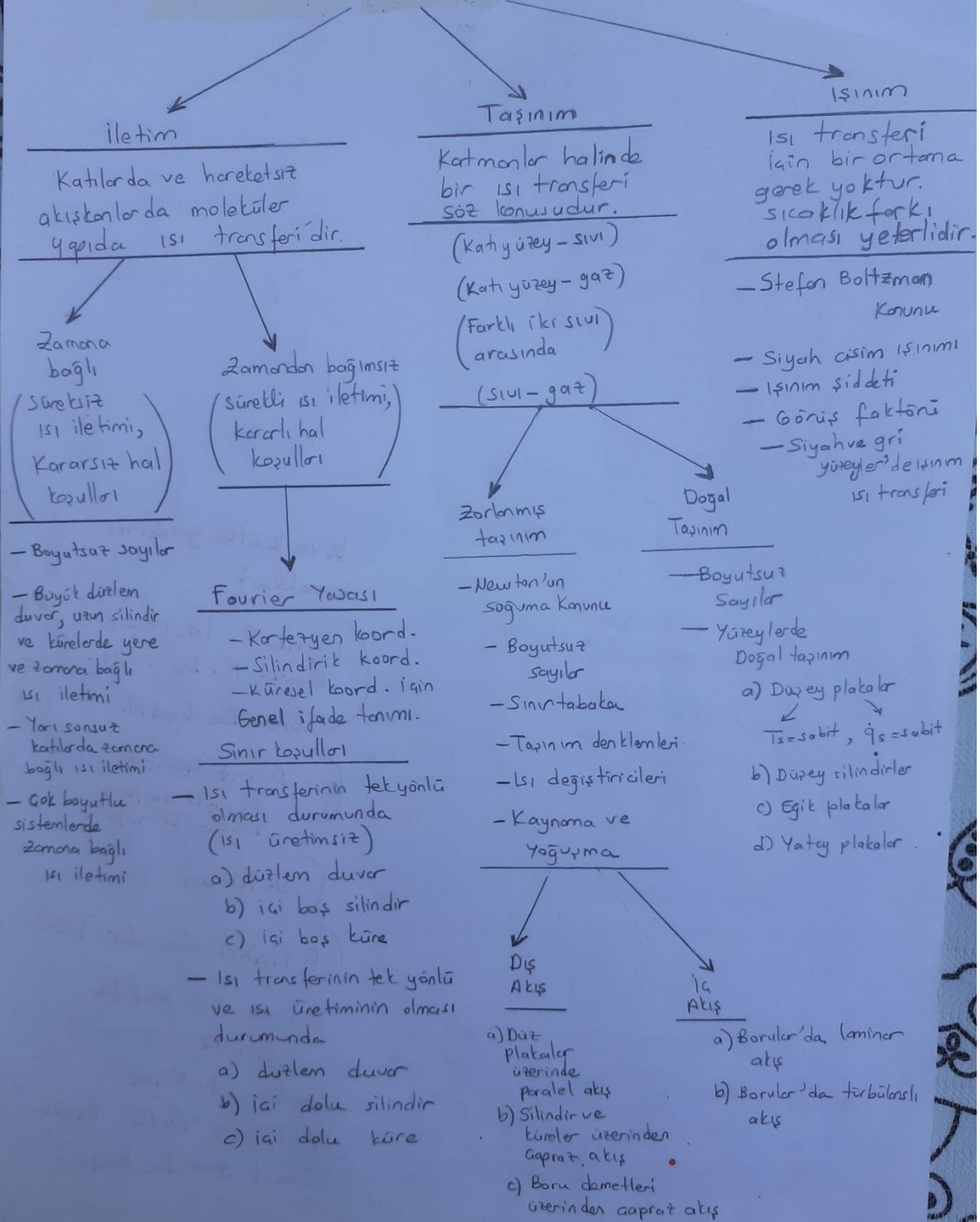


1

Isı Transferi



- 1 Genel Tanımlar ve Kavramlar, Radyasyona giriş
- 2 Fourier ısı iletimi denklemi, Isı iletimi diferansiyel denklemi ve sıcaklık dağılımları
- 3 Tek boyutlu ısı iletimi ve birleşik duvar sistemleri
- 4 Süreksiz rejimde ısı transferi
- 5 Süreksiz rejimde ısı transferi
- 6 Taşınım temel denklemleri, Sınır tabaka
- 7 I. Arasınay
- 8 Cebri taşınım-İç akımlar
- 9 I. Ara Sınav
- 10 Cebri taşınım-Dış akımlar +Boru demetleri
- 11 II. Arasınay
- 12 Doğal taşınım / Kaynamanın Temelleri
- 13 Isı değıştircileri
- 14 Yoğuşma/Kaynama/Radyasyon

Kaynaklar

- 1) ISI ve KÜTLE TRANSFERİ , Yunus Çengel , Palme Yayıncılık
- 2) Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, Incropera, De Witt, Literatür Yayıncılık
- 3) Isı Transferi, J.P. Holman, Nobel Yayıncılık

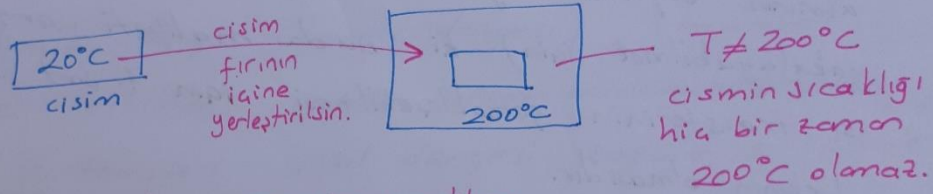
Giriş ve Temel Kavramlar

Termodinamik, bir sistem bir denge durumundan diğerine geçerken transfer edilen ısı miktarı ile ilgilenir, işlemin ne kadar süreceğinden söz etmez.

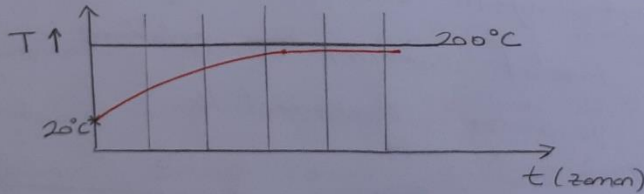
Enerji transferi daima daha yüksek sıcaklıklı ortandan daha düşük sıcaklıklı ortama olur ve iki ortamın sıcaklıkları aynı sıcaklığa erişince enerji transferi sona erer.

Termodinamik çözümleme sadece enerjinin korunumu prensibine uygun belirli bir durum değiştirmeyi gerçekleştir-
tirmek için ne kadar ısı aktarılması gerektiğini söyler.

Termodinamikte termik denge vardır.



$t = \infty$ 'dur. Cismin sıcaklığı 200°C 'ye yaklaşıp ama tam 200°C olamaz.
Denge durumuna ∞ zamanda gelir.



