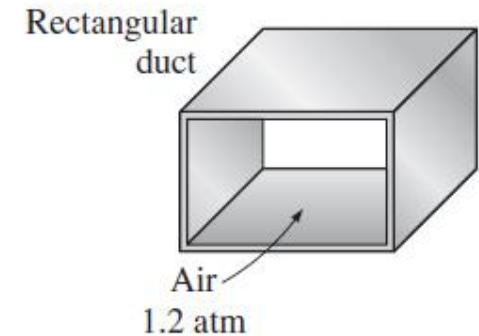
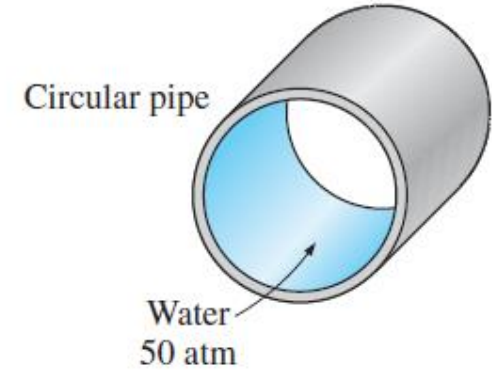
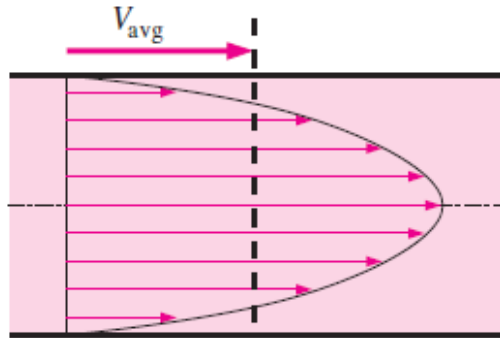


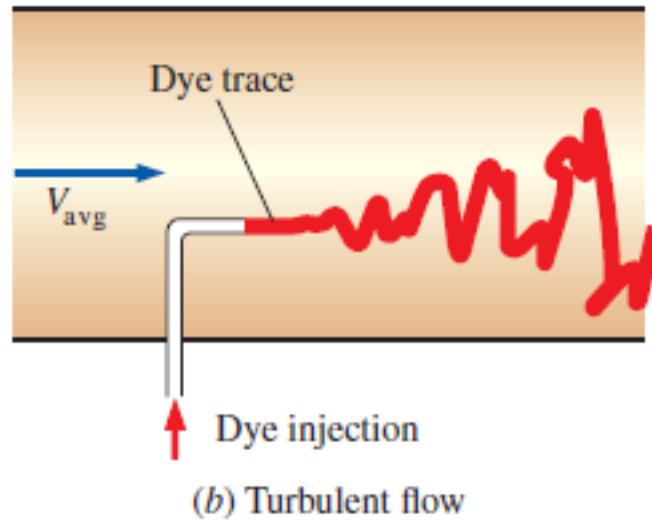
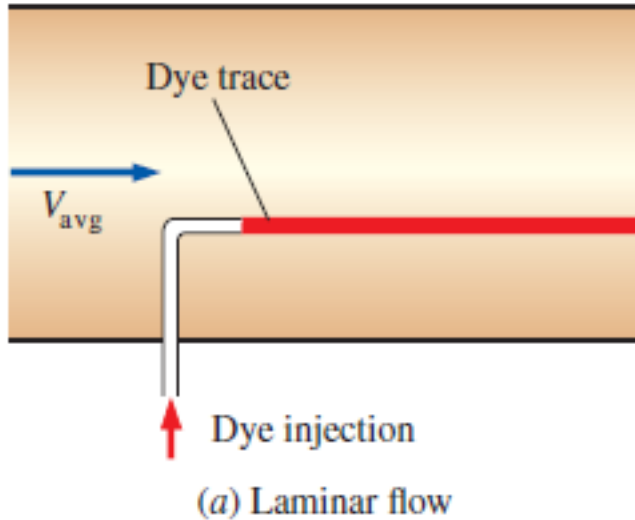
Borularda Akış

- En yaygın karşılaşılan akış sistemi
 - Su, petrol, doğal gaz, yağ, kan
- Boru akışkan ile tam dolu (iç akış)
- Dairesel boru ve dikdörtgen kanallar
 - Dairesel borular içerisi ve dışarısı arasındaki basınç farklarına daha dayanıklı, genelde sıvıların iletiminde kullanılır
 - Kanallar genellikle ısıtma ve soğutmada gazların iletiminde
- Akışkan genellikle bir fan veya pompa yardımı ile sağlanan basınç farkı ile akıyor.
- Hesaplanması gereken en önemli parametrelerden biri akışı sürdürmek için gerekli basınç farkı (Pompa gücü)
- Hesaplamalarda ortalama hız kullanılır.



