

**DENEY NO : 10**

**DENEY ADI : İLETİM İLE LİNEER VE RADYAL ISI AKTARIMI**

**DENEYİN AMACI**

**Lineer Isı Aktarımı**

Düzgün duvar boyunca kararlı hal ısı iletimi ve ısı akışındaki değişimin etkisini belirlemek için sıcaklık dağılımını ölçmektir. Tek boyutta kararlı ısı akışı için katı madde boyunca ısı akış hızının belirlenmesinde Fourier hız eşitliğinin kullanımının anlaşılmasıdır. Farklı maddelerin seri olarak birleştirilmesi ile ısı akışının tüm ısı aktarım katsayısının belirlenmesi ve kompozit duvar boyunca kararlı hal iletimindeki sıcaklık dağılımının incelenmesidir. Metal iletkenin ısı iletkenliğinin belirlenmesidir. Katı maddedeki ısı akışı ile meydana gelen sıcaklık gradientinin kesit alanla ters orantılı olduğunun belirlenmesidir. Yalıtkan maddenin ısı iletkenliğini belirlenmesidir.

**Radial Isı Aktarımı**

Silindirin duvarı boyunca kararlı hal ısı iletimi ve ısı akışındaki değişimin etkisini belirlemek için sıcaklık dağılımını ölçmektir. Silindirik duvar boyunca kararlı ısı akışı için ısı akış hızının belirlenmesinde Fourier hız eşitliğinin kullanımının anlaşılması ve disk maddesinin ısı iletkenliğinin belirlenmesidir. Isı akışında kararsız halde ısı iletimin nasıl gerçekleştiğini incelemektir.

**KURAMSAL TEMELLER**

Termodinamikte ısı, sıcaklık farkından kaynaklanan enerji akışı olarak tanımlanmaktadır. Isı aktarımı üç şekilde gerçekleşmektedir:

- 1. İletim:* Enerjisi ve hareketi daha fazla olan moleküller daha düşük enerji seviyesine sahip birbirine komşu moleküllere enerjilerini verirler. Bütün katılarda, sıvılarda ve gazlarda iletim ile ısı aktarımı bu şekilde gerçekleşmektedir. Metalik katılarda, enerji ya da ısı aktarımı “serbest elektronlarla” gerçekleşmektedir. İletime; duvar boyunca ısı aktarımı, kış süresince yerdeki donma olayları örnek olarak verilebilmektedir.

2. *Taşınım*: Taşınım ile ısı aktarımı yığın hareketi ile akışkanın sıcak-soğuk kısımların makroskopik karışımları ile gerçekleşmektedir. Taşınım ile ısı aktarımı katı yüzey ile akışkan arasında gerçekleşmektedir.

3. *Radyasyonla Isı Aktarımı*: Işığın aktarımındaki elektromanyetik dalgalar gibi elektromanyetik dalgalar boyunca ısı aktarımının gerçekleşmesidir. Katılar ve sıvılar radyasyonu adsorplama özelliğine sahiptirler. Bu yüzden radyasyonla ısı aktarımı gazlar ve boşluk için önemlidir. Dünyanın güneş ışınları ile ısıtılmasına radyasyona örnek olarak verebiliriz.

Bir katı cisim içinde sıcaklık farkları varsa yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine elektronların hareketiyle taşınan ısı geçiş şekline ısı iletimi denir. Buna göre metaller iyi elektrik iletkenlerinden aynı zamanda ısıyı da iyi iletirler.

Isı iletimi yasası deneysel gözlemlere dayanan bir yasa olup Fourier ısı iletim yasası olarak adlandırılır. Fourier yasasına göre herhangi bir yönde (örneğin x yönünde) geçen ısı enerjisi miktarı, x yönündeki sıcaklık değişim hızı  $dT/dx$ , ısı geçiş yönüne dik alan  $A$  olmak üzere;

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad (1)$$

olarak ifade edilir. Burada;  $Q_x$ , pozitif x yönünde ve bu x yönüne dik  $A$  alanı üzerinden geçen ısı enerjisi miktarıdır.

Orantı sabiti  $k$ , ısı iletkenlik katsayısı olarak adlandırılır ve maddenin bir özelliğidir. x yönündeki sıcaklık değişimi;

$$\frac{dT}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

şeklinde tanımlanır. Isı geçişinde sıcaklık pozitif x yönünde azalıyorsa  $dT/dx$  negatif olur ve (1) bağıntısındaki (-) işareti nedeniyle  $Q_x$  pozitif olarak belirlenir.

