

ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

DOĞAL TAŞINIMLA ISI TRANSFERİ DENEY FÖYÜ

Taşınım İle Isı Transferi

Gaz veya sıvı haldeki akışkanlar katı bir cismin yüzeyinde akarken, akışkan ile katı cismin yüzeyinin sıcaklıklarının farklı olmasından dolayı meydana gelen enerji alışverişine Taşınım İle Isı Transferi ya da Isı Taşınımı denir. Isı taşınımı **Newton'un Soğuma Kanunu** ile ifade edilir.

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

$\dot{Q}$: Taşınım ile transfer edilen ısı miktarı (W)

h : Isı taşınım katsayısı (W/m²°C)

A : Isının transfer edildiği alan (m²)

T_s : Yüzey sıcaklığı (°C)

T_{∞} : Akışkan sıcaklığı (°C)

Isı taşınımı olayı, akışkanın hareket şekline göre doğal ve zorlanmış taşınım olarak iki grupta incelenmektedir. **Akışkanın hareketi dışarıdan bir enerji verilmesiyle (hava akımının vantilatör, su akışının pompa vb. vasıtasıyla) sağlanıyorsa ısı taşınımı, zorlanmış ısı taşınımı** adını alır. Eğer akışkanın hareketi (bir ısıtıcıyla temas eden havanın yükselmesi vb.) **sıcaklık farkı neticesinde değişen yoğunluk vasıtasıyla meydana geliyorsa taşınım, doğal taşınım** adını alır. Doğal taşınımındaki ısı taşınım katsayısı, zorlanmış taşınımındaki ısı taşınım katsayısına göre daha küçüktür.

Doğal Taşınım

Doğal taşınımda akışkan hareketi akışkan içerisindeki sıcaklık değişiminden dolayı ortaya çıkan **yoğunluk farkından kaynaklanan kaldırma kuvveti etkisinde oluşur**. Bir yüzey ile akışkan arasındaki doğal taşınım ile ısı transferinin büyüklüğü, doğrudan akışkanın hızı ile ilgilidir. Akış hızı ne kadar fazla ise ısı transferi de o kadar fazladır. Doğal taşınım da fan kullanılmadığı ve akışın sıcaklık değişiminden kaynaklanan yoğunluk değişimine bağlı olmasından dolayı akış hızı dışarıdan kontrol edilemez. Bu durumda **akış hızı, kaldırma kuvvetleri ve sürtünmenin dinamik dengesiyle** belirlenir. **Bu denge ise Grashof sayısı ile ifade edilir.**

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_{\infty})L^3}{\nu^2}$$

Burada g yer çekimi ivmesini (m/s²), β akışkanın hacimsel genleşme katsayısını (1/K), $(T_s - T_{\infty})$ yüzey ile akışkan arasındaki sıcaklık farkını (°C), L ise akışkanın yüzeyi yalayıp geçtiği uzunluğunu (m) temsil etmektedir. **Zorlanmış taşınım**da Reynolds sayısının oynadığı rolü, **doğal taşınım**da Grashof sayısı üstlenmektedir. Grashof sayısı **doğal taşınım**da akışın laminar ya da türbülanslı oluşunu belirleyen asıl ölçüttür. Örnek olarak düşey konumlandırılmış düzlem levha üzerinden akışta laminardan türbülansa geçiş için **kritik Grashof sayısı değeri yaklaşık olarak $Gr_{kr}=10^9$** dur.