Laminar ve Türbülanslı akış

- Laminar akış:
 - Düzenli, tabakalı akış
 - Analitik çözümler mevcut
 - $Re < 2100$
 - Viskoz kuvvetler etkin
- Türbülanslı akış
 - Kaotik akış
 - Deneysel verilere dayanan hesaplamalar
 - $Re > 2100$ (2100-4000 arası geçiş bölgesi)



Laminar ve Türbülanslı akış

- Reynold sayısı

$$Re = \frac{D_K \langle v \rangle \rho}{\mu}$$

D_K : Karakteristik uzunluk

$\langle v \rangle$: Ortalama hız

ρ : Akışkanın yoğunluğu

μ : Akışkanın viskozitesi

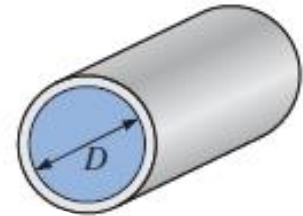
- Borularda akış için karakteristik uzunluk: D_K

$$D_K = \frac{4A_c}{p}$$

A_c : Kesit alanı

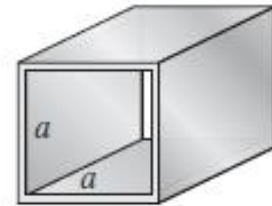
p : Islak çevre Ortalama hız

Circular tube:



$$D_K = D$$

Square duct:



$$D_K = a$$

Rectangular duct:



$$D_K = \frac{2ab}{a+b}$$

Dairesel Borularda Laminar akış

- Kabuk momentum dengesinden dikey konumda dairesel bir boruda laminar akış için:

$$\langle v \rangle = \left(\frac{P_0 - P_L}{L} + \rho g \right) \frac{R^2}{8\mu}$$

$\langle v \rangle$: Ortalama hız

P_0 : Girişteki basınç

P_L : Çıkıştaki basınç

L : Borunun boyu

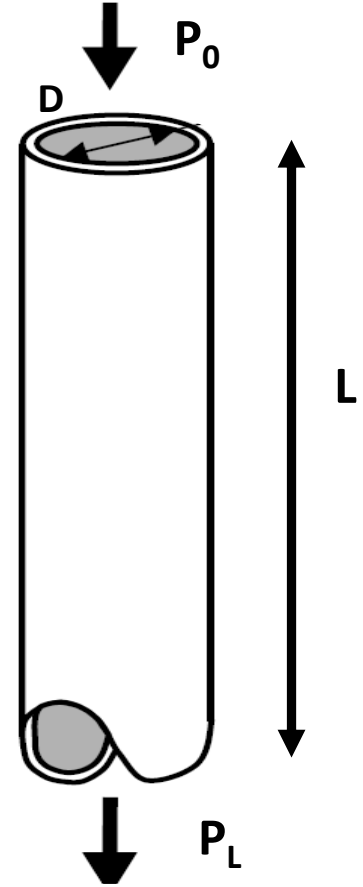
ρ : Akışkanın yoğunluğu

g : Yer çekimi ivmesi

R : Yarıçap ($D=2R$)

μ : Akışkanın viskozitesi

- Hacimsel debi $Q = ?$
- Kütlesel debi $\dot{m} = ?$
- Yatay boruda akış?



Dairesel Borularda Laminar akış

Örnek: 20 °C’de su yatay bir borudan 0,012 m/s hızla akmaktadır. Borunun çapı 2 cm, boyu ise 25 m’dir. Suyun bu sıcaklıkta yoğunluğu 1000 kg/m³ ve viskozitesi 1.0019x10⁻³ Pa.s olarak alınabilir.