## DENEY DÜZENEĞİ ve YÖNTEMİ



Şekil 1. Lineer Isı Aktarımı Deney Düzenegi



Şekil 2. Radyal Isı Aktarımı Deney Düzenegi

### Lineer Isı Aktarımı:

Deney sistemindeki ısı çift bağlantılarını konsola bağlayınız. Yapacağınız deneye göre varsa deney sistemine ara kesit elemanını yerleştiriniz. Sisteme su bağlantısını kurunuz. Suyu açınız ve akış hızını 1.5 litre/dakika'ya ayarlayınız. Bilgisayarı açınız ve programlardan yapacağınız deneyin dosyasını yükleyiniz. Kontrol ünitesini açınız.

#### *Deney A*

- Ara kesit elemanı bulunmamaktadır.
- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 9 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 12, 17 ve 21 V için tekrarlayınız.

#### *Deney B*

- Sisteme pirinçten yapılmış ara kesit elemanını yerleştiriniz ve ara kesitteki T4 ve T5 ısı çift bağlantılarını konsola bağlayınız.
- Isıtıcıyı 12 V ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.

- Aynı işlemi 17V için tekrarlayınız.

#### *Deney C*

- Sisteme paslanmaz çelikten yapılmış ara kesit elemanını yerleştiriniz.
- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 9 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 12 V için tekrarlayınız.

#### *Deney D*

- Sisteme alüminyumdan yapılmış ara kesit elemanını yerleştiriniz.
- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 9 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 12 V için tekrarlayınız.

#### *Deney E*

- Sisteme kesit alanı küçük olan pirinçten yapılmış ara kesit elemanını yerleştiriniz.
- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 9 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 12 V için tekrarlayınız.

#### *Deney F*

- Sisteme yalıtkan malzeme olan (kağıt ve mantar) ara kesit elemanını yerleştiriniz.
- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 1.5 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T6, T7, T8, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 2 V için tekrarlayınız.

## **Radyal Isı Aktarımı:**

Deney sistemindeki ısı çift bağlantılarını konsola bağlayınız. Sisteme su bağlantısını kurunuz. Suyu açınız ve akış hızını 1.5 litre/dakika'ya ayarlayınız. Bilgisayarı açınız ve programlardan yapacağınız deneyin dosyasını yükleyiniz. Kontrol ünitesini açınız.

### **Deneyler sırasında ölçülecek sıcaklıklar:**

T1: 7 mm yarıçapındaki sıcaklık (iç kısım)

T2: 10 mm yarıçapındaki sıcaklık

T3: 20 mm yarıçapındaki sıcaklık

T4: 30 mm yarıçapındaki sıcaklık

T5: 40 mm yarıçapındaki sıcaklık

T6: 50 mm yarıçapındaki sıcaklık (dış kısım)

### *Deney A*

- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 12 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T4, T5, T6, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 17, 21 ve 24 V için tekrarlayınız.

### *Deney B*

- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 12 V'a ayarlayınız.
- Sıcaklıklar kararlı hale geldiğinde T1, T2, T3, T4, T5, T6, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 17, 21 ve 24 V için tekrarlayınız.

Bu deney sırasında;

Disk maddesinin kalınlığı(silindir uzunluğu)  $x=0.0032$  (m)

Isı Akışı  $Q = V * I$  (Watts)

Disk maddesinin ısı iletkenliği  $k_{pirinç} = \frac{Q \ln(R6 / R1)}{2\pi x(T1 - T6)}$  (W/m°C)

### *Deney C*

- A ve B deneyinin yapılışındaki sırayı takip ediniz.

- Bilgisayar üzerinden ısıtıcı voltajını 21 V'a ayarlayınız.
- Bir dakika aralıklarla T1, T2, T3, T4, T5, T6, V ve I değerlerini kaydediniz.
- Daha sonra aynı işlemi 12 V için tekrarlayınız.

## HESAPLAMALAR

### Deney A

Isı Akışı	$Q = V * I$	(Watts)
Sıcak bölgedeki sıcaklık farkı	$\Delta T_{hot} = T1 - T3$	(°C)
Soğuk bölgedeki sıcaklık farkı	$\Delta T_{cold} = T6 - T8$	(°C)

