yüzeyi İçin Enerji Korunumu

Kontrol yüzeyi için;

$$\dot{E}_{sis} = \dot{E}_{ür} = 0$$

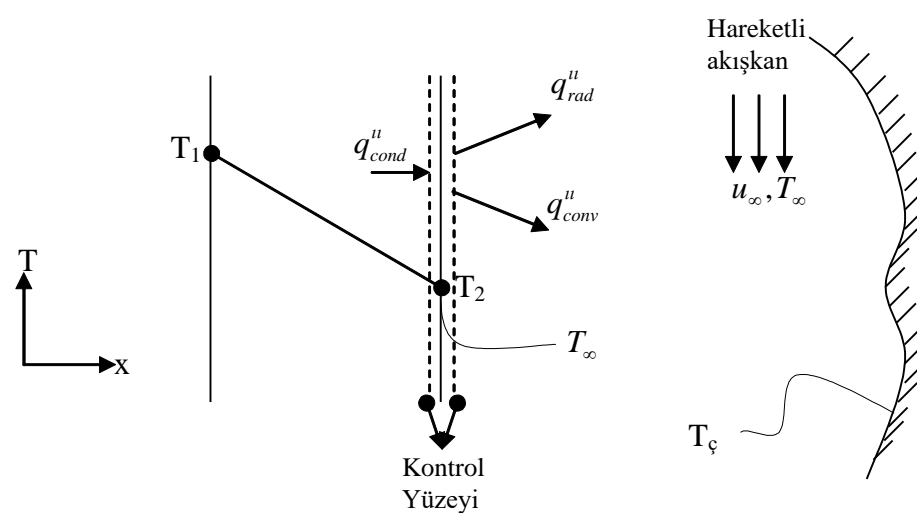
olduğundan,

$$\dot{E}_g - \dot{E}_ç = 0$$

denklemini elde edilir. Şekilde gösterilen yüzey dikkate alındığında;

$$q_{il}'' - q_{taş}'' - q_{ış}'' = 0$$

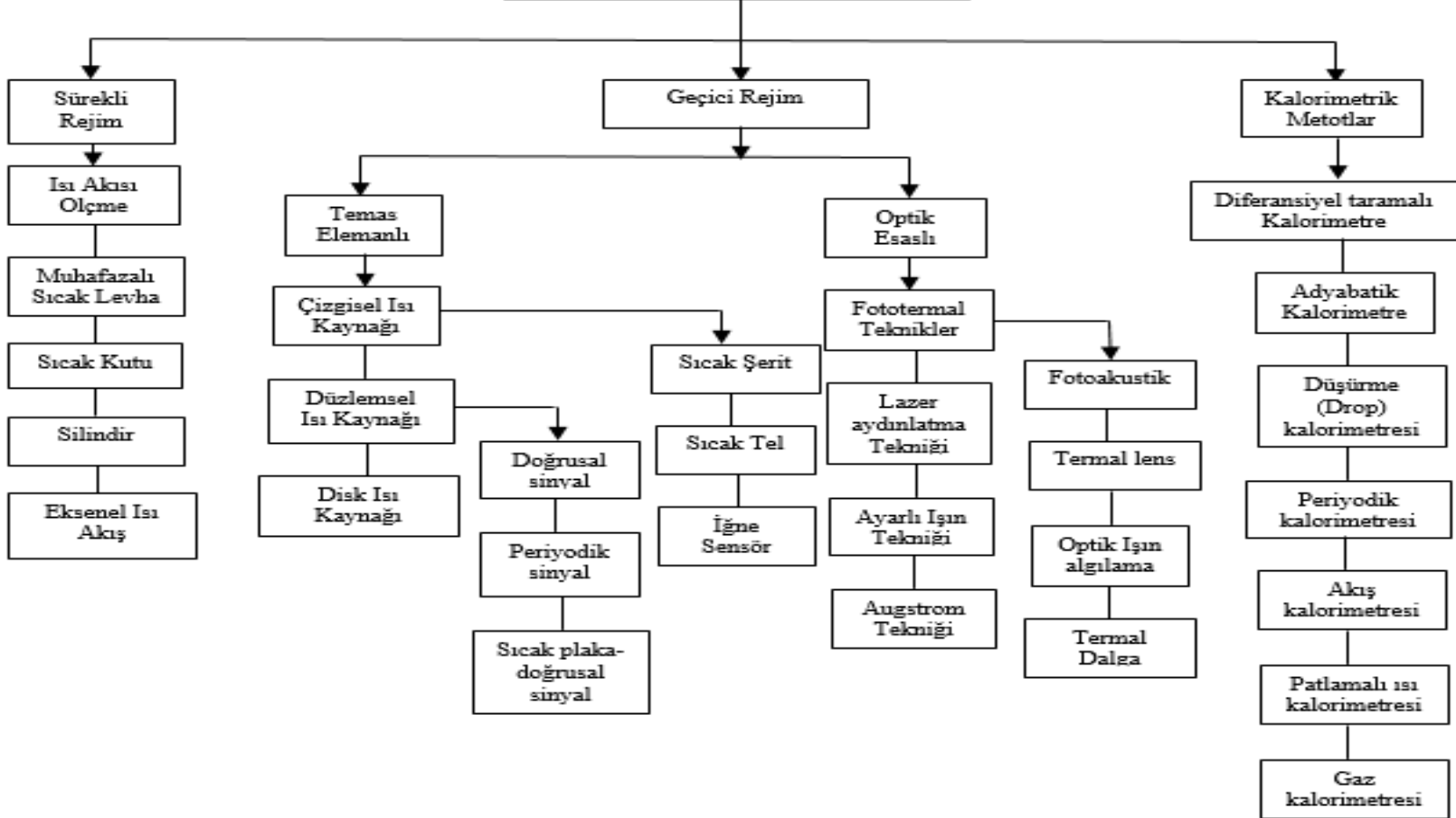
denkleminde ulaşılır.