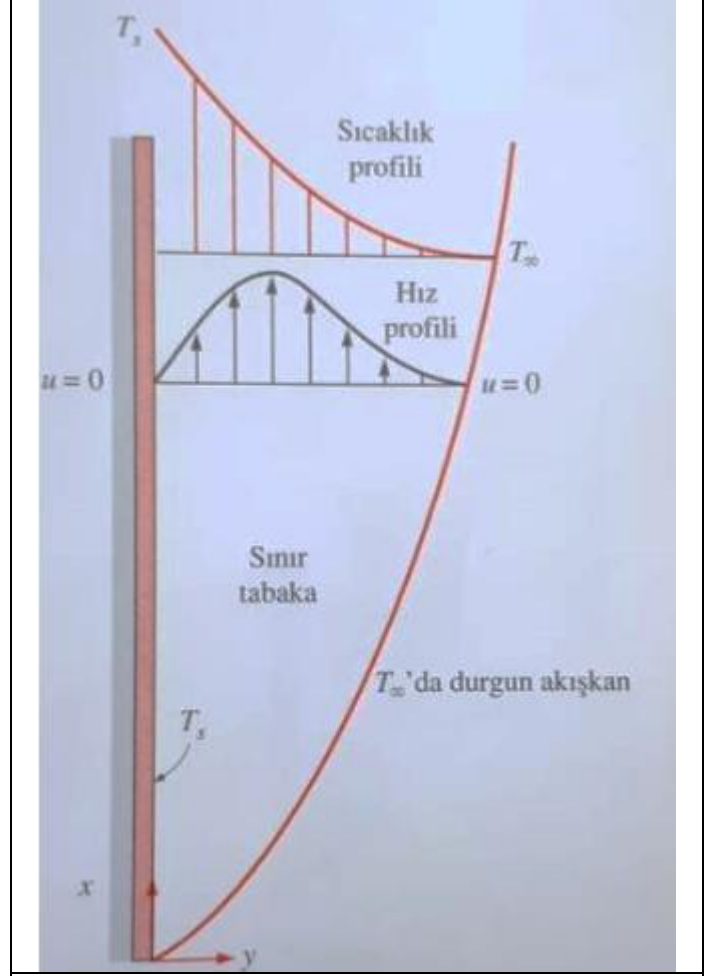
DENEYİN AMACI

Doğal taşınımın etkili olduğu birçok uygulama vardır. Doğal taşınım çeşitli elektronik cihazlardan olan ısı geçişini etkilediği kadar, borulardan ve dağıtım hatlarından olan ısı transferi geçişini de etkiler. Elektrikli ısıtıcılardan veya radyatörlerden oda havasına aktarılan ısı veya bir soğutma ünitesinin yoğunlaştırıcı serpantininden çevreye verilen ısı hep doğal taşınımın etkisiyle olur.

Şekil 1'de levhanın yüzey sıcaklığı akışkanın sıcaklığından daha yüksektir ($T_s > T_\infty$), bunun sonucunda levhaya yakın olan akışkanın yoğunluğu uzakta olana göre daha azdır. Böylece kaldırma kuvvetleri bir doğal taşınım sınır tabakası oluşturur ve akışkan yukarı doğru yükselirken onun yerine de durgun bölgedeki akışkan sınır tabaka içine girer.

Taşınımın ısı transferinde bilinmesi gereken en önemli parametre ısı taşınım katsayısıdır. Bu deney kapsamı içerisinde de temel amaç ısı taşınım katsayısını belirlemek olacaktır.

İkincil olarak, doğal taşınımın nasıl gerçekleştiği, ısınan havanın yukarıya doğru nasıl bir grafik çizerek hareket ettiği incelenip, nasıl bir sınır tabaka oluşturacağı gözlemlenecektir.

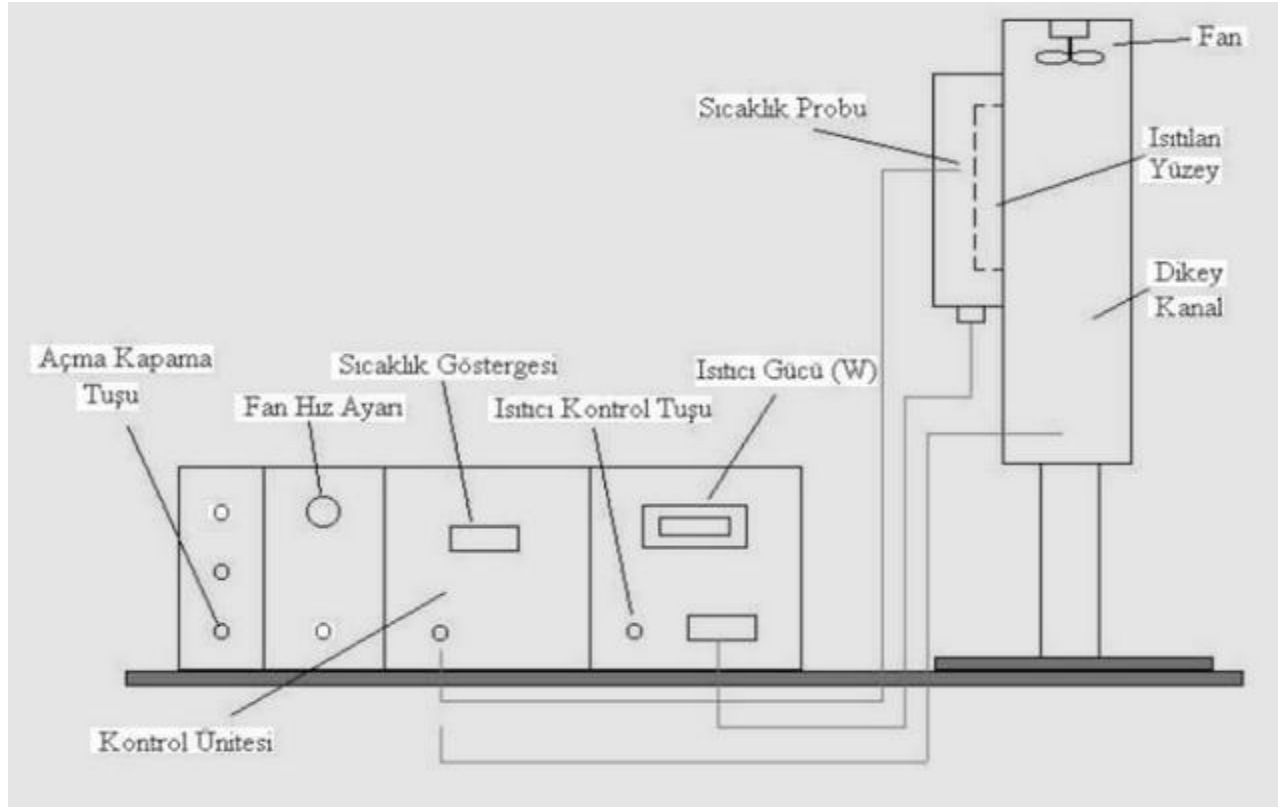


Şekil 1. Düşey bir levha üzerindeki doğal taşınımın ısı transferinde hız ve ısı sınır tabaka yapıları

DENEYİN YAPILIŞI

Doğal ve zorlanmış taşınım deney düzeneği, dikdörtgen kesitli dikey bir kanal, bu kanal içerisine yerleştirilen şekilleri çeşitli ısıtılan yüzeyler, güç kontrolü, sıcaklık ölçümleri, fan ve hız kontrolünü sağlayan bir kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Kanal içerisine yerleştirilen yüzeyler ısıtılarak kanal içindeki hava ile yüzey arasında taşınımın ısı transferinin meydana gelmesi sağlanır. Bu taşınım yoğunluk değişiminden kaynaklanıyorsa doğal taşınımdır. Zorlanmış taşınım deneyinde kullanılmak üzere kanalın üst kısmına bir fan yerleştirilmiştir. Bu fan tarafından oluşturulan havanın hızı ve sıcaklığı bir termal anemometre ile ölçülmektedir.

- Düzlemsel ısıtıcı kanal içindeki bölmesine yerleştirilir.
- Isıtıcı gücü istenilen değere ayarlanır.
- Ortam sıcaklığı (T_∞) ölçülür.
- Sistemin sürekli rejim haline ulaşması beklenir.
- Sırasıyla 1, 2 ve 3 numaralı noktalardaki sıcaklıklar T_1 , T_2 ve T_3 ardından T_4 , T_5 ve T_6 ölçülür ve Tablo 1. de yerine yazılır.



Şekil2. Deney cihazının şematik resmi

ÖLÇÜLECEK DEĞERLER ve HESAPLAMALAR:

Ölçüm değerlerini kaydettikten sonra **Doğal Taşınım Isı Transfer Hızının ($\dot{Q}$)** hesaplanabilmesi için **Isı Taşınım Katsayısının (h)** bilinmesi gereklidir. Birçok etkene bağlı değişen h katsayısı, **Nusselt Sayısı (Nu)** kullanılarak $Nu = \frac{hL}{k}$ eşitliğinden bulunur. Nu , bir akışkan sınır tabakasındaki toplam ısı transferinin (taşınım + iletim), aynı koşullarda yalnızca iletimle olan ısı transferine oranıdır. Nu , boyutsuz bir sayı olup, taşınım ile ısı transferinin şiddetini gösterir. Nu 'nun değeri arttıkça taşınım ile ısı transferi daha baskın hale gelir. Nu sayısını bulabilmek için ortam şartlarına bağlı değişen ve ampirik yollarda elde edilen en uygun **Nu Denklemi** seçilir. **Dikey konumdaki düzlemsel bir yüzeyden doğal taşınım ile ısı transferi hesaplamaları için kullanılabilecek iki farklı Nu Denklemi** Tablo 3'te verilmiştir [Yunus Çengel, 2010]. Literatürlerde ve ısı transferi kitaplarında doğru ve hassas sonuçlar veren benzer Nu denklemleri mevcuttur. Bu denklemlerin çözülebilmesi için ısı transferi yüzeyinin boyutları ve alanı (A); **Ortalama Film Sıcaklığındaki (T_f) Hacimsel Genleşme Katsayısı (β)** ve akışkana ait fiziksel özellikler (bu özellikler ilgili tablolar okunarak - Örn. hava için Tablo A15- belirlenir); ayrıca **Grashof (Gr)** ve **Rayleigh (Ra)** boyutsuz sayılarının bilinmesi gereklidir. Hesaplanan iki Nu sayısı kullanılarak birbirinden farklı **h taşınım katsayıları**, ardından da **Newton'un Soğuma Kanunu ile ısı transfer hızları ($\dot{Q}$)** bulunur. Tüm bu işlemlerden sonra elde edilen $\dot{Q}$ değerleri ve bu değerlere etki eden parametreler yorumlanır.