Cismin sıcaklığının 20°C 'den 200°C 'ye çıkarılması için gereken max ısı ne kadardır bunu bulur. $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ formülü ile hesaplanır.

Termodinamikte yüzey kavramı yoktur.

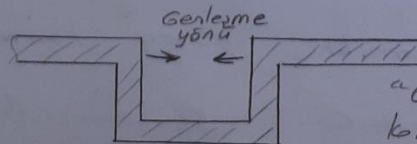
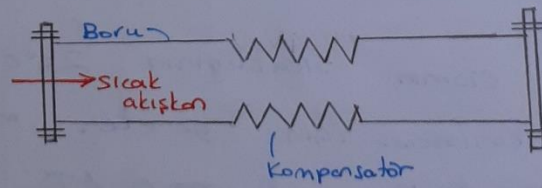
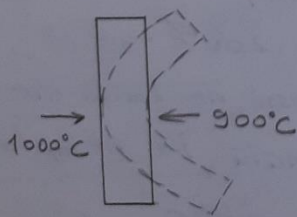
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = \text{kg} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \text{K} = (\text{kJ})$$

(1)

$t = 10$ dak. sonra maddedeki sıcaklık dağılımı ne olur denildiğinde olay ısı transferi ile çözülür. Sıcaklık dağılımı belli ise t kadar sürede ne kadar ısı transfer olduğunu buluruz. Isı transferinde yüzey faktörü vardır.

Termodinamikte sıcaklık farkının az olması ister. Sıcaklık farkı tersinmezlik etkisi verir. Enerjinin kalitesi düşer. Enerjinin ise dönüştürüleceği yerde ise dönüştürme miktarı tersinmezlik ölçüsü oluyor. Isı transferinde ise sıcaklık farkının çok olması ister çünkü ΔT ne kadar fazla ise ısı transfer hızı o kadar iyi olur. ΔT farkı az ise yüzey alanının büyümesi gerekir (aynı ısı transfer miktarını yakalayabilmek için) ki buda maliyeti artırır. Isı transferinin gerçekleştirilmesi için 1. şart sıcaklık farkının olmasıdır.

Eğer biz işletme sırasındaki sıcaklık dağılımını iyi hesaplamaz isek sıcaklıklar değiştiğinde parçanın konstrüksiyonu bozulur ve sistem çalınmaz. Bu nedenle inalat şartları ve işletme şartları ısı transferi yönünden incelenmelidir.



"Omega" kompensatör görevi görür. (2)

uygulamada ısı transferinin miktarından ziyade, hızı (birim zamandaki ısı transferi) ile ilgilenir. Mesela bir termosta aereye aktarılan ısı miktarı (içerisindeki sıcak kahve 90°C 'den 80°C 'ye kadar soğuduğunda) yalnız termodinamik gözümlemlerle bulunabilir. Ama aereye aktarılan ısı miktarının ne kadar bir sürede olacağı ısı transferinin alanına girer. (Ya da termosun 10°C kadar soğumasının ne kadar süreceği)

Termodinamik denge durumları ve bir denge durumundan diğere olan değışimlerde ilgilenir. Termodinamik denge; termik denge (aynı sıcaklık) mekanik denge (basınç dengesi), kimyasal denge şeklinde olabilir. Dengenin bozulduğu her yerde hareket vardır.

Isı transferi, ısı dengesi bozulmuş sistemlerde ilgilenir. ve bu yüzden (ısı transferi) dengenin olmadığı bir olaydır. Bu yüzden bir ısı transfer gelişmesi yalnızca termodinamik prensiplere dayanmaz. Bununla birlikte termodinamiğin konuları, ısı transferi bilimi için bir çerçeve oluşturur. Birinci kanun, bir sisteme olan enerji transfer hızının o sistemdeki enerji artış hızına eşit olmasını gerektirir. İkinci kanun, ısıнын azalan sıcaklık yönünde transfer edilmesini gerektirir.

Isı transferinin olması için temel gereklilik bir sıcaklık farkının olmasıdır. Aynı sıcaklıktaki iki ortam arasında net ısı transferi olmaz.

Tipki elektrik akımı için zorlayıcı etkinin gerilim farkı ve akıktan akımı için zorlayıcı etkinin basınç farkı olmasına benzer şekilde, ısı transferi için de zorlayıcı etki sıcaklık farkıdır. Belli bir yöndeki ısı transfer hızı, o yöndeki sıcaklık gradyanının (birim uzunluk başına sıcaklık farkı veya sıcaklıktaki değişim hızı) büyüklüğüne bağlıdır. Sıcaklık gradyanı ne kadar büyükse, ısı transfer hızı o kadar yüksek olur.

Isı transferinin uygulama alanları

İnsan vücudu sürekli olarak çevresine ısı atar ve insanın rahatlığı, bu ısının atılma hızıyla yakından ilgilidir. İnsanlar bu ısı transferini giysilerini çevre şartlarına uydurarak kontrol etmeye çalışırlar.

Birçok sıradan ev aleti tamamen veya kısmen ısı transferi prensiplerine göre tasarlanır. Elektrik ocakları, ısıtma veya hava soğutma sistemleri, soğutucu veya dondurucular, su ısıtıcıları, ısıtıcılar, bilgisayar'lar bazı örneklerdir. ısı transferi, radyatör, güneş kolektörleri, güç santrallerinin soğutma donanımları ve hatta uzay gemileri gibi birçok diğer cihazın da tasarımında önemli rol oynar.

Ekonomik sebeplerle, sıcak su ve buhar borularında veya su ısıtıcılarında optimum yalıtım kalınlığı ısı trans. çözümlerine göre belirlenir. (4)

Isı Transfer Mekanizmaları

Isı, sıcaklık farkı sonucu bir sistemden diğerine transfer edilebilen bir enerji türüdür. Bir termodinamik gözömlene bir sistem bir denge durumundan diğerine geçiş yaparken ısı transfer miktarıyla ilgilidir. Böylesi bir enerji transferinin hızlarını bulmakla ilgilenen bilim dalı ısı transferidir.

Enerjinin ısı olarak transferi, her zaman yüksek sıcaklıktaki bir ortamdaki düşük sıcaklıktaki ortama doğrudur ve iki ortam aynı sıcaklığa eriştiğinde ısı transferi durur.

Isı üç farklı yolla aktarılabilir; iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon), ve ışıma (radyasyon). Isı transferinin bütün türleri bir sıcaklık farkını gerektirir ve hepsi de yüksek sıcaklıktaki ortamdaki düşük sıcaklıktaki ortama doğrudur.

İLETİM (KONDÜKSİYON)

İletim perçacıklar arası etkileşimlerin sonucu olarak bir maddenin daha yüksek enerjili perçacıklardan bitişiklerindeki daha düşük enerjili olanlara enerji aktarmasıdır.

