

Deney No: 5b

YATIŞKIN OLMAYAN HAL ISI İLETİMİ

Gazi Üniversitesi

Kimya Mühendisliği Bölümü

2020-2021 Bahar Dönemi (Uzaktan Eğitim Dönemi)

KM 392 Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I

Deneyin Amacı;

- Yatışkın olmayan koşullarda bir çubuk üzerindeki ısı transfer olaylarını incelemek,
- İki ucu sabit sıcaklıkta tutulan pirinç çubuk boyunca sıcaklık dağılımını ve bu çubukta olan ısı kaybını bulmak.

- **Isı** ve **sıcaklık** iki farklı niceliktir. Isı ve sıcaklık arasındaki temel fark, ısı sıcak cisimden soğuk cisme geçen bir enerji türü iken sıcaklık cismin sıcak olma durumu ve niteliğini tanımlamaktadır. Ayrıca ısı, aralarındaki sıcaklık farkı nedeniyle bir sistem ve çevresi arasında akan bir enerji şeklidir. **Isının** SI sistemindeki birimi **Joule**, **sıcaklığın** ise **Kelvin**'dir.

- Isı, bir cisimdeki moleküller tarafından elde edilen toplam kinetik ve potansiyel enerjidir. Sıcak olan taraftan soğuk olan tarafa hareket eder ve Q ile gösterilir. Kalorimetre ile ölçülür. Isı iletimi ile iş yapılır.

- Sıcaklık bir madde içindeki moleküllerin ortalama kinetik enerjisidir. Isındığında yükselir, soğuduğunda düşer ve T ile gösterilir. Termometre ile ölçülür. Isı iletiminin aksine sıcaklık ile iş yapılamaz.

Isı transferinin üç temel yolu vardır. Bunlar;

- **İletimle ısı transferi (Kondüksiyon)**

Bir katı malzeme veya durgun akışkan içerisindeki sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye doğru ısının geçmesi olayıdır. Kondüksiyon olayı katı, sıvı ve gaz bütün maddelerde olabilir fakat özellikle katılardaki ısı aktarımı kondüksiyon ağırlıklıdır. Kondüksiyonla ısı transferi deneysel gözlemlere dayanan Fourier kanunu ile belirlenir.

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

Isı iletim katsayısı

Sıcaklık gradyanı

Isı geçişine dik alan

- **Taşınım ile ısı transferi (Konveksiyon)**

Bir katı yüzey ile ona bitişik, hareket halindeki akışkan (sıvı ya da gaz) arasındaki ısı transfer türüdür. İletim ve akışkan hareketinin birleşik etkilerini kapsar. Taşınım ile ısı transferinin olması için ortamda mutlaka bir akışkan olmalıdır. Akışkan hareketi ne kadar hızlı olursa, taşınım ısı aktarımı da o kadar büyük olur. Konveksiyonla ısı transferi Newton'un soğuma yasası ile belirlenir.

$$Q = h A (T_w - T_\infty)$$

Isı geçişinin olduğu yüzey

Isı taşınım katsayısı

Yüzey sıcaklığı

Akışkanın yüzeyden uzak sıcaklığı

- **Işınım ile ısı transferi (Radyasyon)**

Maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeyinde olan değişimler sonucunda, yayılan elektromanyetik dalgalar aracılığıyla gerçekleşen enerji aktarımıdır. İletim ve taşınım ile ısı transferinden farklı olarak radyasyonla ısı transferinin gerçekleşmesi için bir ortam gerekmez. Boşlukta bile gerçekleşir. Radyasyonla ısı transferi **Stefan-Boltzman kanunu** ile açıklanır.

$$Q = \sigma T^4$$

Stefan-Boltzmann katsayısı

Yüzeyin mutlak sıcaklığı

$$\text{Biot Sayısı (Bi)} = \frac{h l}{k}$$



Cisim içerisindeki iletim direncinin cismin yüzeyindeki taşınım direncine oranı

$$\text{Prandtl Sayısı (Pr)} = \frac{C_p \mu}{k}$$



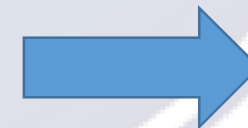
Moleküler momentum difüzyonunun ısı difüzyonuna olan oranı

$$\text{Nusselt Sayısı (Nu)} = \frac{h d}{k}$$



Akışkanın taşınım ile aktardığı ısı, akışkanın iletimle aktardığı ısıya oranı

$$\text{Grashof Sayısı (Gr)} = \frac{g \beta (T_W - T_\infty) D^3}{\nu^2}$$

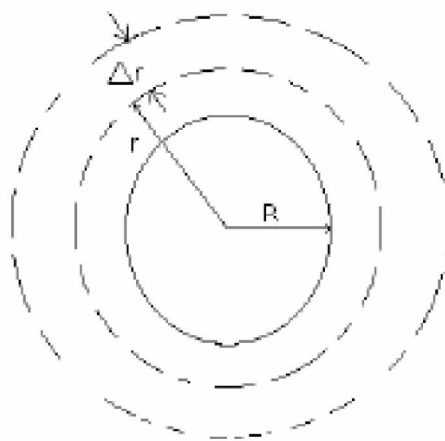


Hız sınır tabakasındaki kaldırma kuvvetlerinin, sürtünme kuvvetlerine oranı

SİLİNDİR YÜZEYİNDEN DURGUN AKIŞKAN ORTAMA ISI İLETİMİ

Varsayımlar:

- Silindir dış yüzey sıcaklığı $T_w = \text{Sabit}$
- Yatışkın hal
- $\partial r = 785R$ pozisyonunda $T = T_\infty$

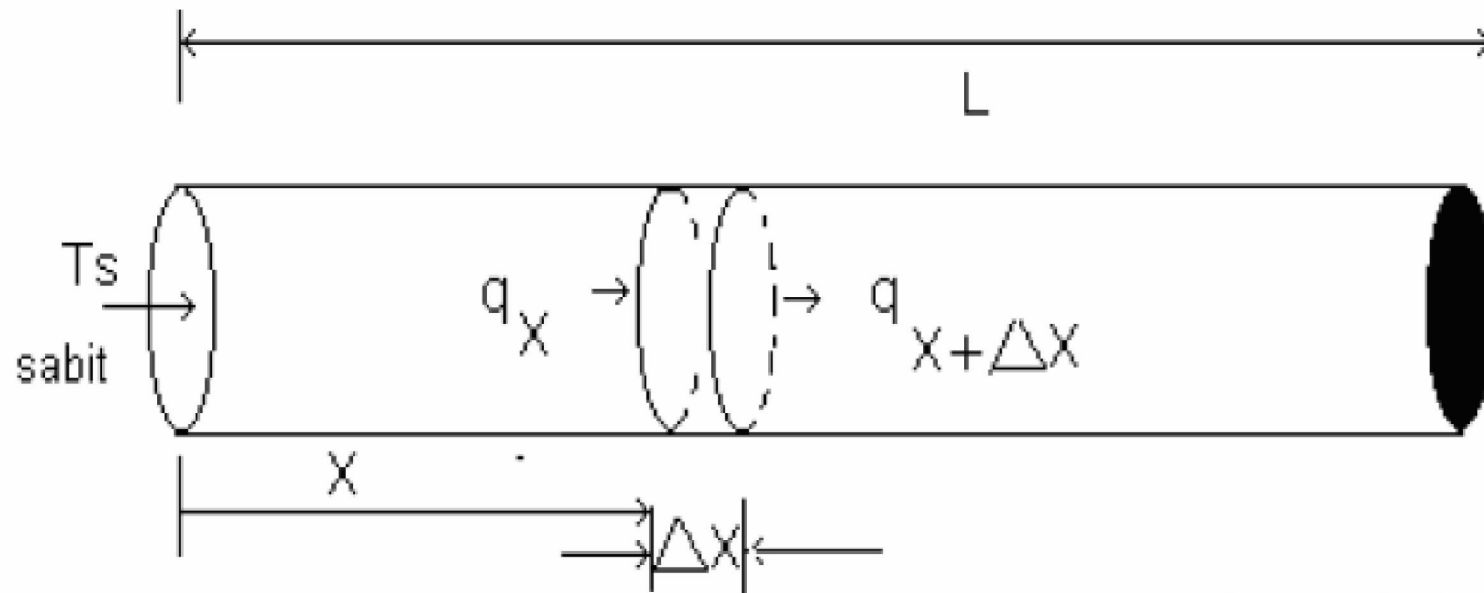


Kabuk için enerji eşitliği:

$$\left\{ (2\pi r L) \left(-k \frac{dT}{dr} \right) \right\}_r - \left\{ (2\pi r L) \left(-k \frac{dT}{dr} \right) \right\}_{r+\Delta r} = 0$$

SİLİNDİRİK FİNDEN ISI KAYIBI (YATIŞKIN HAL)

Bir ucu çok iyi yalıtılmış, diğer uçta sabit (T_s) sıcaklığında. Yalıtılmış uçta $(dT/dx)_{x=L}=0$ 'dır.



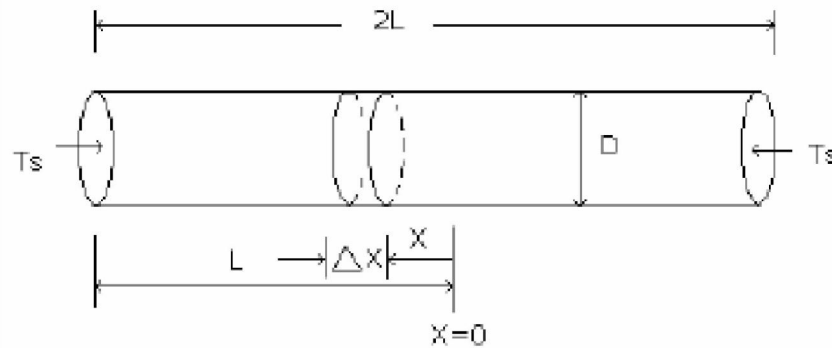
$$\text{Çevre} = P = \pi D \quad ; \quad \text{Alan} = A = \pi D^2/4$$

$$q|_x - q|_{x+\Delta x} - h(T - T_\infty)P\Delta x = 0$$

$$\text{Sınır Şartı 1: } x=0 \quad ; \quad T=T_s \quad \theta = \theta_s \equiv T_s - T_\infty$$

$$\text{Sınır Şartı 2: } x=L \quad ; \quad \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=L} = 0 \quad ; \quad \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_L = 0$$

İKİ UCU SABİT SICAKLIKTA TUTULAN YATAY ÇUBUKTAN YATIŞKIN OLMAYAN HAL ISI İLETİMİ



$$\text{Çevre} = P = \pi D \quad ; \quad \text{Alan} = A = \pi D^2/4$$

Kondüksiyon ile ısı taransferinin (-x) yönünde olduğuna dikkat ederek, kabuk için enerji denkliği yazılırsa;

$$-(-kA \frac{dT}{dx} \Big|_{x+\Delta x}) - \left[-(-kA \frac{dT}{dx} \Big|_x) \right] - h(T - T_\infty) \rho \Delta x = A \Delta x \rho C_p \frac{dT}{dt}$$

Başlangıç Şartı	$t = 0$;	$u = (T_i - T_\infty) = \theta_i$
Sınır Şartı 1	$x = +L$;	$u = (T_s - T_\infty) e^{\beta t} = \theta_s e^{\beta t}$
Sınır Şartı 2	$x = -L$;	$u = (T_s - T_\infty) e^{\beta t} = \theta_s e^{\beta t}$

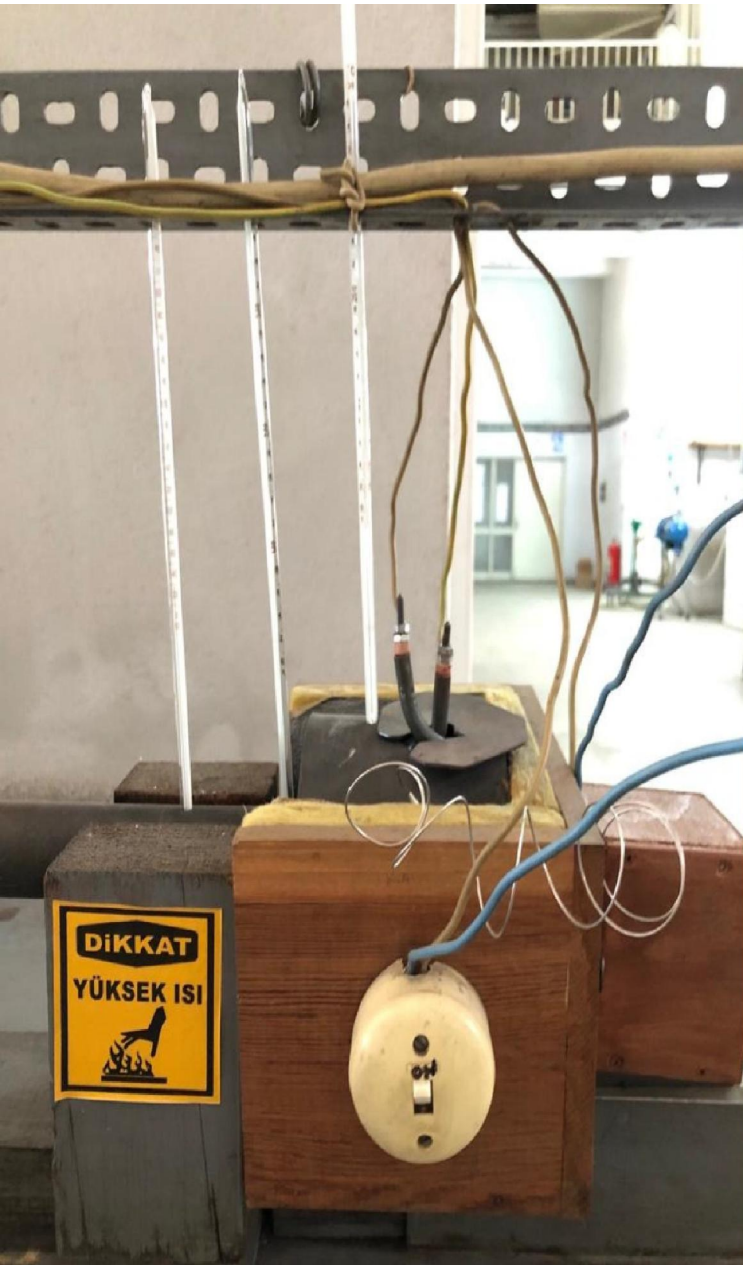
Deneyin Yapılışı;

- Silindirik pirinç çubuğun iki ucu, elektrik dirençleri ile 150 °C'ye ısıtılarak bu sıcaklıkta sabit tutulur.
- Her 1 dakikada bir çubuk boyunca yerleştirilen termometrelerden aynı anda sıcaklıklar okunur.
- Sıcaklık okuma işlemleri çubuk başındaki termometreler 150 °C'ye ulaştıktan 10 dakika sonrasına kadar sürer.
- Elde edilen veriler tabloya kayıt edilir. Ortam (Çevre) sıcaklığı ayrıca ölçülür.

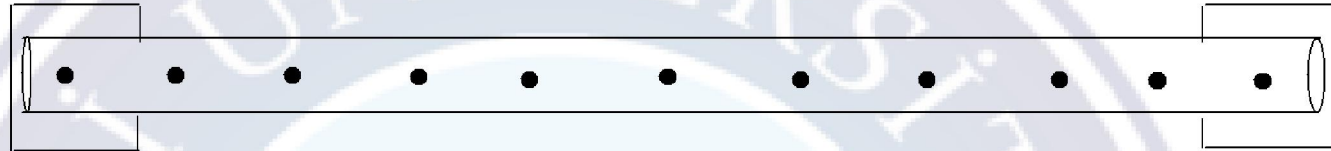
DENEY DÜZENEGİ

İki ucu elektrik enerjisiyle ısıtılan ve uzunluğu boyunca değişik konumlarda termometre yerleştirilen silindirik pirinç bir çubuktur (çap: 4cm, uzunluk: 80cm).





VERİ TABLOSU

Ortam Sıcaklığı (T_{∞}) :[illegible]

SONUÇLARI DEĞERLENDİRME

1. Silindirin yüzeyi ile hava arasındaki ortalama ısı iletim katsayısını (h) aşağıdaki şartlarda hesaplayınız.

a) Yatışkın hal,

b) Hava tamamen durgun (Konveksiyon akımları yok),

c) Silindirin dış yüzey sıcaklığı (T_w) sabit,

d) Silindirin dış yüzeyinden $r=785R$ uzaklığında havanın sıcaklığı ortam sıcaklığına (T_∞) eşittir.

2. Silindir yüzeyi ile hava arasındaki ortalama ısı iletim katsayısını, çubuk için ortalama bir sıcaklık kullanarak tabii konveksiyon hali için hesaplayınız. Çubuktan doğal konveksiyonla olan ısı kaybını hesaplayınız.

SONUÇLARI DEĞERLENDİRME

3. Simetriden dolayı çubuğun tam ortasında ($dT/dx=0$) olması gerektiği dikkate alınır, çubuğun yarısı bir ucu T_s sıcaklığında tutulan ve diğer ucu mükemmel yalıtılmış silindirik fin gibi düşünülebilir. Bu şartlar altında, karalı hal için.

a) Çubuk boyunca (8cm aralıklarla) sıcaklık dağılımını belirleyiniz.

b) Çubuktan dış ortama olan ısı kaybını hesaplayınız.

4. a) İki ucu sabit sıcaklıkta tutulan yatay çubuktan yatışkın olmayan hal ısı iletimi için elde edilen sıcaklık dağılımı ifadesinde seri toplamın ilk iki terimini kullanarak $t=10$. dakikada çubuk boyunca (8cm aralıklarla) olan sıcaklık dağılımını elde ediniz.

b) Elde ettiğiniz sonuçlar ile deneysel verilerinizi aynı grafik üzerinde karşılaştırınız. Ayrıca aynı grafik üzerine (3)'de elde ettiğiniz yatışkın hal verilerini de ekleyiniz.