ISI TRANSFERİ LABORATUVARI
DOĞAL TAŞINIMLA ISI TRANSFERİ DENEY FÖYÜ
DENEY İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

Hesaplamaya geçmeden önce deney föyünde yer alan konu anlatımı/açıklama bölümlerini okuyunuz.

1. Adım: Sıcaklık Değerlerinin Ölçülmesi ve Isı Transferi Yüzey Alanının Hesaplanması:

Tablo 1. Deney sonucunda cihazdan okunan sıcaklık değerleri

T_s (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	T_∞ (°C)

T_s : Düzlemsel plakanın yüzey sıcaklığı
 T_∞ : Ortam sıcaklığı
 T_1, T_2, T_3 Plakanın L/2 orta noktasından ve yüzeye daha yakın noktalardan ölçülen sıcaklıklar
 T_4, T_5, T_6 Plakanın L en üst noktasından ve yüzeyden daha uzaktaki noktalardan ölçülen sıcaklıklar

Levhanın Boyutları: $L=10\text{ cm}$, $b=10\text{ cm}$

Isı Transferi Yüzey Alanı (A) = Levha alanı (Lxb) = (m^2)

2. Adım: Akışkan Özelliklerinin Belirlenmesi:

Tablo 2. Ortalama film sıcaklığı (T_f) değerine göre tablolardan okunacak akışkanın (hava) fiziksel özellikleri:

Ortalama film sıcaklığı $T_f=(T_s+T_\infty)/2$ (°C)	Isı iletim katsayısı k (W/m K)	Kinematik viskozite ν (m^2/s)	Prandtl sayısı Pr

3. Adım: β , Gr ve Ra_L Sayılarının Hesaplanması:

1) Hacimsel Genleşme Katsayısı (β): $\beta = \frac{1}{T_f+273}$ $\rightarrow \beta = \dots\dots\dots \left(\frac{1}{K}\right)$

2) Grashof Sayısı (Gr): (g : yerçekimi ivmesi, 9.81 m/s^2)

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} \rightarrow Gr = \dots\dots\dots$$

3) Rayleigh Sayısı (Ra_L):

$$Ra_L = Gr \times Pr \rightarrow Ra_L = \dots\dots\dots$$

4. Adım: Nusselt (Nu) Sayılarının Hesaplanması:

Tablo 3: Dikey konumdaki düzlemsel bir yüzeyden doğal taşınım ile ısı transferi hesaplamaları için kullanılacak Nu Denklemleri

Denklem No	Nu Denklemleri	RaL Aralığında Geçerli
1	(a) $Nu = 0.59 Ra_L^{1/4}$ (b) $Nu = 0.1 Ra_L^{1/3}$	10^4-10^9 $10^{10}-10^{13}$
2	$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$	Tüm aralıklarda geçerli

1. Nusselt Değerini hesaplamak için 1. Nolu denklemin (a) ve (b) seçeneklerinden uygun olanı seçiniz;

$$Nu_1 = \dots\dots\dots$$

2. Nusselt Değerini hesaplamak için 2. Nolu denklemi kullanınız;

$$Nu_2 = \dots\dots\dots$$

* Nu_1 ve Nu_2 değerleri birbirine yakın çıkmalıdır.

5. Adım: Nu_1 ve Nu_2 Sayıları için Taşınım Isı Transfer Katsayılarının (h) (W/m^2K) Hesabı:

$$h_1 = \frac{Nu_1 k}{L} = \dots\dots\dots \left(\frac{W}{m^2K} \right)$$

$$h_2 = \frac{Nu_2 k}{L} = \dots\dots\dots \left(\frac{W}{m^2K} \right)$$

6. Adım: Isı Transferi Hesabı

İki farklı h değerine göre düz dikey bir levhadan doğal taşınım ile meydana gelen Isı Transfer Hızını $\dot{Q}$ (W) hesaplayınız.

$$\text{Newton'un Soğuma Kanunu (Taşınım ile Isı Transferi Hesabı)} \rightarrow \dot{Q} = hA(T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_1 = h_1 A(T_s - T_\infty) \rightarrow \dot{Q}_1 = \dots\dots\dots (W)$$

$$\dot{Q}_2 = h_2 A(T_s - T_\infty) \rightarrow \dot{Q}_2 = \dots\dots\dots (W)$$