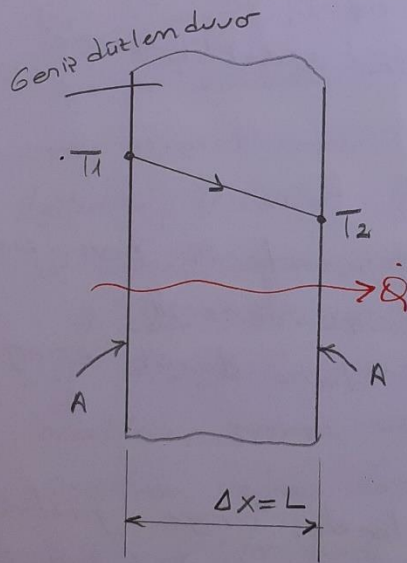
İletim katılarda, sıvılarda veya gazlarda olabilir. Gazlarda ve sıvılarda iletim, moleküllerin gelişigüzel hareketleri sırasında çarpışmaları ve yayılmaları sebebiyle olur. Katılarda ise iletim, kafeslerdeki moleküllerin titreşimleri ve bunun

(5)

yanında serbest elektronlarla enerji aktarımı sonucu olur.

Bir ortamda ısı iletiminin hızı, ortam boyunca sıcaklık farkına olduğu kadar ortamın geometrisine, kalınlığına ve malzemesine de bağlıdır.

Bir sıcak su tankının cam yünü (yalıtım malzemesi) ile sarılmasıyla tanktan ısı kayıp hızının azalacağı bilinmektedir. Yalıtım ne kadar kalın olursa ısı kaybı o kadar az olur. Sıcak su tankının bulunduğu mekanın sıcaklığı düşürüldüğünde tank daha yüksek hızla ısı kaybeder. Ya da tank ne kadar büyük olursa, daha büyük yüzey alanı ve dolayısıyla daha büyük ısı kayıp hızı olur.



Kalınlığı Δx ve yüzey alanı A olan geniş bir düzlem duvarda ısı iletimi.

Şekilde görüldüğü gibi, kalınlığı $\Delta x = L$ ve alanı A olan geniş bir düzlem duvarda sürekli sınırlarda (fiziksel özellikler zamana bağlı olarak değişmez) ısı iletimi gözönüne alınsın. Duvar boyunca sıcaklık farkı $\Delta T = T_2 - T_1$ 'dir.

Deneyler göstermiştir ki,

$\dot{Q}$ ısı transfer hızı duvar boyunca ΔT sıcaklık farkı veya ısı transferine dik A alanı

iki kata çıkarıldığında iki kat artar; L duvar kalınlığı iki kata çıkarıldığında ise yarıya düşer. Böylelikle, bir levhada ısı transfer hızı, tabaka boyunca sıcaklık farkı ve ısı transfer alanı ile doğru, tabakanın kalınlığıyla ters orantılı olduğu sonucuna varılır.

Yani;

$$\text{Isı iletim hızı} \propto \frac{(Alan) (Sıcaklık farkı)}{Kalınlık}$$

$$\dot{Q}_{iletim} = k A \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = \overset{\substack{\uparrow \\ \text{ısı alan sıcaklık yönünde iletiliyor}}}{-k} A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (W) \quad (J/s)$$

$\downarrow$
sıcaklık artan x yönünde azalıyor

burada k orantı sabiti, ısı iletkenlik olarak bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

$$k, (\lambda) \rightarrow \frac{W}{mK}, \frac{W}{m^{\circ}C}, \frac{kcal}{m h K}, \frac{kcal}{m h^{\circ}C}$$

$\downarrow$
ortama ait fiziksel bir değerdir.

Yukarıdaki denklem, $\Delta x \rightarrow 0$ limit durumunda,

$$\dot{Q}_{iletim} = -k A \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

diferansiyel şekline indirgenir ki ilk kez 1822'de ifade eden J. Fourier'den sonra bu denklem Fourier ısı iletim kanunu olarak bilinir.

Burada ;

$\frac{dT}{dx}$ → sıcaklık gradyanı, T-x diyagramında sıcaklık eğrisinin eğimidir.

(T sıcaklığının X'e göre değişim hızı)

Yukarıdaki denklem, verilen bir yönde ısı iletim hızının o yönde sıcaklık gradyanı ile orantılı olduğunu gösterir. Isı azalan sıcaklık yönünde iletir ve sıcaklık artan X yönünde azalıyor. sıcaklık gradyanı negatif olur. Fourier

denklemindeki negatif işaret, pozitif X yönünde ısı transferinin pozitif bir nicelik olmasını sağlar.

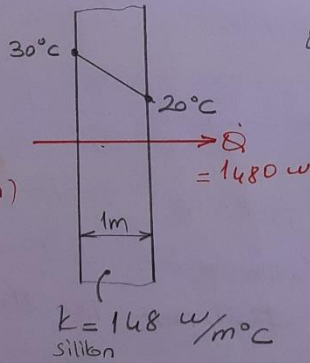
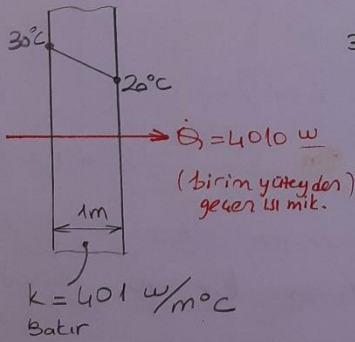
Isı transfer alanı A ısı transfer doğrultusuna daima dik olur. Mesela uzunluğu 5m, yüksekliği 3m ve kalınlığı 25cm olan bir duvarda ısı kaybı için ısı transfer alanı $A=15m^2$ 'dir. Dikkat edilirse duvar kalınlığının A üzerinde bir etkisi yoktur.

$$\dot{Q} = -k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\dot{Q} = 401 \cdot 1m^2 \cdot \frac{10}{1m}$$

$$\dot{Q} = 4010 \text{ W}$$

$$\frac{W}{m^2 \cdot m^{100C}}$$

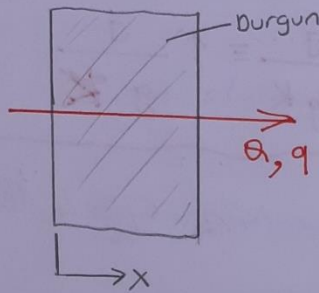


Bir katıda ısı iletiminin hızı, katının ısı iletkenliğiyle doğrudan orantılıdır.

(8)

EK bilgiler = iletim'de ısı transferinin olması için bir maddeye ihtiyaç vardır. Madde ortamı olmadan iletim ve taşınım olmaz. Isının geçtiği ortamın hareketsiz (durgun) olması gerekiyor. (katı-sıvı-gaz ortamı farketmez). Titreşim hareketi olabilir ama bölgesel hareket olmamalıdır (iletim'de).

ISI AKISI



$$q = \frac{Q}{A} \rightarrow \text{geçen ısı miktarı (W)}$$

$$A \rightarrow \text{ısı transfer yüzeyi (m}^2\text{)}$$

$$q, \left(\frac{W}{m^2} = \frac{J}{s \cdot m^2} \right)$$

$$q = \frac{Q}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

ISINMA ISISI ve ISIL İLETKENLİK

Farklı malzemeler ısıyı farklı depolarlar. Malzemelerin ısıf enerji depolama kabiliyetinin ölçüsüne (Isınma ısıf) özgül ısıf diyoruz. (C_v ve C_p)

Açıklama

Özgül ısıf ; bir maddenin birim kütlesinin sıcaklığını bir derece artırmak için gerekli olan enerji'dir. Sabit hacim ve sabit basınçta olmak üzere iki türlü özgül ısıf söz konusudur.

Sabit hacimde özgül ısıf C_v hacim sabit tutulduğunda bir maddenin birim kütlesinin sıcaklığını bir derece artırmak için gerekli olan enerjidir.

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 1^\circ \text{C}$$

$$\text{özgül ısıf} = 5 \text{ kJ/kgK}$$

5 kJ

Özgül ısıf bir maddenin birim miktarının sıcaklığını belirli bir yolla bir derece artırmak için gerekli olan enerji miktarıdır. (9)

özgül ısılar için çok kullanılan bir birim

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \text{ veya } \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \text{ 'dir.}$$

Dikkat edilirse $\Delta T (^\circ\text{C}) = \Delta T (\text{K})$ ve sıcaklıkta 1°C 'lik değişim 1K 'lik değişime eşdeğer olduğundan bu iki birim özdeğertir.

Yine ;

$$1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \equiv 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{g K}}$$

mesela oda sıcaklığında su için $C_{p_{\text{su}}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

ve demir için $C_{p_{\text{demir}}} = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ 'dir.

Bu demektir ki birim kütle başına su, demirden hemen hemen on kat daha fazla enerji depolayabilir.

Aynı şekilde ısı iletkenlik k bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Mesela, oda sıcaklığında su için $k_{\text{su}} = 0,607 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ve demir için $k_{\text{demir}} = 80,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ 'dir.

Bu demektir ki demir ısıyı, suyun ilettebildiğinin yüz katından daha hızlı iletir.

Böylelikle ısı enerji depolanmak için mükemmel bir ortam olmasına karşılık, suyun demire göre kötü bir ısı iletken olduğu söylenebilir.

Defter açıklama

$$k, \lambda \rightarrow \frac{W}{m K^{\circ} C}, \frac{kcal}{m h^{\circ} C K}$$

Isı iletim katsayıları, özgül ısı (Isınma ısısı) gibi ölçülen değerlerdir fiziksel bir özelliktir. Malzemenin ısı iletim katsayısı sıcaklıkla değişir. Katılarda sıcaklıkla artar. Gazlarda ve sıvılarda serbest elektron yoktur büyük olasılıkla ısı titreşim hareketiyle iletilecektir. Bu nedenle moleküler hareket arttığı için sıcaklıkla beraber gazlar ve sıvılarda ısı iletim katsayısı artar. Isı iletim katsayısı basınçla değişmez.

iletim içinde iki mekanizma vardır. Titreşimi fazla olan yerden az olan yere titreşim hareketiyle iletilecektir. Bu şekilde ısı transferi olur. Malzemenin cinsine bağlı olarak serbest elektronlarla da ısı transferi gerçekleşir. Isının büyük bir kısmı serbest elektronlarla iletilir. Eğer bir malzeme elektrikiyi iyi iletiyorsa ısıda iyi iletir. Gazlar ve sıvılar içinde serbest elektronlar az olduğundan ısı transferi moleküler titreşimle olur. Isı iletim katsayıları genelde ölçülmesi değerlerdir ve tablolardan bulunur. Isı iletim katsayısı metallerde yüksektir.

(11)

Değer açıklama

Ortam

k (W/mK)

Saf Metaller

100 - 1400

Metal alaşımları

50 - 500

Sıvı metaller

30 - 300

Sıvılar (metal olmayan)

0,5 - 5

→ Metal olmadığı için serbest

Metal olmayan katılar

0,05 - 50

elektron yok
serbest elektronların etkisi açıkça görülüyor.

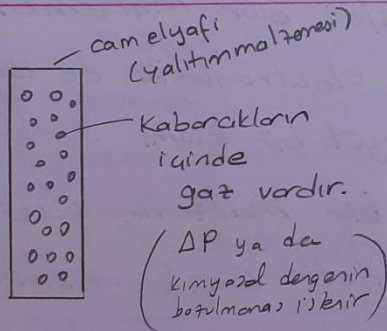
Isı yalıtım malzemeleri

0,05 - 1,0

Gazlar

0,005 - 0,5

→ Gazları bir yalıtım malzemesidir.



Cam elyafın içinde hava boşlukları vardır. Cam elyaf harayı durgun halde tutmaya yarar. Asıl yalıtımı bu hava boşlukları sağlar.

Köpük'te de ufak ufak kabarcıklar bulunur, bu kabarcıkların içinde havanın ısı iletim katsayısından daha düşük iletim katsayısına sahip gazlar vardır.

Dengenin bozulduğu her yerde hareket vardır. Kimyasal denge, termik denge, basınç dengesi

(12)

Isı Geçişi Türü	Mekanizma	An Denklemi	Aktarım özelliği veya katsayısı
İletim (Kondüksiyon)	Rastgele moleküler harekete bağlı olarak enerji yayılımı	$q_x = -k \frac{dT}{dx} \left(\frac{W}{m^2} \right)$	$k \left(\frac{W}{mK} \right)$
Tapınım (Konveksiyon)	Rastgele moleküler harekete bağlı enerji yayılımına ilave olarak kitlesel hareketle bağlı enerji aktarımı	$q = h (T_s - T_{\infty}) \left(\frac{W}{m^2} \right)$	$h \left(\frac{W}{m^2K} \right)$
Isınım (Radyasyon)	Elektromagnetik dalgalar ile enerji aktarımı	$q = \epsilon \sigma (T_s^4 - T_g^4) \left(\frac{W}{m^2} \right)$ $q = h_r A (T_s - T_g) (W)$	ϵ $h_r \left(\frac{W}{m^2K} \right)$

Fourier Yasası

Fourier yasası iletim ile ısı geçişinin temel tapı olup, temel ilkelerden çıkartılabilecek bir ifade değildir. Bunun yerine deneysel gözlemlere dayanan bir genelleştirme dir. Bu yasa ayrıca malzemenin önemli bir özelliği olan ısı iletim katsayısını tanımlayan bir ifadedir.

Fourier yasası, ısı akısının bir izoterme dik ve azalan sıcaklık yönünde olduğunu gösteren bir vektör denklemdir.

Sayfa 20 Tablo 1-1 Bazı malzemelerin oda sıcaklığındaki ısı iletkenlikleri

Malzeme	k (W/m°C)	Malzeme	k (W/m°C)
Elmas →	2300	Cam →	0,78
Gümüş →	429	Tuğla →	0,72
Bakır →	401	Su →	0,607
Altın →	317	insan derisi →	0,37
Alüminyum →	237	Agac →	0,17
Demir →	80,2	Cam Elyafı →	0,043
Civa →	8,54	Hava →	0,026
		Üretilen, katı köpük →	0,026

Basınç farkı varsa yüksek basınçtan düşük basınca akım olur. Dengeye gelmeye çalışır.

Kimyasal bir dengede gazlar arasında denge haline gelmek için geçişler olur. Bu nedenle cam elyafın nem alması ya da kapının içindeki gazın hava ile yer değiştirmemesi istenir. Her iki durumdada ısı iletim katsayıları artar malzeme yalıtım özelliğini yavaş yavaş kaybeder. Bu nedenle bir malzemenin ısı iletim katsayısı ölçülürken malzeme Al folyo ile kaplanır. Al folyo metaldir ve malzemeye gaz geçirir (hava) durdurur. Malzemenin ısı iletim katsayısı uzunca bir süre sabit kalır.

Kitap devam.

Bir malzemenin ısı iletkenliği, o malzemenin birim kalınlığında, birim alan ve birim sıcaklık farkı başına olan ısı transfer hızı olarak tanımlanabilir.

Bir malzemenin ısı iletkenliği, malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Yüksek ısı iletkenlik değeri malzemenin iyi bir ısı iletken olduğunu, düşük ısı iletkenlik değeri ise malzemenin kötü bir ısı iletken veya ısı yalıtken olduğunu gösterir.

$k_{\text{bakır}} = 401 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow$ 1 m kalınlıklı bakır duvarın ısıyı her $^\circ\text{C}$ sıcaklık farkı ve her m^2 alan başına 401 W'lık hızla iletmesini gösterir.

Bakır ve gümüş gibi iyi elektrik iletkenler iyi birer ısı iletkenlerdir. Kauçuk, ağaç ve strafor gibi ısı iletkenlikleri düşük malzemeler kötü iletkenlerdir.

Sıcaklık bir maddenin atom veya molekülleri gibi parçacıkların kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa moleküller o kadar hızlı hareket eder, o kadar çok çarpışırlar ve ısı transferi o ölçüde iyi olur.

Bir maddenin ısı iletkenliği katı fazdayken en yüksek gaz fazında iken ise en düşük değerindedir. Gazlardan farklı olarak bütün sıvıların ısı iletkenlikleri artan sıcaklığa bağlı olarak azalır, (su istisnadır). Gazlarda olduğu gibi sıvıların iletkenlikleride artan molar kütleye bağlı olarak azalır. Civa ve sodyum gibi sıvı metaller yüksek ısı iletkenliğe sahiptir. Katılardaki ısı iletimi iki etkiden olur; biri moleküllerin titreşim hareketi diğeri ise serbest elektronların akışı ile nakledilen enerji.

İki metalin alayımının ısı iletkenliği genellikle her iki metalinkinden daha düşüktür. Malzemelerin ısı iletkenlikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir.

Bu nedenle iletim gözömlenmesinde uygulamada ısı iletkenlik değeri, ortalama sıcaklıkta belirlenir ve hesaplarda sabitmiş gibi kullanılır.

Ayrıca bir malzemenin normal olarak izotropik yani her doğrultuda uniform özelliklere sahip olduğu düşünülerek gözüm yapılır.

ISIL YAYINIM

Isı transferinden sık sık karşılaşılan ρC_p grubunu malzemenin ısı kapasitesi olarak adlandırılır.

Hem özgül ısı C_p ve hem de ısı kapasite ρC_p malzemenin ısı depolama kapasitesini gösterir.

$$C_p \rightarrow \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

C_p birim kütle başına

$$\rho \cdot C_p \rightarrow \frac{J}{m^3 \cdot ^\circ C}$$

ρC_p birim hacim başına ısı kapasitedir.

Zamana bağlı ısı iletim çözümlemesinde ortaya çıkan başka bir malzeme özelliği, bir malzeme içerisinde ısının ne kadar hızlı yayıldığını gösteren ısı yayılım katsayısıdır.' dir.

$$\alpha = \frac{\text{iletilen ısı}}{\text{Depolanan ısı}} = \frac{k}{\rho C_p} \quad (m^2/s)$$

* Isı iletkenlik k bir malzemenin ısıyı ne ölçüde ilettiğini, ısı kapasite ρC_p ise malzemenin birim hacminde ısıyı ne kadar depoladığını gösterir.

Bu nedenle bir malzemenin ısı yayılım katsayısı, malzeme içinde iletilen ısının malzemenin birim hacmi başına depoladığı ısıya oranı olarak görülebilir.

Yüksek ısı iletkenliğe veya düşük ısı kapasiteye sahip bir malzemenin ısı yayılımı yüksektir. Isı yayılım ne kadar yüksek olursa,

(15)

Tablo 1-4 Oda sıcaklığında bazı malzemelerin ısı yayılım katsayıları

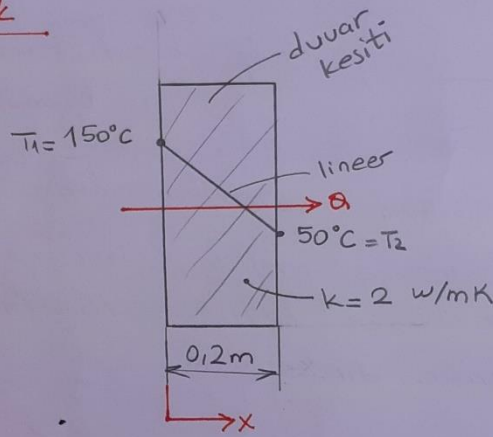
malzeme	α , m^2/s^2
Gümüş	149×10^{-6}
Altın	127×10^{-6}
Bakır	113×10^{-6}
Alüminyum	$97,5 \times 10^{-6}$
Demir	$22,8 \times 10^{-6}$
Giva	$4,7 \times 10^{-6}$
Buz	$1,2 \times 10^{-6}$
Beton	$0,75 \times 10^{-6}$
Tuğla	$0,52 \times 10^{-6}$
Cam	$0,36 \times 10^{-6}$
Cam yünü	$0,23 \times 10^{-6}$
Su	$0,14 \times 10^{-6}$
Sığır Eti	$0,14 \times 10^{-6}$
Ağaç (meşe)	$0,13 \times 10^{-6}$

Isının ortam içerisinde yayılması o kadar hızlı olur. Küçük ısı yayılım değeri, ısınin yoğunun malzeme tarafından soğurulduğu ve küçük bir miktarının da iletildiği anlamına gelir.

$$\alpha_{su} = 0,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\alpha_{gümüş} = 149 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Örnek



Duvar içindeki sıcaklık dağılımı lineer'dir. Birim yüzeyden birim zamanda geçen ısı miktarını bulunuz?
Isı akısı, $q = ?$

Fourier denklemini yazalım;

$$Q = -k A \frac{dT}{dx} \text{ (W)}$$

$$\text{Isı akısı} \quad \frac{Q}{A} = q = -k \frac{dT}{dx} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} = \frac{50 - 150}{0,2 \text{ m}} = - \frac{100}{0,2} = -500 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}}$$

$$q = -k \frac{dT}{dx} = -2 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \left(-500 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}} \right) = 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Sıcaklık farkıdır k ve $^\circ\text{C}$ birbirini götürür.