Mevcut Teknikler

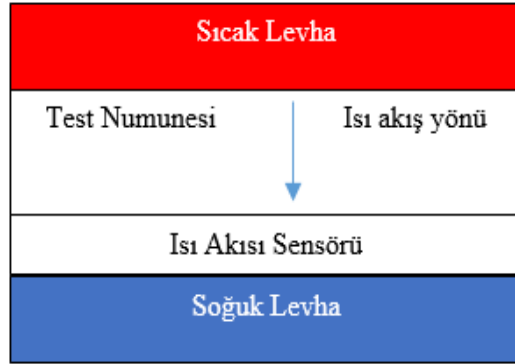


Isıl Özellik Ölçüm Yöntemleri

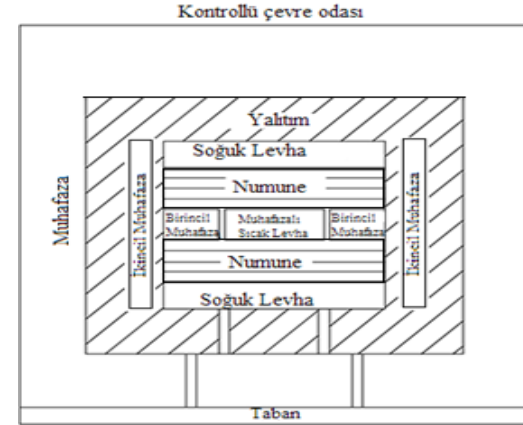


Mevcut Yöntemlerde İzlenen Ölçüm Süreçleri

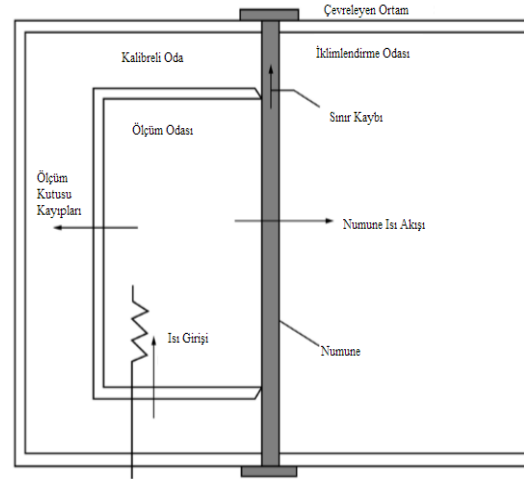
Sürekli Rejim Yöntemleri



Isı Akı Sensörü



Muhafazalı ısı plakası aparatının

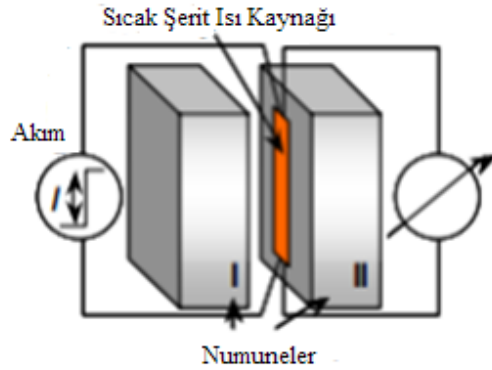


Kalibreli sıcak kutunun temel elemanları

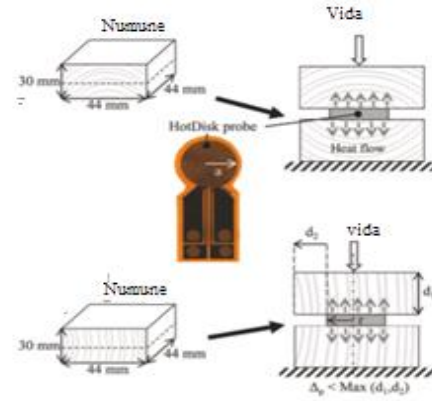
Mevcut Yöntemlerde İzlenen Ölçüm Süreçleri