### Deney B

T1 ile T3 ısı çiftleri arasındaki uzaklık	$x_{13}=0.03$	(m)
T4 ile T5 ısı çiftleri arasındaki uzaklık	$x_{45}=0.015$	(m)
T6 ile T8 ısı çiftleri arasındaki uzaklık	$x_{68}=0.03$	(m)
Çubuğun çapı	$D=0.025$	(m)
Isı Akışı	$Q = V * I$	(Watts)
Çubuğun kesit alanı	$A = \frac{\pi D^2}{4}$	(m <sup>2</sup> )
Sıcak bölgedeki sıcaklık farkı	$\Delta T_{hot} = T1 - T3$	(°C)
Sıcak bölgedeki iletkenlik	$k_{hot} = \frac{x_{13}Q}{\Delta T_{hot} A_{hot}}$	(W/m°C)
Ara bölgedeki sıcaklık farkı	$\Delta T_{int} = T4 - T5$	(°C)
Ara bölgedeki iletkenlik	$k_{int} = \frac{x_{45}Q}{\Delta T_{int} A_{int}}$	(W/m°C)
Soğuk bölgedeki sıcaklık farkı	$\Delta T_{cold} = T6 - T8$	(°C)
Soğuk bölgedeki iletkenlik	$k_{cold} = \frac{x_{68}Q}{\Delta T_{cold} A_{cold}}$	(W/m°C)

### Deney C

Isı Akışı  $Q = V * I$  (Watts)

Çubuğun kesit alanı  $A = \frac{\pi D^2}{4}$  (m<sup>2</sup>)

Kompozit duvar boyunca sıcaklık farkı  $\Delta T_{18} = T1 - T8$  (°C)

B deneyi hesaplamaları kullanılarak paslanmaz çelik için sıcak, soğuk ve ara bölgeler için ısı iletkenlikleri hesaplayınız.

T1 ısı çifti ile sıcak taraf arasındaki uzaklık  $x_{hot}=0.0375$  (m)

Sıcak taraf ile soğuk taraf arasındaki uzaklık  $x_{int}=0.030$  (m)

T8 ısı çifti ile soğuk taraf arasındaki uzaklık  $x_{cold}=0.0375$  (m)

Isı akış direnci  $R = \frac{1}{U} = \frac{\Delta x_{hot}}{k_{hot}} + \frac{\Delta x_{int}}{k_{int}} + \frac{\Delta x_{cold}}{k_{cold}}$

Tüm ısı aktarım katsayısı  $U = \frac{Q}{A \Delta T_{18}}$

### Deney D

Isı Akışı  $Q = V * I$  (Watts)

Çubuğun kesit alanı  $A = \frac{\pi D^2}{4}$  (m<sup>2</sup>)

Sıcak yüzdeki sıcaklık  $T_{hotface} = T3 - \frac{(T2 - T3)}{2}$  (°C)

Soğuk yüzdeki sıcaklık  $T_{coldface} = T6 + \frac{(T6 - T7)}{2}$  (°C)

Soğuk ve sıcak taraftaki sıcaklık farkı  $\Delta T_{int} = T_{hotface} - T_{coldface}$  (°C)

Isıl iletkenlik  $k_{int} = \frac{Q \Delta x_{int}}{\Delta T_{int} A_{int}}$  (W/m°C)

### Deney E

T1 ile T3 ısı çiftleri arasındaki uzaklık  $x_{hot}=0.030$  (m)

Sıcak taraf ile soğuk taraf arasındaki uzaklık  $x_{int}=0.030$  (m)

T6 ile T8 ısı çiftleri arasındaki uzaklık  $x_{cold}=0.030$  (m)

Her ısı çifti arasındaki uzaklık : 0.015 m

T3 ya da T6 ve son yüz arasındaki uzaklık : 0.0075 m

Isı Akışı  $Q = V * I$  (Watts)

Sıcak bölgedeki sıcaklık farkı  $\Delta T_{hot} = T1 - T3$  (°C)

Sıcak bölgedeki sıcaklık gradienti  $Grad_{hot} = \frac{\Delta T_{hot}}{\Delta x_{hot}}$  (°C)

Sıcak yüzdeki sıcaklık  $T_{hotface} = T3 - \frac{(T2 - T3)}{2}$  (°C)

Soğuk yüzdeki sıcaklık  $T_{coldface} = T6 + \frac{(T6 - T7)}{2}$  (°C)

Reduced bölgedeki sıcaklık farkı  $\Delta T_{red} = T_{hotface} - T_{coldface}$  (°C)

Reduced bölgedeki sıcaklık gradienti  $Grad_{red} = \frac{\Delta T_{red}}{\Delta x_{red}}$  (°C)

Çubuğun kesit alanı(ısıtılmış)  $A = \frac{\pi D_{hot}^2}{4}$  (m<sup>2</sup>)

Sıcaklık gradienti oranı  $= \frac{Grad_{red}}{Grad_{hot}}$

Kesit alanı oranı  $= \frac{A_{red}}{A_{hot}}$

### Deney F

Her ısı çift arasındaki uzaklık: 0.015 m

T3 ya da T6 ve son yüz arasındaki uzaklık : 0.0075 m

Kağıt ara malzemesinin kalınlığı: 0.1 mm

Mantar ara malzemesinin kalınlığı: 0.7 mm

Yalıtkan malzemelerinin çapı: 0.025 m

Isı Akışı  $Q = V * I$  (Watts)

Çubuğun kesit alanı  $A = \frac{\pi D_{ins}^2}{4}$  (m<sup>2</sup>)

Yalıtkanın sıcak yüzündeki sıcaklık  $T_{hotface} = T3 - \frac{(T2 - T3)}{2}$  (°C)

Yalıtkanın soğuk yüzündeki sıcaklık  $T_{coldface} = T6 + \frac{(T6 - T7)}{2}$  (°C)

Yalıtkan boyunca sıcaklık farkı

$$\Delta T_{ins} = T_{hotface} - T_{coldface} \quad (^\circ\text{C})$$

Yalıtkan malzemenin ısı iletkenliği

$$k_{ins} = \frac{Q\Delta x_{ins}}{\Delta T_{ins} A_{ins}} \quad (\text{W/m}^\circ\text{C})$$

## TARTIŞMA

- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- Aynı ısı akışında sıcak ve soğuk bölgedeki sıcaklık değişimlerini karşılaştırınız.
- Farklı ısı akışlarında soğuk ve sıcak bölgedeki sıcaklık değişimlerini karşılaştırınız.
- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğru çizin.
- Isı akışındaki artış ile doğrunun eğiminin nasıl değiştiğini inceleyiniz. Her doğrunun eğimini hesaplayınız ve Q/eğim sabit olduğunu gösteriniz.
- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- Aynı ısı akışında üç bölgedeki hesaplanan ısı iletkenlik değerlerini karşılaştırınız.
- Farklı ısı akışlarında üç bölgedeki hesaplanan ısı iletkenlik değerlerini karşılaştırınız.

- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğru çizin.
- Isı akışındaki artış ile doğrunun eğiminin nasıl değiştiğini inceleyiniz.
- Her doğrunun eğimi ve çubuk boyunca ilgili ısı akışı kullanılarak pirincin ortalama iletkenliğini hesaplayınız. Elde edilen bu değer ile bireysel olarak hesaplanan ısı iletkenlik değerini ve literatürde verilen değeri karşılaştırınız.
- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- U ile  $U=(1/R)$  formüllerinden hesaplanan tam ısı aktarım katsayısı değerlerini karşılaştırınız. Elde edilen değerler arasında fark varsa farkı yorumlayınız.
- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve sıcak bölge ve soğuk bölge için deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğruyu çizin.
- Çizilen grafikte paslanmaz çelik bölgesinde sıcaklık eğiminin nasıl değiştiğini yorumlayınız.
- Kompozit duvar boyunca ısı akışındaki değişimin etkileri nelerdir? Açıklayınız.
- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- Farklı ısı akışlarında  $k_{int}$  ısı iletkenlik değerlerini karşılaştırınız.
- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve sıcak bölge ve soğuk bölge için deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğruyu çizin. Soğuk ve sıcak bölgeden geçen doğruları ara bölgede birleştiriniz.

- Çizdiğiniz grafikten alüminyum boyunca ölçülen sıcaklık gradientini kullanarak ısı iletkenliği hesaplayınız.
- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve sıcak bölge ve soğuk bölge için deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğruyu çizin. Soğuk ve sıcak bölgeden geçen doğruları ara bölgede birleştiriniz.
- Sıcaklık gradienti oranı ile kesit alanı oranı arasındaki ters orantıyı doğrulayınız.
- Aşağıdaki tabloya verilerinizi yazınız:

V (Volt)	I (Amps)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)

- Isıl çift uzaklığına karşı sıcaklığı grafiğe geçirin ve sıcak bölge ve soğuk bölge için deneysel verilerden elde edilecek düzgün doğruyu çizin. Soğuk ve sıcak bölgeden geçen doğruları ara bölgede birleştiriniz.
- İki pirinç bölgedeki sıcaklık gradient değerleri nasıldır? Sebebini açıklayınız.
- Yalıtkan diskler için ısı iletkenlikleri hesaplayınız ve literatürdeki değerleri ile karşılaştırınız.

## SORULAR

1. Isı aktarımı kaç şekilde gerçekleşmektedir? Açıklayınız.
2. Taşınım ile ısı aktarımı kaç şekilde gerçekleşmektedir? Açıklayınız.

3. İletimle, taşınım ve radyasyonla ısı aktarımına çevrenizden örnekler veriniz.
4. Isı aktarım yasaları nelerdir? Açıklayınız.
5. Deney sisteminde niçin sürekli bir soğuk su akışı sağlamaktayız?
6. Isıl iletkenlik katsayılarını kıyaslayınız.

## **KAYNAKLAR**

Armfield ürün kullanım kılavuzu.

ÇENGEL Y. A., *Heat Transfer: A Practical Approach*, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003.

FRANK P. INCROPERA, DAVID P. DEWITT, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Wiley, 4th Ed., 1996.

INCROPERA, FRANK P., DAVID P. DEWITT, *Introduction to Heat Transfer*, 4th ed., Wiley, 2002.

DONALD Q. KERN, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Co., 1965.

WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH, HARRIOTT P., *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7th ed, McGraw-Hill, 2005

## **DENEY ADI :RADYASYONLA ISI AKTARIMI KANUNLARI VE RADYANT ISI DEĞİŞİMİ**

### **DENEYİN AMACI**

Yüzeyle radyasyon yoğunluğunun yüzeyin radyasyon kaynağına olan uzaklığının karesinin tersiyle orantılı olduğunun gösterilmesi. Radyasyon yoğunluğunun sıcaklık kaynağının dördüncü kuvvetiyle değiştiğinin (Stefan-Boltzmann Kanunu) gösterimi. Farklı yüzey özellikleri olan parlak ve gri yüzeylerin, mat siyah yüzeye göre radyasyon salınımlarının hesaplanması. Isıl denge durumunda gri yüzeyden salınan radyasyonun diğer yüzey tarafından alınan radyasyonun emilimine eşit olduğunun tespit edilmesiyle Kirchoff Kanununun geçerliliğinin hesaplanması.

### **KURAMSAL TEMELLER**

Eğer radyasyon demeti, demet boyunca radyasyonun yoğunluğu olarak düşünülürse, saçılma ve soğrulma yoksa sabittir. Ancak bir yüzeyden olan radyasyon yayılımı demetteki gibi olmaz. Isıtılmış yüzeyden  $x$  mesafedeki radyasyon  $x$  çaplı yarı kürenin yüzeyinde etkin bir şekilde dağılmıştır ve bu mesafe  $2x$ 'e uzatılırsa yarıkürenin alanı dört kat artar. Radyometrenin ısı kaynağına mesafesi yarıkürenin çapına eşitse, radyometrenin yarı kürenin yüzeyinde yer aldığı düşünülebilir. Radyometre ısı kaynağından uzaklaştıkça çap artar ve radyometrede okunan değer mesafenin karesinin tersiyle azalır.

Siyah cisimler için Stefan-Boltzmann kanunu:

$$q_b = \sigma(T_s^4 - T_a^4) \quad (1)$$

burada;

$q_b$  Siyah cismin yüzeyinin birim alanı tarafından salınan enerji

$\sigma$  Stefan-Boltzmann sabiti ( $56,7 \cdot 10^{-9} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )

$T_s$  Isıtılmış yüzeyin sıcaklığı (K)

$T_a$  Radyometrenin de içinde bulunduğu ortam sıcaklığı (K)

Eğer radyometre ve ısı kaynağı arasındaki mesafe sabit tutulursa, radyometredeki okuma plakadan yayılan radyasyonla sabit bir F ile bağlantılıdır yani;  $F = q_b/R$ 'dir. Eğer Stefan Boltzmann bağıntısı yeterliyse yani  $q_b$ , sıcaklıkların dördüncü dereceleriyle bağlantılıysa bu F faktörü sabit kalmalıdır.

Stefan Boltzmann kanunu

$$q_b = \xi F \sigma (T_s^4 - T_a^4) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\xi$  radyasyon yayan yüzeyin yayıcılığı (emisivite) olarak nitelendirilir ve siyah cisimler için  $\xi=1$ 'dir. F faktörü  $\xi \approx 1$  için,  $F=q_b/R$  şeklinde hesaplanabilir.

Siyah olmayan cisimler için;

$$\xi = R / \sigma (T_p^4 - T_a^4) \quad (3)$$

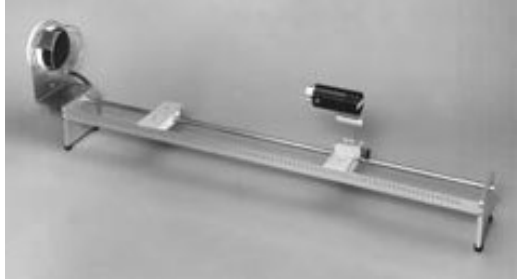
burada

$q_b$	Siyah cismin yüzeyinin birim alanı tarafından salınan enerji
$\sigma$	Stefan-Boltzmann sabiti ( $56,7 \cdot 10^{-9} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )
$T_s$	Isıtılmış yüzeyin sıcaklığı (K)
$T_a$	Radyometrenin de içinde bulunduğu ortam sıcaklığı (K)
$T_p$	Metal plakanın yüzey sıcaklığı (K)
$\xi$	Radyasyon yayan yüzeyin yayıcılığı (boyutsuz)
R	Radyometreden okunan değer ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )
F	Görme faktörü (boyutsuz)