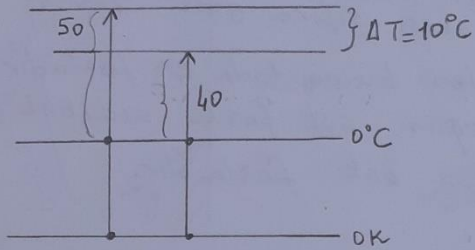
Isı akısı sıcaklığın azaldığı x doğrultusundadır.

(16)

1°C sıcaklık farkı = 1 Kelvin sıcaklık farkı

10°C sıcaklık farkı = 10 K sıcaklık farkı

olduğu için $^{\circ}\text{C}$ ve K birbirini götürür.



$$\Delta T = (273+50) - (273+40) = 10 \text{ K}$$

Sıcaklık dağılımı lineer'dir.

Doğru denklemi $T = ax + b$ 'dir.

Sınır şartlarını yazalım;

$$x = 0 \text{ 'da } T = 150^{\circ}\text{C}$$

$$x = 0,2 \text{ m } T = 50^{\circ}\text{C}$$

$$150^{\circ}\text{C} = a \cdot 0 + b \Rightarrow b = 150^{\circ}\text{C}$$

$$50^{\circ}\text{C} = a \cdot 0,2 + b$$

$$50^{\circ}\text{C} = 0,2a + 150 \Rightarrow a = -500^{\circ}\text{C}$$

Sıcaklık dağılımı;

$$T = ax + b \Rightarrow T = -500x + 150 (^{\circ}\text{C})$$

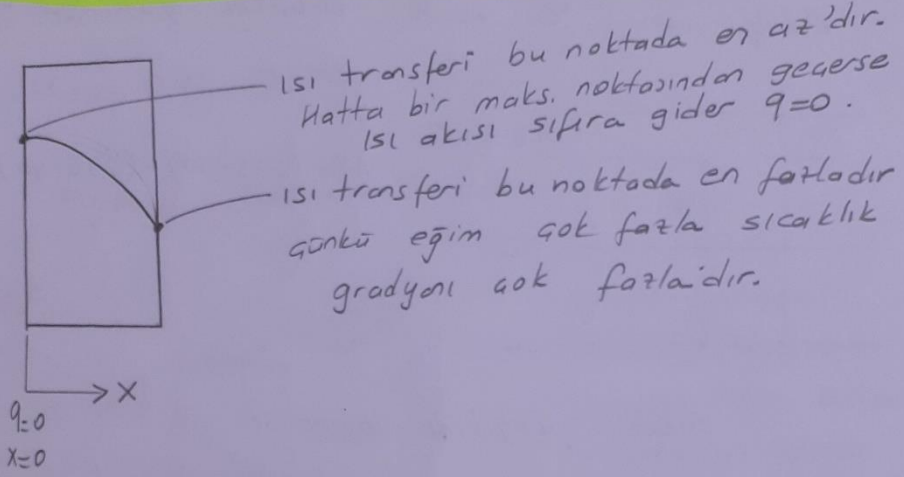
$$\frac{dT}{dx} = -500 \left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \right)$$

Sıcaklığın x 'e göre türevi alınırsa, yine sıcaklık gradyanı bulunur.

(17)

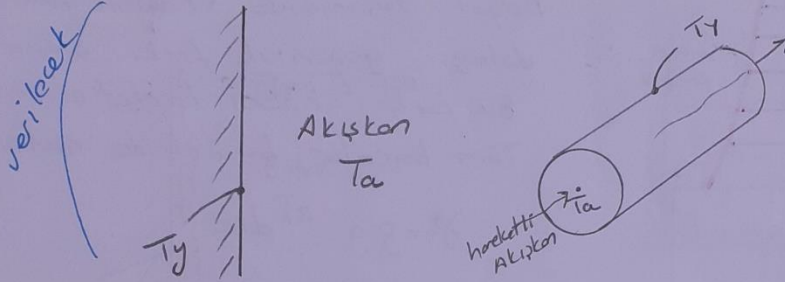
iletimin tek şartı iletilecek ortamın olması ve bu ortamın durgun olmasıdır.

önemli Sıcaklık dağılımı her zaman lineer olmayabilir.

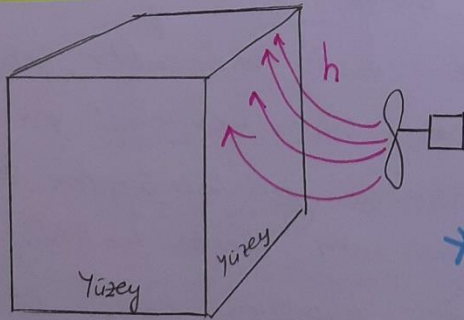


TAŞINIM (KONVEKSİYON)

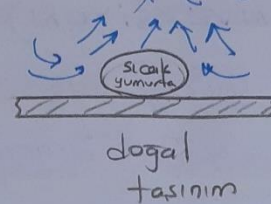
Taşınım bir katı yüzey ile ona bitişik, hareket halindeki sıvı veya gaz arasında enerji aktarımı türüdür.



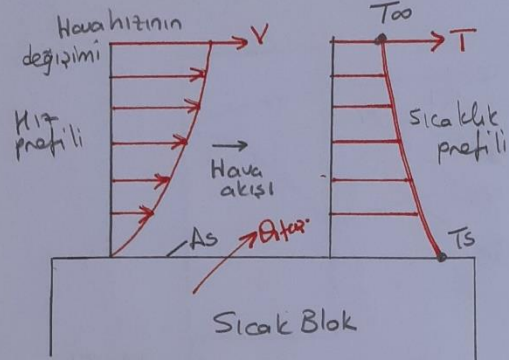
Akışkan hareketi ne kadar hızlı olursa, taşınım ısı aktarımı da o kadar büyük olur. Yığın akışkan hareketinin ortadan kalkması halinde, katı yüzeyle bitişigindeki akışkan arasındaki ısı transferi saf iletimle olur. Eğer akışkan yüzeyin üzerinden fan, pompa veya rüzgar vasıtasıyla atmaya zorlanıyorsa, taşınım **zorlanmış taşınım** denir. Aksiine eğer akışkan hareketi - akışkan içindeki sıcaklık değişiminin ortaya çıkardığı yoğunluk farklarının doğrudan kaldırma kuvveti sebebiyle oluyorsa taşınım **doğal taşınım (veya serbest taşınım)** denir.