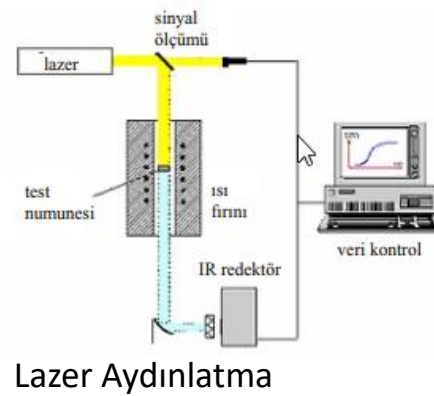
Geçici Rejim Yöntemleri



Sıcak Şerit Metodu



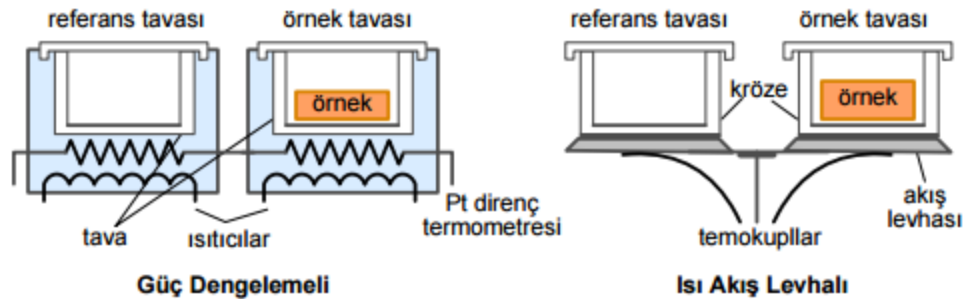
Disk Isı Kaynağı



Lazer Aydınlatma

Mevcut Yöntemlerde İzlenen Ölçüm Süreçleri

Kalorimetrik Yöntemler



Kalorimetre tipi	Nicelik	Sıcaklık oranı (K)	Kararsızlık (%)	Avantajları	Dezavantajları
Diferansiyel taramalı kalorimetre	Özgül ısı değeri, katı ve sıvılarda entalpi faz geçişi	100-1900	1.5-10	Standartlaşmış, kullanımı kolay ve hızlı	Göreceli bir metot
Adyabatik kalorimetre	Özgül ısı değeri, katı, gaz ve sıvılarda entalpi faz geçişi	1-1900	0.05-2	Yüksek hassasiyet	Uzun ölçüm zamanı ve pahalı
Düşürme (Drop) kalorimetresi	Özgül ısı değeri, katı ve sıvılarda entalpi faz geçişi	273-3000	0.1-2	Yüksek hassasiyet	Pahalı
Peryodik kalorimetresi	Özgül ısı değeri, katı ve sıvılarda entalpi faz geçişi	600-10000	2-3	Hızlı ve yüksek sıcaklık	Sadece elektrik iletkenli malzemeler
Akış kalorimetresi	Sıvı ve gazlarda özgül ısı değeri ve entalpi ölçümü	100-700	0.05	-	-
Patlamalı ısı kalorimetresi	Katı, sıvı ve gazların yanma ısısı	300	0.01	Katılar ve sıvılar için standart metot	gazlar için düşük doğruluk
Gaz kalorimetresi	gazların yanma ısısı	300	0.03-0.5	Gazlar için standart metot	-

Isı İletim Katsayısı Ölçüm Cihazı (Disk Isı Kaynağı)