- a) Akışın rejimini belirleyiniz**
- b) Bu akış için gerekli basınç farkını hesaplayınız.**

Borularda türbülanslı akış

- Mühendislikte karşılaşılan akışların çoğunluğu türbülanslıdır.
- Türbülanslı akışta analitik çözüm yerine deneysel çalışmalara dayanan grafiksel veya empirik eşitlikler ile hesaplamalar yapılır.
- Bu amaçla sürtünme faktörü (f) tanımı yapılır.
 - Sürtünme faktörü, Reynolds sayısı ve boru pürüzlülüğüne bağlı olarak grafiksel olarak tanımlanmaktadır.

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{D_K}{L} \right) \left(\frac{(P_0 - P_L) + \rho g L}{\rho \langle v \rangle^2} \right)$$

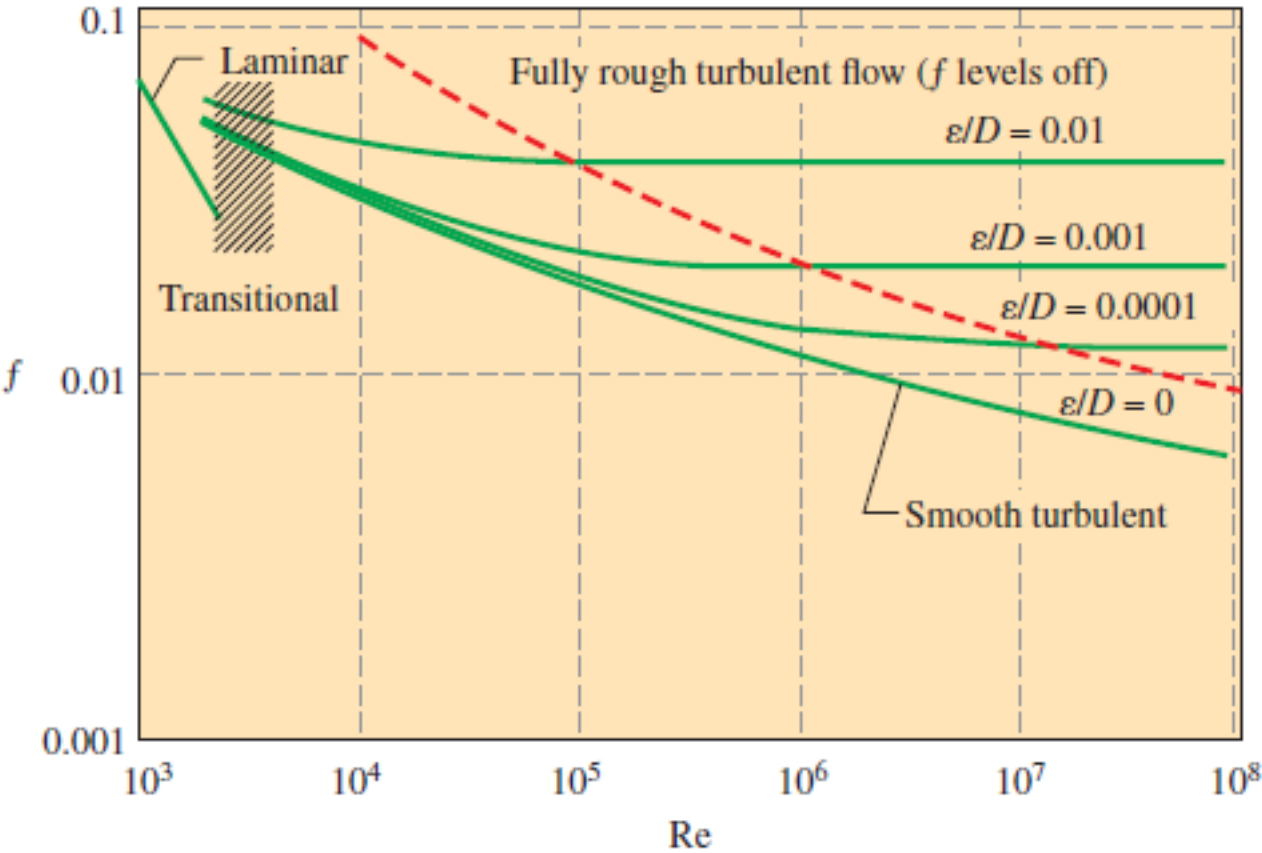
- **Dikey boruda akış**

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{D_K}{L} \right) \left(\frac{(P_0 - P_L)}{\rho \langle v \rangle^2} \right)$$