Zorlanmış taşınımın taşınım katsayısı daha fazla olur. Çünkü daha fazla iletken yüzey ile temas eder. Hız artarsa taşınım katsayısı da artar.



* Sıvı daha fazla ısıyı taşır çünkü birim hacimde daha fazla molekül vardır. Gaz'lerde taşınım miktarı daha az olur.



Doğal taşınımında sıcaklık farkından dolayı yoğunluk farkı olur. Bu fark akışkanı hareket ettirir. Tüm bacalar bu şekilde çalışır.

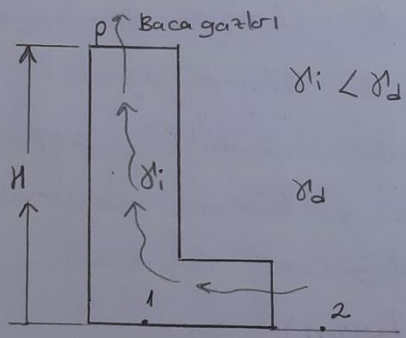
$$\gamma = \rho g \text{ 'dir.}$$

$$P V = R T$$

$$\rho = \frac{P}{R T \uparrow}$$

$$\Leftarrow \frac{P}{\rho} = R \cdot T$$

sıcaklık yükseldiğinde yoğunluk düşecektir.



Baca yüksekliği artınca \gamma_i artıp fazla olur.

$$P_i = P + \gamma_i \cdot H$$

$$P_d = P + \gamma_d \cdot H$$

$$P_i - P_d = H (\gamma_d - \gamma_i)$$

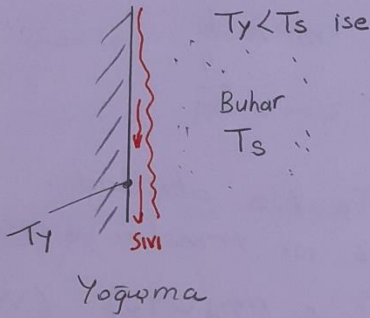
Mekanik denge

H arttıkça \Delta P artacak emisyon artacaktır. Ama baca yüksekliği artınca baca ucundaki gazlarda soğuma başlar. \rho artmaya başladığından emisyon zorlanır bunun önlenmesi için baca yalıtılır.

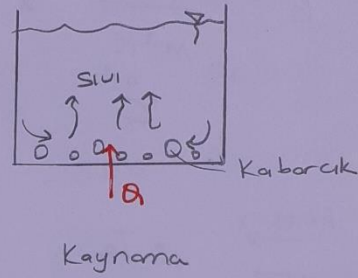
Bu nedenle kaloriferler aşağıya konur ki sıcak hava yükselsin. Soğutucularda yukarı konmalıdır ki soğuyan hava aşağıya insin. Yatay buzdolapları.

(20)

Bir akışkanın faz değişimi içeren ısı transfer işlemleri - kaynama sırasında kabarcıkların yükselmesi veya yoğunlaşma sırasında sıvı damlacıklarının yağması gibi - işlem esnasında oluşan akışkan hareketleri sebebiyle, aynı zamanda taşınım olarak değerlendirilir.



$T_y < T_s$ ise buhar yüzeyde sıvılaşır ve akar. Bu durum buharlaşmalı ısı transferidir. Taşınım konusuna aittir.



Kaynayan suda taşınım katsayısı daha düşüktür çünkü kabarcıklar büyük iken tabanda sıvıyı yavaşça iter ve kopar yerini sıvı doldurur.

Taşınım ısı transfer hızı sıcaklık farkıyla orantılıdır; Newton'un soğuma kanunu;

$$Q_{\text{taşınım}} = h A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (W)$$

$h \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) \rightarrow$ taşınım ısı transfer katsayısıdır.

$A_s \rightarrow$ taşınımın olduğu yüzey alanı (m^2)

$T_s \rightarrow$ yüzey sıcaklığı

$T_{\infty} \rightarrow$ yüzeyden yeteri kadar uzaklıktaki akışkan sıcaklığıdır.

Sıcaklıkta
sıvıya
kayma

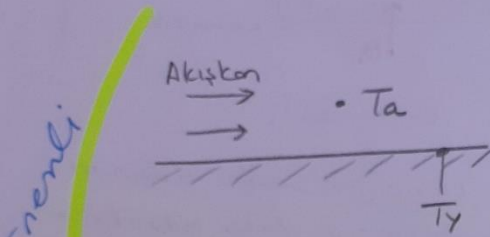
Dikkat edilirse yüzeyde akışkan sıcaklığı katının yüzey sıcaklığına eşittir.

(21)

* Taınım katsayısı h akışkanın bir özelliği değildir. Bu katsayı deneysel olarak bulunur ve değeri yüzey geometrisine, akışkan hareketinin tabiatına, akışkanın özellikleri ve akışkanın yığın hızına bağlı bir parametredir.

$$h \quad \frac{W}{m^2 K} \quad , \quad \frac{J}{s m^2 K} \quad , \quad \frac{kcal}{m^2 h K} \quad (\text{birimleridir})$$

$^{\circ}C$ $^{\circ}C$ $^{\circ}C$



$T_a > T_y$ ise akışkandan yüzeye ısı transferi gerçekleşir.

$$Q = h \cdot A (T_a - T_y) \quad (W)$$

$T_y > T_a$ ise yüzeyden akışkana ısı transferi olur.

$$Q = h \cdot A (T_y - T_a) \quad (W)$$

<u>Taınım Setli</u>	<u>$h (W/m^2 K)$</u>
Yoğuşan su buharı	5000 - 100.000
Kaynayan su	2500 - 25.000
Zorlanalı taınım (su)	250 - 15.000 (hızın fonk.'dur)
Zorlanalı taınım (hava)	25 - 500 (akışkan cinsinin fonk.'dur)
Doğal taınım (hava)	5 - 50

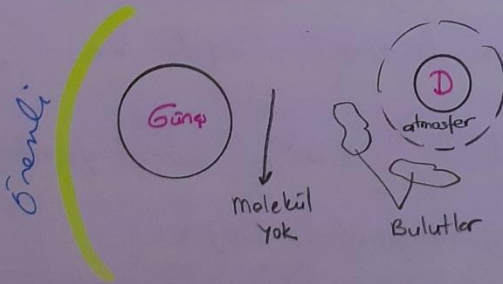
Hem iletimde hem de taınımında madde vardır ve ısı transfer hızı sıcaklık farkı ile orantılıdır.