Yüzey alanı  $A_1$ , sıcaklığı  $T_1$ , yayıcılığı  $\xi_1$  ve emiciliği  $\alpha_1$  olan gri cisim, yakınındaki  $A_2$  yüzey alanındaki siyah cisimle ısı dengedeysen, gri cismin yaydığı kadar radyasyonu emmelidir. Eğer yayıcılığı emiciliğinden farklı ise etrafının sıcaklığı sabitken gri cismin sıcaklığı sabitlenmez. Yani;

$$\alpha_1 \sigma T_1^4 A_1 = \xi_1 T_1^4 A_1 \quad (4)$$

## DENEY DÜZENLEĞİ ve YÖNTEMİ



Şekil 1. Deney düzeneği

### Deney A

- Cihazı açınız ve ısıtıcıyı 20 V ayarlayınız.
- HT13 durağan hale gelene kadar bekleyiniz (Bunun için T10 sıcaklığını ve radyometre değerini takip ediniz.)
- T10 ve radyometre değeri durağan hale gelince aşağıdaki verileri kaydediniz.

Isıtılmış yüzeyin sıcaklığı T10 (°C)

Ortam sıcaklığı T9 (°C)

Radyometrenin ısıtılmış plakadaki uzaklığı x (m)

Radyometre değeri R (m)

- Radyometreyi ısıtılmış yüzeyin 100 mm ötesine kaydırınız.

- Radyometrede okunan değerin durağan hale gelmesi için yaklaşık 90 s bekleyiniz daha sonra x ve R'i kaydediniz.
- Radyometrenin ısıtılmış yüzeyden 100 mm ötesinde yaptıklarınızı 200 mm ötesi için tekrarlayınız.
- Son okumayı da yaptıktan sonra radyometreyi ısıtılmış yüzeyden en uzak noktaya getiriniz ve ısıtıcı voltajını "0" ayarlayınız.

### *Deney B*

- Cihazı açınız.
- Isıtıcı voltajını 4V'a ayarlayınız.
- T10 sıcaklığını gözlemleyerek HT13'ün sabitlenmesini bekleyiniz. Plakanın sıcaklığı sabitlendiğinde radyometreyi plakadan 300 mm uzağa yerleştiriniz.
- Radyometreden okudunuz değer sabitlenene kadar yaklaşık olarak 30s bekleyin. T10 ve R değerlerini takip ediniz.
- T10 ve R değerleri sabitlenince aşağıdaki verileri kaydediniz.
  - Isıtılmış plaka sıcaklığı                      T10    (°C)
  - Ortam sıcaklığı                                      T9    (°C)
  - Radyometreden okunan değer                R      (m)
- Radyometreyi ısıtıcı plakadan kızıağın sonuna kadar uzaklaştırın. Voltajı 8V'a ayarlayın. T10 sıcaklığının sabitlenmesini bekleyiniz ve radyometreyi yeniden ısıtıcı plakanın 300 mm ötesine yerleştiriniz. Radyometreden okunan değerler sabitlenene kadar bekleyiniz ve T10 ve R değerlerini kaydediniz.
- Bu işlemi ısıtıcı plakanın voltajını 4'er volt arttırarak 24V'a ulaşana kadar tekrarlayınız. Bu işlemler tekrarlanırken radyometrenin ısınmaması için radyometreyi, plakanın ısınması sırasında hep uzak tutun ve sonra ısıtıcı plakanın 300 mm ötesine yerleştiriniz.
- Son okumayı da yaptıktan sonra radyometreyi ısıtılmış yüzeyden en uzak noktaya getiriniz ve ısıtıcı voltajını "0" ayarlayınız.

### Deney C

- Cihazı açınız.
- Isıtıcının voltajını 20V'a getiriniz.
- T10 ve T7 sıcaklıkları sabitlenene kadar bekleyiniz. Siyahlaştırılmış plakanın sıcaklığı, T7,sabitlendiğinde radyometreyi plakadan 200 mm öteye yerleştiriniz.
- Radyometreden okunan değerin sabitlenmesi için yaklaşık olarak 90s bekleyiniz.
- T7 ve R değerleri sabitlendiğinde aşağıdaki değerleri kaydediniz.
  - Isıtılmış plaka sıcaklığı T10 (°C)
  - Ortam sıcaklığı T9 (°C)
  - Siyahlaştırılmış plakanın sıcaklığı T7 (°C)
  - Radyometreden okunan değer R (m)
- Radyometreyi siyahlaştırılmış plakadan kızıağın sonuna getiriniz.
- Kendinizi yakmadan, sıcak olan siyahlaştırılmış plakayı dikkatlice çıkartınız.
- Gri plakayı, plaka taşıyıcıdaki yere yerleştiriniz ve ısı çiftini HT10X'deki T8 yuvasına sokunuz.
- T10 ve T8 sıcaklıklarının sabitlenmesini bekleyiniz. Gri metal plakanın sıcaklığı sabitlendiğinde, radyometreyi gri plakanın 200 mm ötesine yerleştiriniz.
- Radyometreden okunan değerin sabitlenmesini bekleyiniz ve T10, T8 ve R değerlerini kaydediniz.
- Aynı prosedürü parlatılmış plaka için tekrarlayınız.
- Son okumayı da yaptıktan sonra radyometreyi ısıtılmış yüzeyden en uzak noktaya getiriniz ve ısıtıcı voltajını "0" ayarlayınız.

### Deney D

- Cihazı açınız.
- Isıtıcının voltajını 20V'a getiriniz.
- T10 ve T8 sıcaklıkları sabitlenene kadar bekleyiniz. Gri plakanın sıcaklığı, sabitlendiğinde radyometreyi plakadan 200 mm öteye yerleştiriniz.

- Radyometreden okunan değerin sabitlenmesi için yaklaşık olarak 90s bekleyiniz.
- T8 ve R değerleri sabitlendiğinde aşağıdaki değerleri kaydediniz.
  - Isıtılmış plaka sıcaklığı T10 (°C)
  - Ortam sıcaklığı T8 (°C)
  - Gri plakanın radyometreye uzaklığı x (m)
  - Radyometreden okunan değer R (m)
- Radyometreyi kızaktan çıkartınız, kablo bağlantısını sökünüz ve radyometreyi 10 dakika süreyle buzdolabı gibi soğuk bir yerde bekletiniz.
- Radyometreyi soğuk yerden alınız ve çabucak kablo bağlantılarını yapıp önce odanın duvarlarından, sonra gri plakanın 200 mm ötesinden veri almaya başlayınız. Veri okumaları arasında radyometrenin sabitlenmesi için 90 s bekleyiniz. Bu sırada HT10X2deki potansiyometreyi sıfırlamayınız.
- Radyometreyi tekrar kızaktan çıkartınız, kablo bağlantısını sökünüz ve radyometreyi 10 dakika süreyle etüv gibi sıcak bir yerde bekletiniz ancak 60 °C'nin üzerindeki bir sıcaklığa çıkarmayınız. .
- Radyometreyi sıcak yerden alınız ve çabucak kablo bağlantılarını yapıp önce odanın duvarlarından, sonra gri plakanın 200 mm ötesinden veri almaya başlayınız. Veri okumaları arasında radyometrenin sabitlenmesi için 90 s bekleyiniz. Bu sırada HT10X2deki potansiyometreyi sıfırlamayınız.

## HESAPLAMALAR

### *Deney A*

Elde edilen her okuma aşağıdaki şekilde düzeltilebilir.

Radyometre düzeltme faktörü C (boyutsuz)

Düzeltilmiş radyometre okuması (= R.C) R<sub>C</sub> (W.m<sup>-2</sup>)

Düzeltilme faktörü, sonuçların güvenilirliğini arttırmak için radyometreye beraber verilir. Ancak düzeltme faktörü yoksa C=1 alınır.

$$C= 30.12/\text{Düzeltilme faktörü} \quad (5)$$

Bu çalışma için ham veriler aşağıda verilen başlıklar altında toplanır.

Isıtıcı voltajı (sabit)	V	(Volt)
Isıtıcı akımı (sabit)	I	(Amp.)
Isıtılmış plakanın sıcaklığı (sabit)	T10	(°C)
Ortam sıcaklığı	T9	(°C)
Radyometrenin ısıtıcı plakaya uzaklığı	x	(m)
Düzeltilmiş radyometre okuması	R <sub>C</sub>	(W.m <sup>-2</sup> )

Bu ölçümler için deneysel hataların da olduğu varsayılmalı ve kaydedilmelidir.

Her bir okumadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında kaydedilir.

$$\log R_C$$

$$\log x$$

Deneysel hataların, hesapladığınız her  $\log R_C$  ve  $\log x$  değerine etki ettiğini varsayınız.  $R_C$ 'e karşı  $x$  değerlerini log-log grafiğinde çiziniz ve iki noktadan bir doğru çiziniz. Çizdiğiniz doğrunun eğimi yaklaşık olarak -2 olmalıdır.

### *Deney B*

Elde edilen her okuma aşağıdaki şekilde düzeltilebilir.

Radyometre düzeltme faktörü	C	(boyutsuz)
Düzeltilmiş radyometre okuması (= R.C)	R <sub>C</sub>	(W.m <sup>-2</sup> )

Düzeltilme faktörü, sonuçların güvenilirliğini arttırmak için radyometreyle beraber verilir. Ancak düzeltme faktörü yoksa C=1 alınır.

$$C = 30.12 / \text{Düzeltilme faktörü}$$

Bu çalışma için ham veriler aşağıda verilen başlıklar altında toplanır.

Isıtıcı voltajı (sabit)	V	(Volt)
Isıtıcı akımı (sabit)	I	(Amp.)
Isıtılmış plakanın sıcaklığı (sabit)	T10	(°C)
Ortam sıcaklığı	T9	(°C)
Radyometrenin ısıtıcı plakaya uzaklığı	x	(m)
Düzeltilmiş radyometre okuması	R <sub>C</sub>	(W.m <sup>-2</sup> )

Bu çalışma için aşağıdaki sabit kullanılabilir.

$$\sigma = 56,7 \cdot 10^{-9} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Okunan değerlerden, aşağıdaki değerler türetilir.

$T_s = (T_{10}+273)$	(K)
$T_s^4$	(K <sup>4</sup> )
$T_a = (T_9 +273)$	(K)
$T_a^4$	(K <sup>4</sup> )
$q_b$	(W.m <sup>-2</sup> )
F	(Boyutsuz)

#### *Deney C*

Bu çalışma için ham veriler aşağıdaki başlıklar altında toplanır.

Isıtılmış plakanın sıcaklığı	T10	(°C)
Siyah plakanın sıcaklığı	T7	(°C)
Gri plakanın sıcaklığı	T8	(°C)
Ortam sıcaklığı	T9	(°C)
Düzeltilmiş radyometre okuması	R <sub>C</sub>	(W.m <sup>-2</sup> )

Bu çalışma için aşağıdaki sabit kullanılabilir.

$$\sigma = 56,7 \cdot 10^{-9} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Her bir okumadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

F Siyahlaştırılmış plakadan elde edilen değerleri kullanarak görme faktörünü hesaplayınız.

T<sub>p</sub> (=T<sub>8</sub>+273) Gri plakanın yüzey sıcaklığı ve (=T<sub>9</sub>+273) parlatılmış plakanın yüzey sıcaklığı (K)

ξ Gri ve parlatılmış plakanın yayıcılığını hesaplayınız.

### Deney D

Bu çalışma için ham veriler aşağıdaki başlıklar altında toplanır.

	<b>Gri plaka için radyometre okuması</b>	<b>Odanın duvarları için radyometre okuması</b>
Oda sıcaklığındaki radyometre		
Soğuk radyometre		
Sıcak radyometre		

### TARTIŞMA

- $R_C$ 'e karşı  $x$  değerlerini log-log grafiğinde çiziniz ve iki noktadan bir doğru çiziniz. Çizdiğiniz doğrunun eğimi yaklaşık olarak -2 olmalıdır.
- Isıtılmış sıcak yüzeyin, farklı yüzey sıcaklıklarında  $F$  için elde edilen değerleri kıyaslayınız ve Stefan Boltzmann eşitliliğinin geçerliliğini yorumlayınız.
- Isı kaynağının önüne konulan farklı yayıcılıklara sahip plakaların ısı kaynağının sıcaklığını değiştirdiğini gözlemleyiniz. Isı kaynağının sıcaklığındaki bu değişimin nedenini açıklayınız.
- Farklı sıcaklıklardaki radyometre ile yapılan ölçümleri kıyaslayınız ve nedenini tartışınız.

## SORULAR

1. Radyasyonla ısı aktarımı nasıl gerçekleşmektedir? Açıklayınız.
2. Radyasyonla ısı aktarımına çevrenizden örnekler veriniz.
3. Stefan-Boltzmann kanunu ve yayıcılık(emisivite) kavramını açıklayınız.
4. Kirchoff kanununun radyasyonla ısı aktarımındaki yeri ve önemi nedir?

## KAYNAKLAR

Armfield ürün kullanım kılavuzu.

ÇENGEL Y.A., *Heat Transfer: a Practical Approach*, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003.

INCROPERA F.P., DEWITT D.P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Wiley, 4th Ed., 1996.

INCROPERA, F. P., DEWITT D.P., *Introduction to Heat Transfer*, 4th ed., Wiley, 2002.

KERN D.Q., *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Co., 1965.

MODEST M. F., *Radiative HEat Transfer*, McGraw-Hill, 1993.

SIEGEL R., HOWELL J.R., *Thermal Radiation Heat transfer* McGraw-Hill, 1972.

WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH, PETER HARRIOTT, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7th ed, McGraw-Hill, 2005.