- **Yatay boruda akış**

Borularda türbülanslı akış

- Sürtünme faktörünün genel olarak değişimi

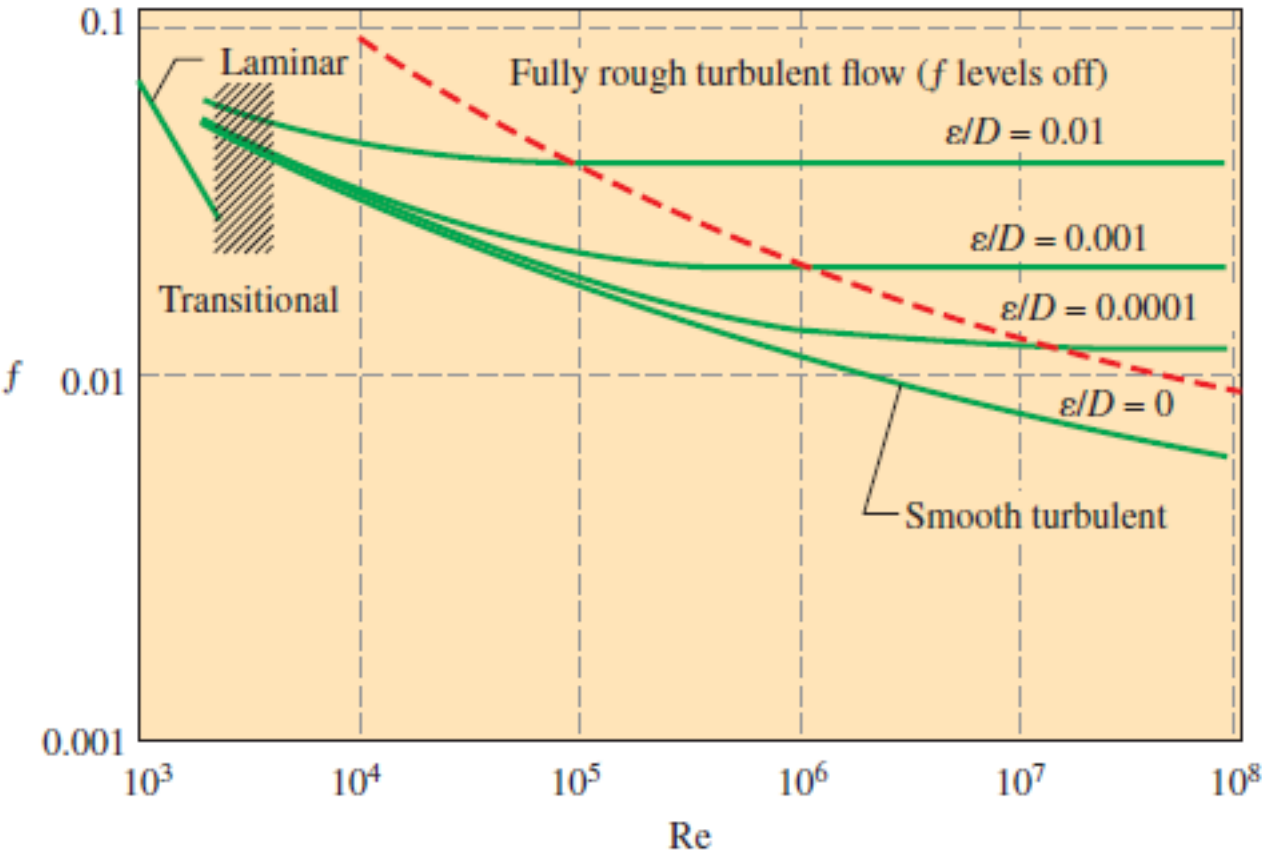


- Sürtünme faktörü, Re sayısı ve boru pürüzlülük oranına bağlı
- Pürüzlülük oranı: borunun malzemesine bağlı katsayı

Material	Roughness, ϵ	
	ft	mm
Glass, plastic	0 (smooth)	
Concrete	0.003–0.03	0.9–9
Wood stave	0.0016	0.5
Rubber, smoothed	0.000033	0.01
Copper or brass tubing	0.000005	0.0015
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Wrought iron	0.00015	0.046
Stainless steel	0.000007	0.002
Commercial steel	0.00015	0.045

Borularda türbülanslı akış

- Sürtünme faktörünün genel olarak değişimi



- Büyük Re sayılarında eğri yatay hale gelir (f Re sayısından bağımsız hale gelir)
- Düz borularda ve $Re < 10^5$ için:

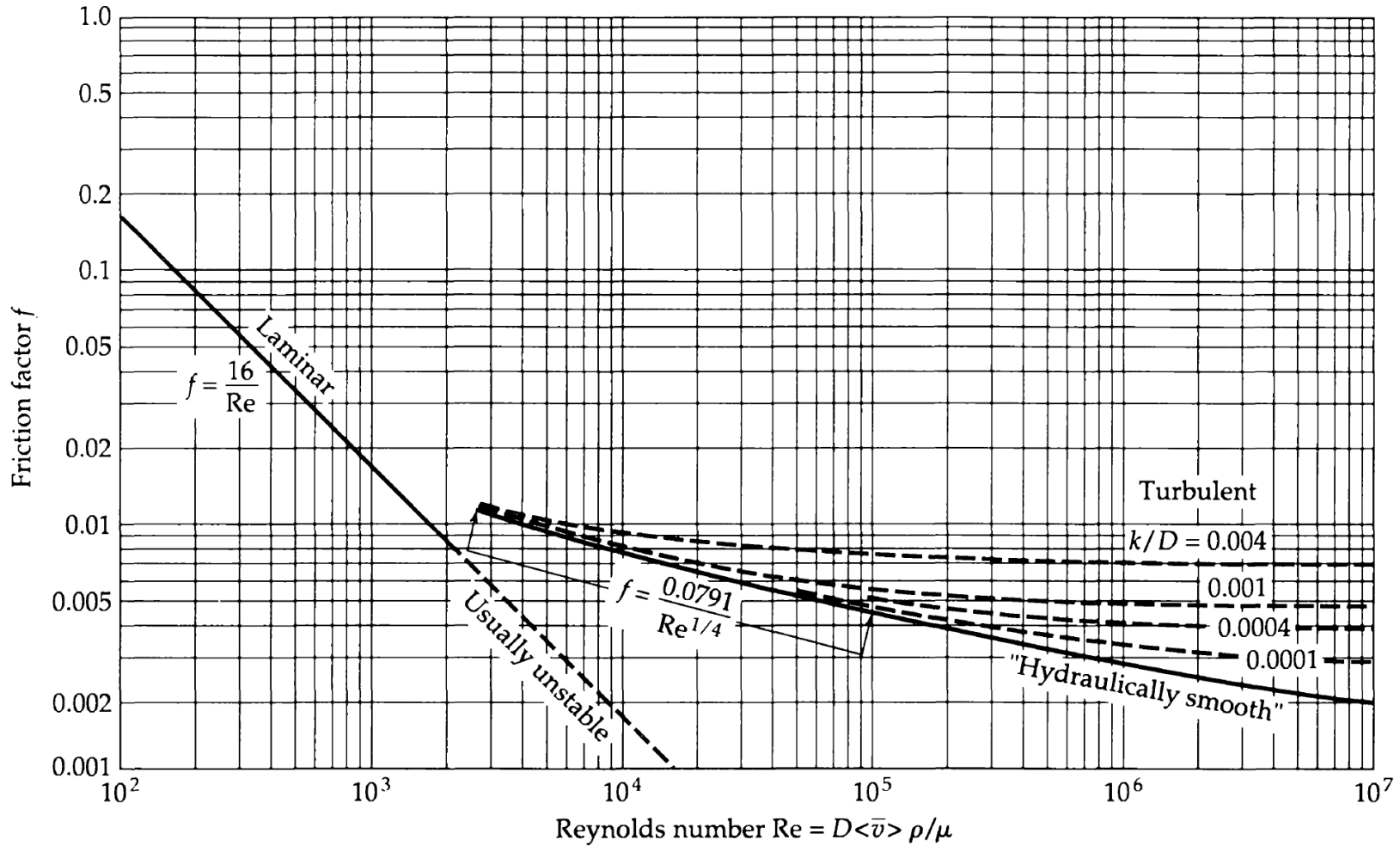
$$f = \frac{0.0791}{Re^{1/4}}$$

- Laminar akış için sürtünme faktörü

$$f = \frac{16}{Re}$$

Borularda türbülanslı akış

- Moody grafiği



Borularda türbülanslı akış

- Karşılaşılan problem tipi