Bu deney sisteminde Katı numunelerin ısı iletim katsayısı, Sıvı numunelerin ısı iletim katsayısı, Toz numunelerin ısı iletim katsayısı ölçümlerinde kullanılır.

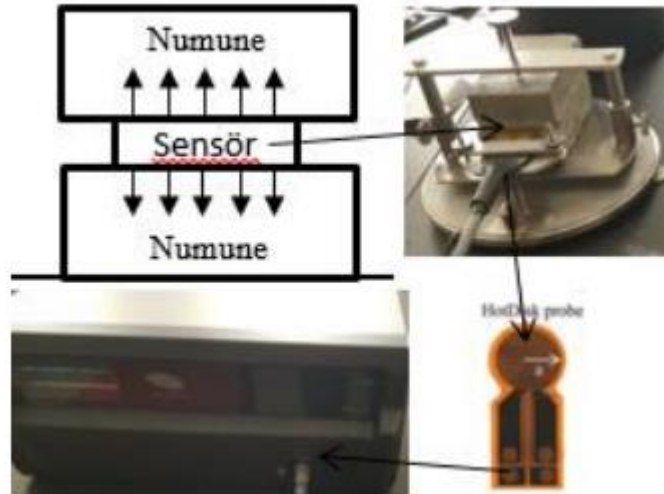


DENEYİN AMACI:

Farklı Malzemelerin Isı iletim katsayısı, Isıl difüzyon ve Özgül ısıl değeri nin ölçümünün gerçekleştirilmesi

DENEYİN YAPILIŞI

Şekilde gösterildiği gibi hot disk sensör aynı özelliklere sahip iki numune arasına sıkıştırılır. Aynı özellikte iki adet numune yoksa üretici firmanın vermiş olduğu yalıtımlı referans numunesine göre ölçüm yapılır. Ölçüm yapmak için hot disk sensörü numune üzerine yerleştirildikten sonra hangi sensörün kullanılacağı, malzeme sıcaklığı, ölçüm zamanı ve ısıtıcı gücü girilir. Daha sonra start tuşuna basılarak ölçüm gerçekleştirilir.



Sonuç tablosu

Numune	Güç (W)	Numune Sıcaklığı (K)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Isıl Yayılım Katsayısı (m ² /s)	Özgül ısı (j/kgK)
Numune1					
Numune 2					
Numune3					
Numune 4					

Kaynaklar

Bülent Yeşilata 2007 «Mühendislikte Temel Isı Transferi» Ders Kitabı

Yusuf Işiker 2018 «Enerji Verimli Alternatif Yapı Malzemelerinin Isıl Performanslarının Belirlenmesine Yönelik Deneysel Yöntem Geliştirilmesi» Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi