



GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
Department of Food Engineering

Isı ve Kütle Transferi Ders Sunumu

Dersin Adı: GM 204 – Isı ve Kütle Transferi

Dersin Hocası: Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE

atauni.edu.tr    Atauni1957



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Konveksiyonla Isı Transferi**

Konveksiyonla ısı transferini tanımlayan temel eşitlik Newton'un soğuma kanunu olarak adlandırılan eşitliktir.

$$q = h A (T_p - T_\infty) \Rightarrow q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{hA}} \Rightarrow R = \frac{1}{hA}$$



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- *Eşitlikte yer alan;*

$q =$ *Konveksiyonla ısı transfer akışı (W)*

$h =$ *Konvektif ısı transfer katsayısı (W/m²°C)*

$A =$ *Alan (m²)*

$R =$ *Termal direnç (°C/W)*



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- *Konvektif ısı transfer katsayısının (h) değeri akışın laminer veya türbilant oluşuna, akışın gerçekleştiği yüzeyin özelliğine, akışkanın hızına, viskozitesine, yoğunluğuna, termal iletkenlik katsayısına ve özgül ısısına bağlı olarak değişebilmektedir. Yüksek h değeri ısı transferinin yüksek oranda gerçekleştiğini gösterir. Zorlanmış konveksiyonda tabii konveksiyona göre daha yüksek h değerleri söz konusudur.*



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Konvektif Isı Transfer Katsayısının (h) Belirlenmesi**

Konvektif ısı transfer katsayısının belirlenmesinde deneysel yaklaşım uygulanmakta ve boyutsuz sayılar olan;

Reynolds sayısı (N_{Re}),

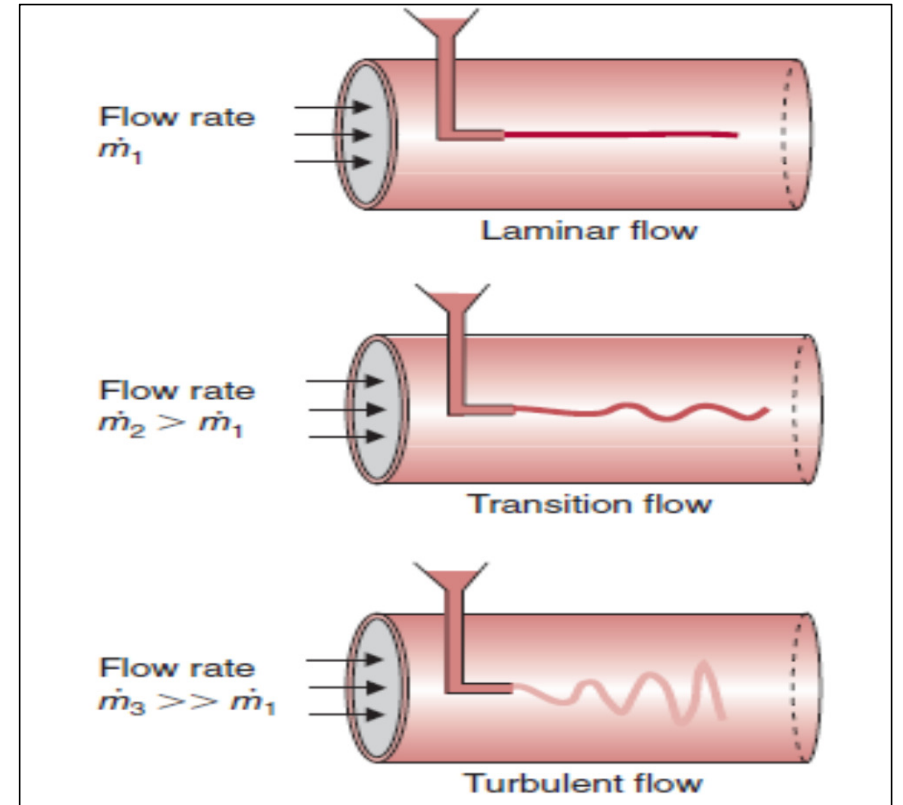
Prandtl sayısı (N_{Pr}) ve

Nusselt sayısı (N_{Nu}) kullanılmaktadır.

KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

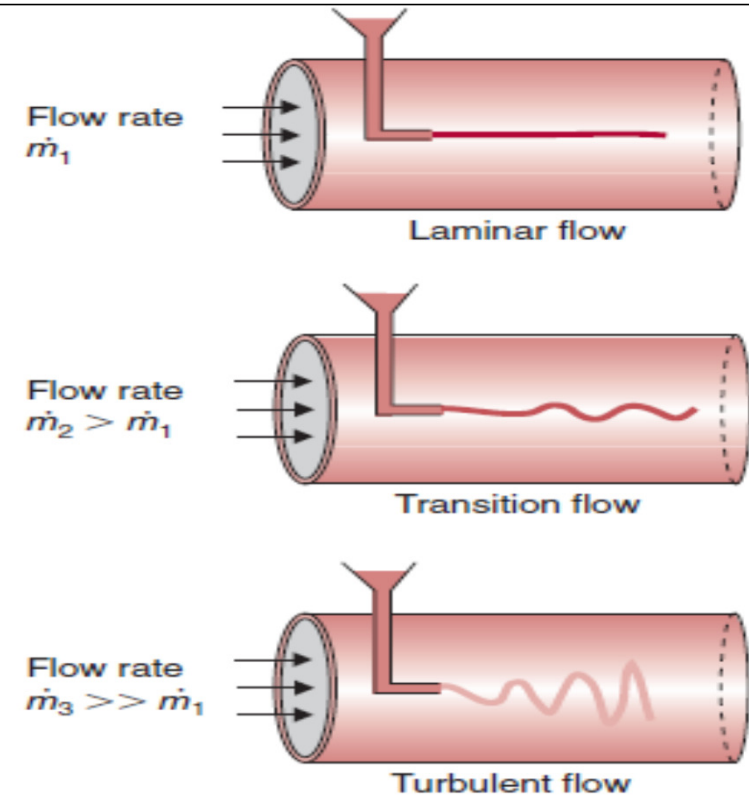
Bir boru içerisinde akan sıvı içine boya enjekte edilerek sıvının akış özelliklerinin gözlemlendiğini düşünelim. Düşük akış hızlarında boyanın akış yönünde doğrusal bir şekilde hareket ettiği gözlenecektir.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

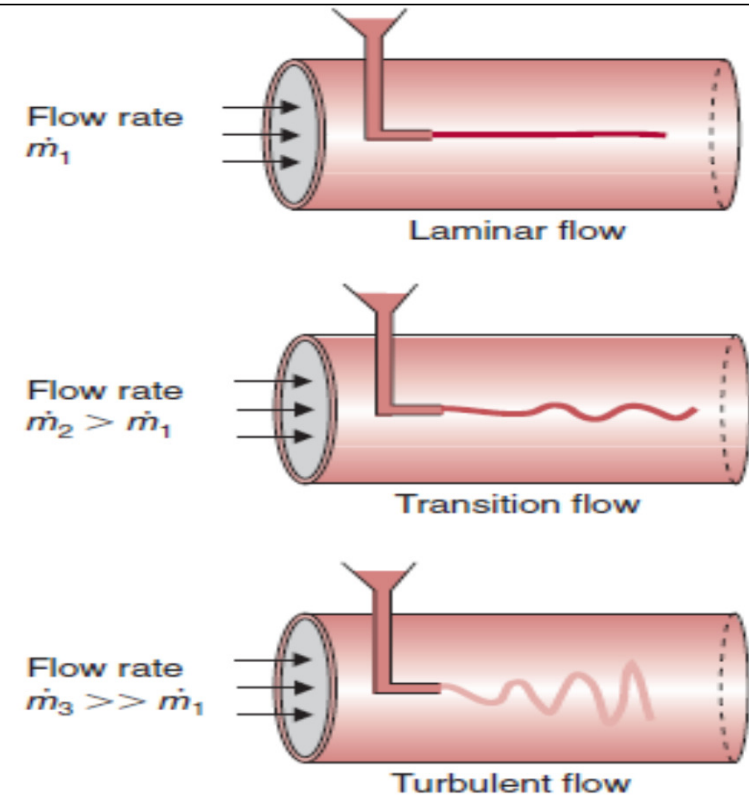
Akış hızı orta düzeyde arttığında boyanın enjeksiyon noktasından bir miktar uzakta bulanıklaşmaya başladığı tespit edilir. Burada boyanın bulanıklaşması boyanın bir kısmının radyal yöndeki hareketinden kaynaklanmaktadır.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

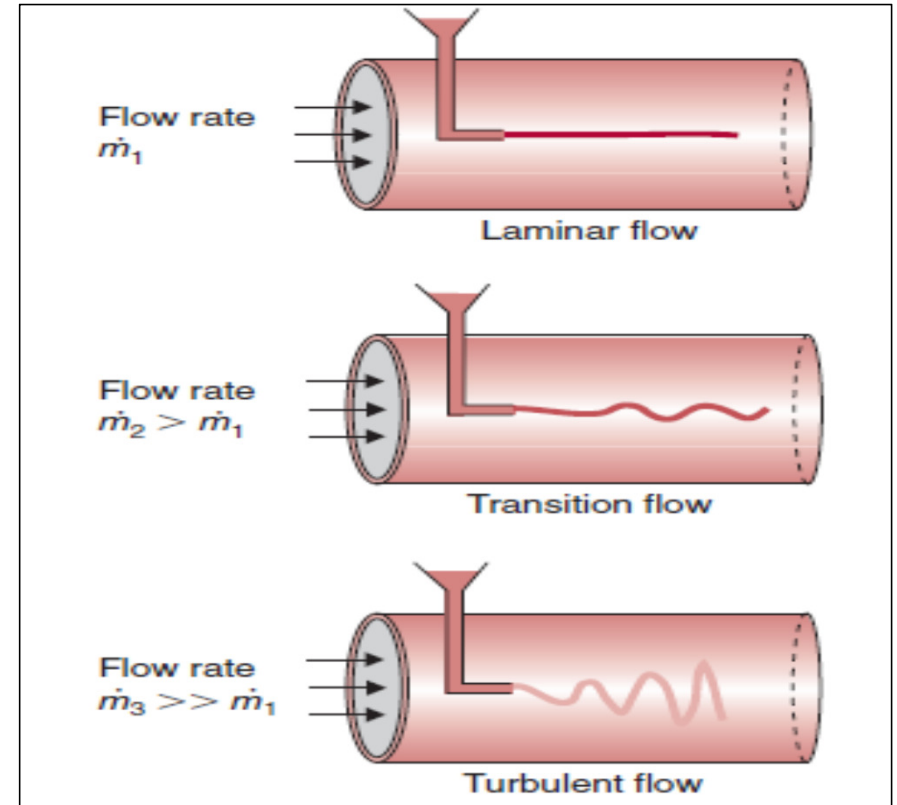
Yüksek akış hızlarında ise enjekte edilen boyanın hemen bulanıklaştığı gözlenir. Bu yüksek akış hızlarında, enjekte edilen boya hem radyal hem de aksenal yönde rastgele bir şekilde yayılmaktadır.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

