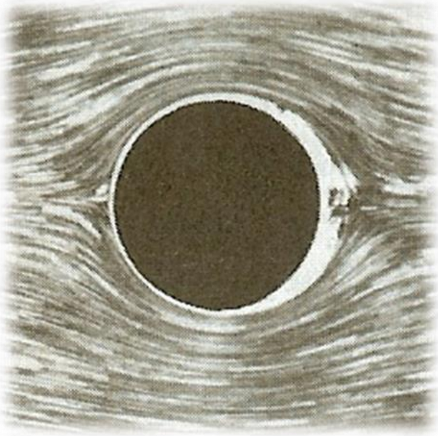
Aula 04

Introdução
Revisão MecFlu
Adimensionais relevantes
O conceito de massa adicional



Introdução

- Objetivo:
  - Apresentar modelos hidrodinâmicos simplificados capazes de fornecer estimativas razoáveis para as forças hidrodinâmicas sobre estruturas flutuantes para dois problemas de interesse:
    - Sob ação de ondas do mar (seakeeping)
    - Sob ação de correnteza

Introdução

- Aspectos gerais:
  - **Forças de ondas**: Modelo baseado em escoamento potencial (s/ efeitos viscosos significativos, exceto em casos particulares); forças de pressão sobre o casco;

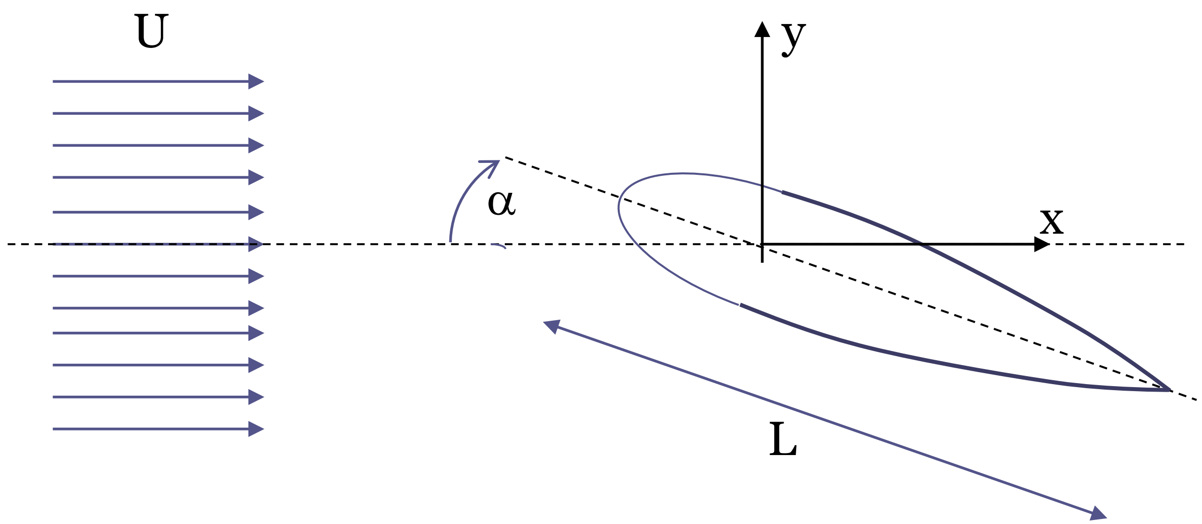
  - **Forças de correnteza**: Modelos semi-empíricos; importantes efeitos de viscosidade: tensões de cisalhamento (atrito) e pressão (esteira)
    - Estruturas esbeltas: Arrasto –> Eq. de Morison
    - Estruturas ship-shaped: Arrasto e Sustentação -> Modelos de manobra de baixa velocidade

Introdução

- Roteiro:
  1. Revisão de conceitos fundamentais de mecânica dos fluidos;
  2. Adimensionais que caracterizam os distintos escoamentos;
  3. Equações de governo (fluido real, fluido ideal);
  4. Forças sobre um corpo em movimento em fluido inviscido e na ausência de superfície-livre: o conceito de massa adicional

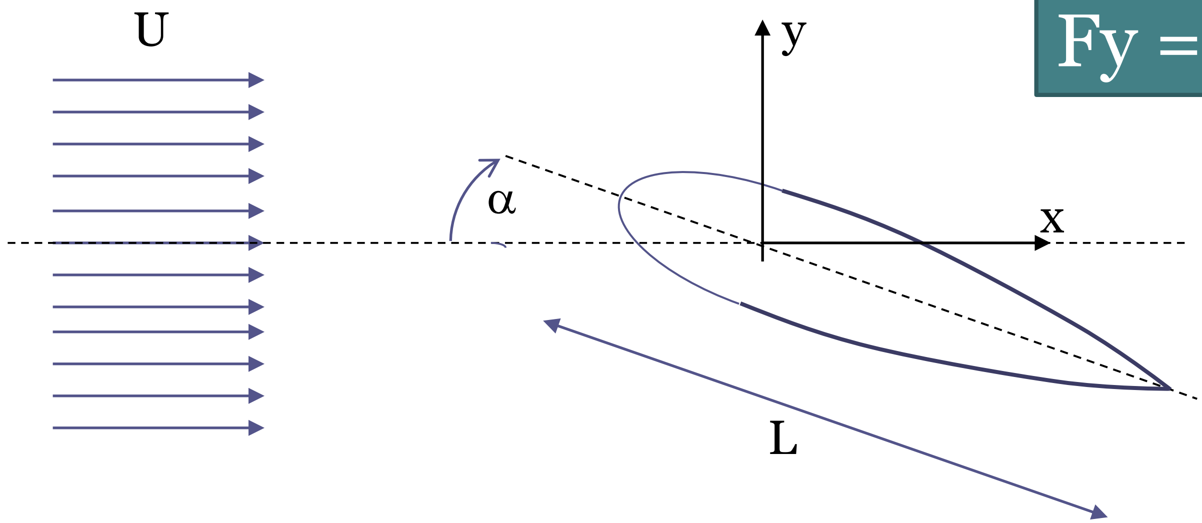
Algumas questões:

- Suponhamos um corpo carenado (*streamlined*) sob ação de um escoamento que incide com ângulo de ataque α. Suponhamos, ainda, que o fluido seja inviscido (ideal):



Algumas questões:

- O que podemos dizer sobre a **força** resultante?

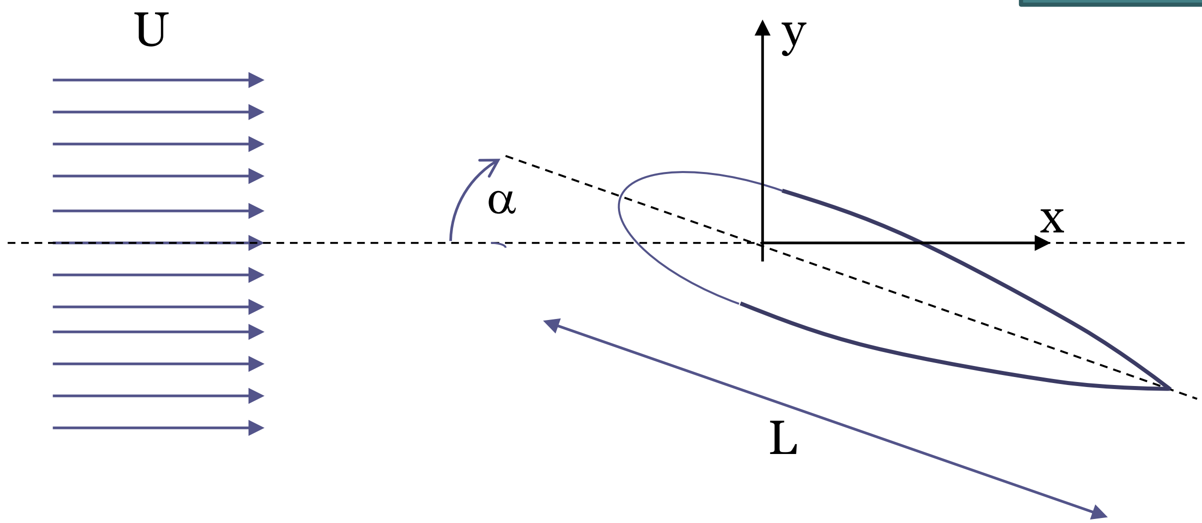


Fx = ?
Fy = ?

Algumas questões:

- O que podemos dizer sobre o **momento** resultante?