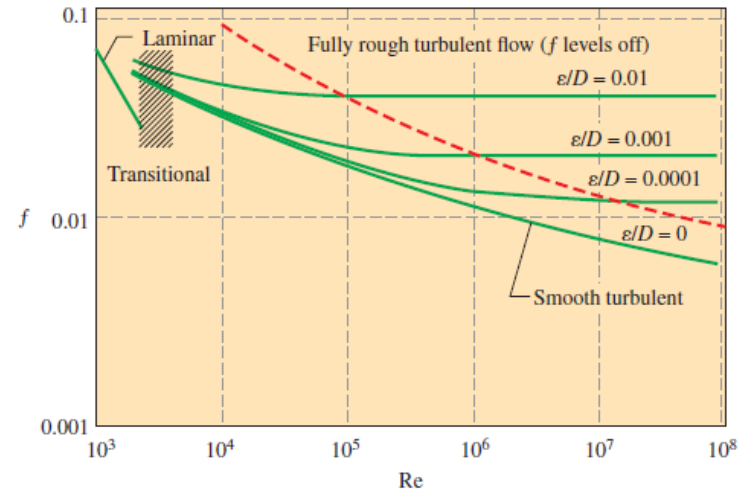
- Akış için gerekli basınç farkının hesaplanması (Hız ve boru boyutları biliniyor)

- Re sayısı hesaplanır
- f grafikten veya eşitlikten hesaplanır
- f'i tanımlayan eşitlikten basınç farkı hesaplanır

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{D_K}{L} \right) \left(\frac{(P_0 - P_L) + \rho g L}{\rho (\langle v \rangle)^2} \right)$$

- Akış hızının hesaplanması (Basınç farkı ve boru boyutları biliniyor)

- Hız için f gerekli
- f için Re sayısı
- Re sayısı hıza bağlı
- Çözüm: İterasyon
 - Re sayısı için ilk bir tahmin
 - f grafikten okunur
 - f tanımlayan eşitlikten hız hesaplanır
 - Re sayısı hesaplanır
 - İlk tahmin ile hesaplanan Re sayısı eşit değilse, hesap tekrarlanır.