İşte düşük akış hızlarında gözlenen doğrusal akış, laminar akış olarak; orta akış hızlarındaki akış geçiş akışı olarak ve yüksek akış hızlarında gözlenen düzensiz akış ise turbulent akış olarak adlandırılmaktadır.





KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

Akış karakteristikleri, sıvının özelliklerinden, akış hızından ve sıvı-katı ara yüzeyinin boyutlarından etkilenmektedir. Kütle akış hızı arttıkça, momentum veya atalet kuvvetleri de artmakta, fakat akmakta olan sıvının içindeki sürtünme veya viskoz kuvvetler tarafından bu kuvvetlere karşı konulmaktadır.

Bu karşıt kuvvetler belli bir dengeye ulaştığında akış karakteristiklerinde değişimler meydana gelmektedir.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

Reynolds (1874) tarafından yapılan deneylerle atalet kuvvetlerinin sıvı yoğunluğunun (ρ), boru çapının (D) ve ortalama akış hızının (\bar{u}) bir fonksiyonu olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan viskoz kuvvetler sıvı viskozitesinin bir fonksiyonudur. Böylece boyutsuz bir sayı olan Reynolds sayısı atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranı olarak tanımlanmaktadır.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

$$N_{Re} = \frac{\text{atalet kuvvetleri}}{\text{viskoz kuvvetler}} = \frac{\bar{u}D}{\nu} = \frac{\bar{u}D}{\frac{\mu}{\rho}} \Rightarrow N_{Re} = \frac{\rho\bar{u}D}{\mu}$$

$$\dot{m} = \rho A \bar{u} \Rightarrow \bar{u} = \frac{\dot{m}}{\rho A} \Rightarrow N_{Re} = \frac{\rho \left(\frac{\dot{m}}{\rho A} \right) D}{\mu} \Rightarrow N_{Re} = \frac{\dot{m}D}{\mu A}$$

$$\text{Şayet; } A = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow N_{Re} = \frac{\dot{m}D}{\mu \frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow N_{Re} = \frac{4\dot{m}}{\mu\pi D}$$



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

$N_{Re} = Reynolds\ sayısı\ (boyutsuz)$

$\bar{u} = ortalama\ akış\ hızı\ (m/s)$

$D = karakteristik\ boyut,\ boru\ çapı\ (m)$

$\nu = kinematik\ viskozite\ (m^2/s)$

$\mu = dinamik\ viskozite\ (kg/ms, Pa.s)$

$\rho = yoğunluk\ (kg/m^3)$

$\dot{m} = kütle\ akış\ hızı\ (kg/s)$



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

- **Reynolds Sayısı (N_{Re})**

Düşük, orta veya yüksek gibi kalitatif tanımlamalar yerine, Reynolds sayısı kullanılarak belirli akış koşullarında bir sıvının davranışını spesifik olarak tanımlamak mümkündür. Reynolds sayısı, bir boru içinde veya farklı şekillerdeki nesnelerin yüzeylerinde akan bir akışkanın, akış karakteristiklerini kantitatif olarak tanımlamak için kullanılmaktadır.



KONVEKSİYONLA ISI TRANSFERİ

Reynolds sayısı viskoz etkilerin neden olduğu enerji kaybı hakkında bir fikir sağlar. Reynolds sayısının düşük bir değerde olması viskoz kuvvetlerin enerji kaybı üzerinde baskın bir etkiye sahip olduğunu, yüksek bir değerde olması ise düşük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Böylece:

$$N_{Re} \leq 2100 \Rightarrow \text{Laminer akış}$$

$$2100 < N_{Re} < 10000 \Rightarrow \text{Geçiş akışı}$$

$$N_{Re} \geq 10000 \Rightarrow \text{Türbülanslı akış}$$