Tablo 1-5 4. Çengel verilecek
Taşınım ısı transfer katsayısının tipik değerleri

Taşınım türü	$h, (W/m^2 \cdot ^\circ C)$
Gazların doğal taşınımı	2 - 25
Sıvıların doğal taşınımı	10 - 1000
Gazların zorlanmış taşınımı	25 - 250
Sıvıların zorlanmış taşınımı	50 - 20.000
Kaynama ve yoğunlaşma	2500 - 100.000

İŞINIM (RADYASYON)

İşınım, atom ve moleküllerin elektronik düzenlerindeki değişimlerin sonucunda maddeden elektromanyetik dalgalar (veya fotonlar) şeklinde yayılan enerjidir. İletim ve taşınımından farklı olarak ısı iletimle ısı transferi bir aracı ortam gerektirmez. Gerçekten ısı iletimle ısı transferi en hızlı (ışık hızında) olanıdır ve boşlukta yayımlanır. Güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşma şekli budur.



Güneş ve dünya arasında iletim ve taşınım ile bir ısı transferi olmaz.

İşınım ile ısı transferi olması için bir maddeye gerek yoktur. Güneş zaman zaman

maddelerin olması ısı transferini azaltır. Bulutlar ısı iletim miktarını azaltır. İşınım ile olan ısı transferinin miktarı azalır.

Eğer bir cismin sıcaklığı 0 K 'den büyükse cisim elektromanyetik dalga şeklinde enerji yayar.

Işınım ile ısı transferinde, ısı transfer hızı mutlak sıcaklığın 4. kati ile orantılıdır.

mutlak sıfırın üstündeki sıcaklıklarda bütün cisimler ısı ışınım yayarlar.

Işınım hacımsel bir olaydır; bütün katılar, sıvılar ve gazlar, ışınmı değişen seviyelerde yayar, soğurur veya geçirirler

T_s (K veya R olarak) termodinamik sıcaklığına sahip bir yüzeyden yayılabilecek maksimum ışınmı hızı Stefan - Boltzman kanunu ile;

$$Q_{\text{yayılan, maks.}} = \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W}) \quad \text{olarak verilmektedir.}$$

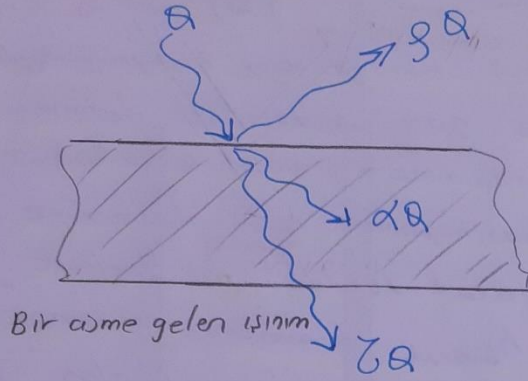
$$\sigma = 5,670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \rightarrow \text{Stefan Boltzman sabitidir.}$$

Bu maksimum hızla ışınmı yayan ideal yüzeye, karacısım denir ve karacısım yaydığı ışınmı karacısım ışınmı olarak adlandırılır. Bütün gerçek yüzeylerden yayılan ışınmı, aynı sıcaklıktaki karacısım tarafından yayılan ışınmıdan azdır ve

$$Q_{\text{yayılan}} = \epsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W}) \quad \text{olarak yazılır.}$$

Burada ϵ yüzeyin yayıcılığıdır. Değeri

$0 \leq \epsilon \leq 1$ aralığında değişen yayıcılık özelliği, bir yüzeyin yayıcılığı $\epsilon=1$ olan karacısma ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsüdür. Sıcaklığa ve ışınmın dalga boyuna bağlıdır.



$Q \rightarrow$ gelen ısıtım enerjisi

$gQ \rightarrow$ yansıyan ısıtım enerjisi

$\alpha Q \rightarrow$ yutulan ısıtım enerjisi

$\tau Q \rightarrow$ geçen ısıtım enerjisi

Burada g ısıtım yansıtma, α ısıtımı yutma ve τ ısıtım geçirme oranlarıdır.

Enerji dengesinden ;

$$Q = gQ + \alpha Q + \tau Q$$

$$g + \alpha + \tau = 1$$

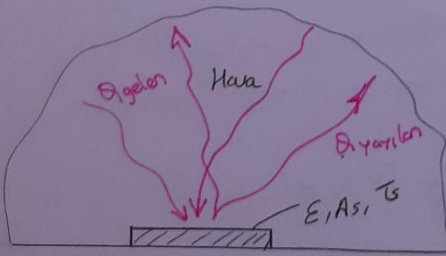
Katılarda ve sıvılarda geçen ısıtım enerjisi ihmal edilebilir. Bu durumda;

$$\tau = 0 \rightarrow g + \alpha = 1 \text{ olur.}$$

Gazlarda yansıtma ihmal edildiğinden;

$$g = 0 \rightarrow \alpha + \tau = 1 \text{ 'dir.}$$

$$Q_{\text{yayılan}} = \epsilon \nabla A_s T_s^4 \text{ (W)}$$



Yayılcılığı ϵ , yüzey alanı A_s ve termodinamik sıcaklığı T_s olan bir yüzey T_{aer} termodinamik sıcaklığında çok geniş bir yüzeyle tamamen çevrelenmiş ve aralarında ısıtım ile etkileşmeyen

hava gibi bir gaz olduğu zaman bu iki yüzey arasında net ısıtım ısı transferi HAI;

(25)

$$Q_{ışınım} = \epsilon \nabla A_s (T_s^4 - T_{çevre}^4) \quad (xx)$$

Hava gibi bir gazla çevrili bir yüzeye (veya yüzeyden) ısı transferi yüzeye gaz arasındaki iletme-veya yığın hareket varsa taşınım - paralel olarak gerçekleşir. Bu durumda basitleştirme için taşınım ve ısı transfer etkilerini kapsayacak şekilde bir birleşik ısı transfer katsayısı $h_{birleşik}$ tanımlanır. O zaman bir yüzeyden veya yüzeye taşınım ve ısı iletimle olan toplam ısı transfer hızı

$$Q_{toplam} = h_{birleşik} \cdot A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (w) \text{ olur.}$$

Toplam ısı transfer katsayısı aslında ısı iletim etkilerinin kapsayan bir taşınım ısı transfer katsayısıdır.

- ısı iletim genellikle iletme veya doğal taşınımın yanında önemlidir fakat zorlanmış taşınımın yanında ihmal edilebilir. • Zorlanmış taşınım uygulamalarında ısı iletim, özellikle söz konusu yüzeylerin yayıcılıkları düşük ve orta sıcaklıklarda ısıler genellikle dikkate alınmaz.

İletim ve taşınım maddesel ortamın varlığına ihtiyaç duydukları için, vakum içinden ısı transferi yalnızca ısı iletimle olur.