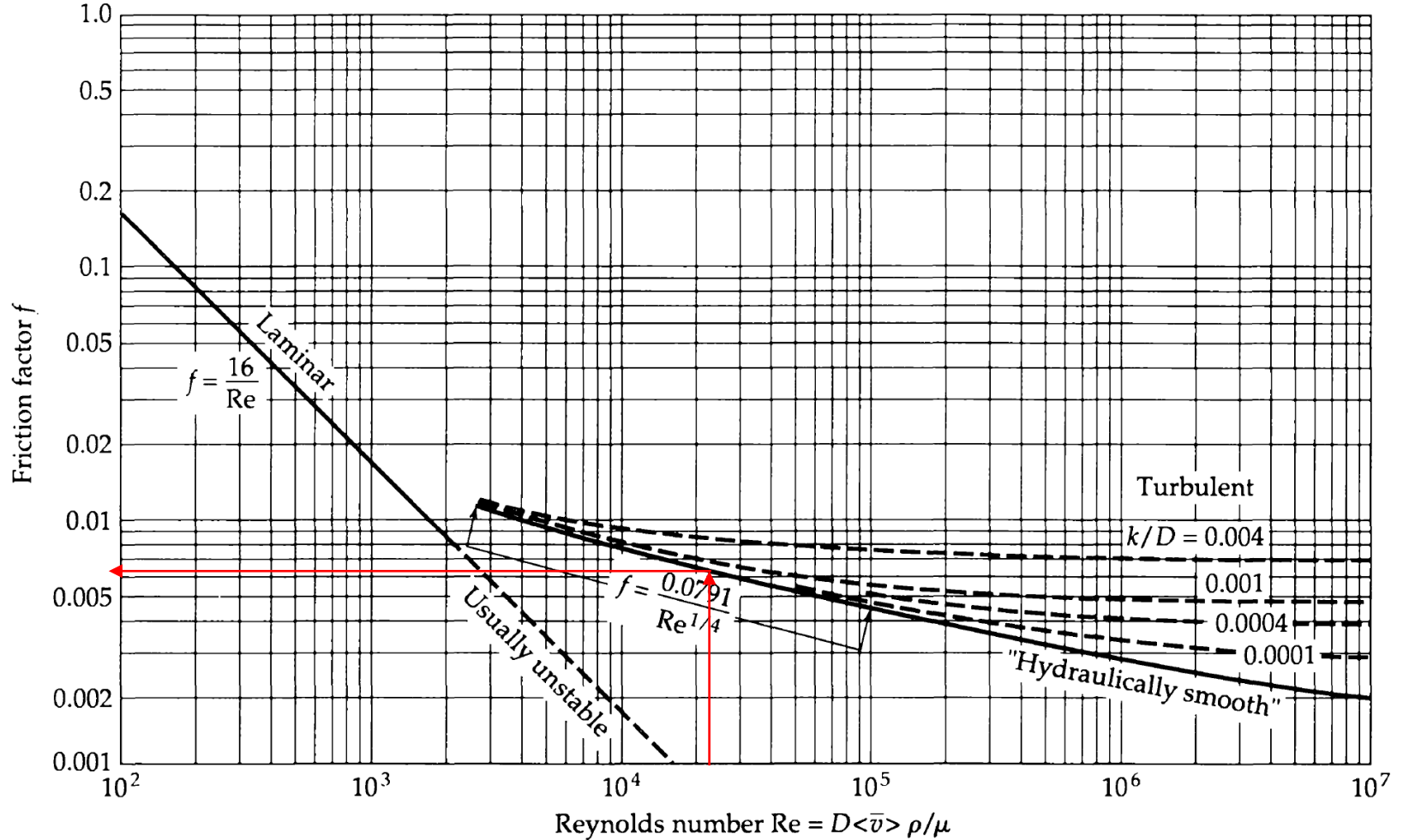


Borularda türbülanslı akış

Örnek: Yatay düz bir borudan, bir akışkanın 1028 g/s kütleli debiyle akması istenmektedir. Borunun çapı (D) 3 cm, uzunluğu (L) 1 00 cm, akışkanın yoğunluğu (ρ) 0,935 g/cm³ ve viskozitesi (μ) 1,95 cp'dir. Bu akışın sürdürülebilmesi için gerekli basınç farkını hesaplayınız.

Borularda türbülanslı akış

Örnek: Yatay düz bir borudan, bir akışkanın 1028 g/s kütleli debiyle akması istenmektedir. Borunun çapı (D) 3 cm, uzunluğu (L) 1 00 cm, akışkanın yoğunluğu (ρ) 0,935 g/cm³ ve viskozitesi (μ) 1,95'dir. Bu akışın sürdürülebilmesi için gerekli basınç farkını hesaplayınız.



Borularda türbülanslı akış

Örnek: Uzunluğu 48 m ve boyutları 35 cm x 20 cm olan dikdörtgen kesite sahip yatay bir bacadan yanma gazları $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik bir hacimsel debi ile uzaklaştırılmaktadır. Bacadaki basınç farkını (Pa) hesaplayınız. Gazların yoğunluğu (ρ) $1,19 \text{ kg/m}^3$ ve viskozitesi (μ) $0,05 \text{ cp}$ 'dir. Baca için rölatif pürüzlülük (k/D) $0,004$ olarak alınabilir.

Borularda türbülanslı akış

Örnek: Uzunluğu 48 m ve boyutları 35 cm x 20 cm olan dikdörtgen kesite sahip yatay bir bacadan yanma gazları 0,42 m³/s'lik bir hacimsel debi ile uzaklaştırılmaktadır. Bacadaki basınç farkını (Pa) hesaplayınız. Gazların yoğunluğu (ρ) 1,19 kg/m³ ve viskozitesi (μ) 0,05 cp'dir. Baca için rölatif pürüzlülük (k/D) 0,004 olarak alınabilir.