$Mz = ?$



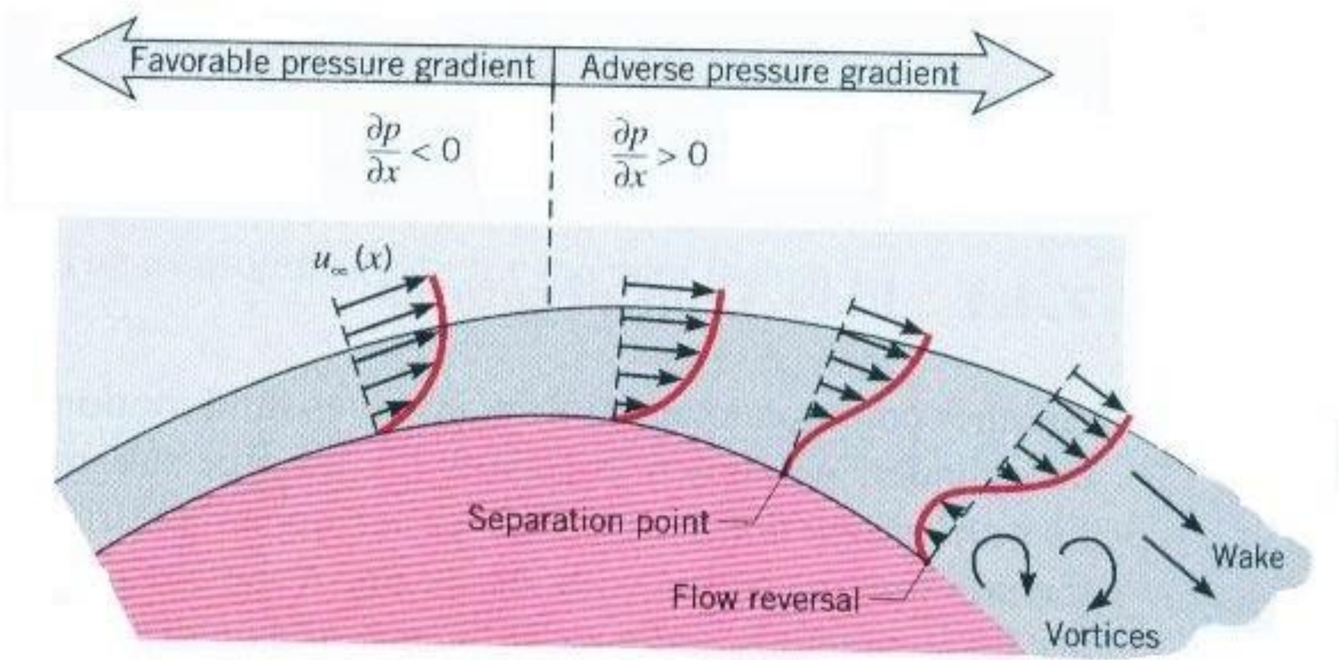
Conceitos básicos

- Escoamento real ao redor do corpo (α pequeno)

$$Re = \frac{\rho U L}{\mu}$$

Conceitos básicos

- Efeitos físicos:
- Arrasto (Fx): atrito + influência da *separação* na pressão



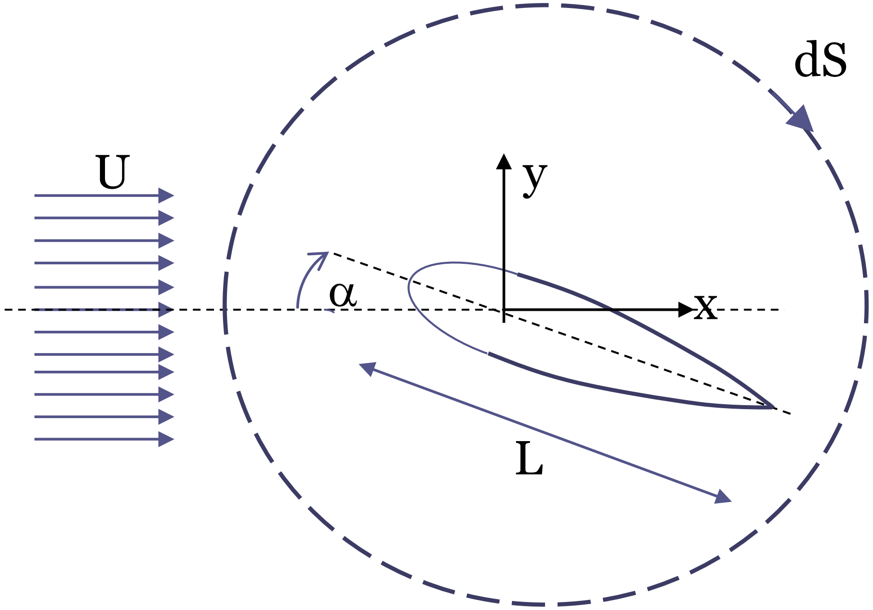
Conceitos básicos

- Efeitos físicos:
- Sustentação (Fy): diferença de pressão
  - Se Re>>1: pressão ~ pressão de escoamento potencial

Efeito da viscosidade: a separação da camada-limite junto ao bordo de fuga introduz circulação no escoamento

Conceitos básicos

- Sustentação (Fy): diferença de pressão
  - Teorema de Kutta-Joukowski



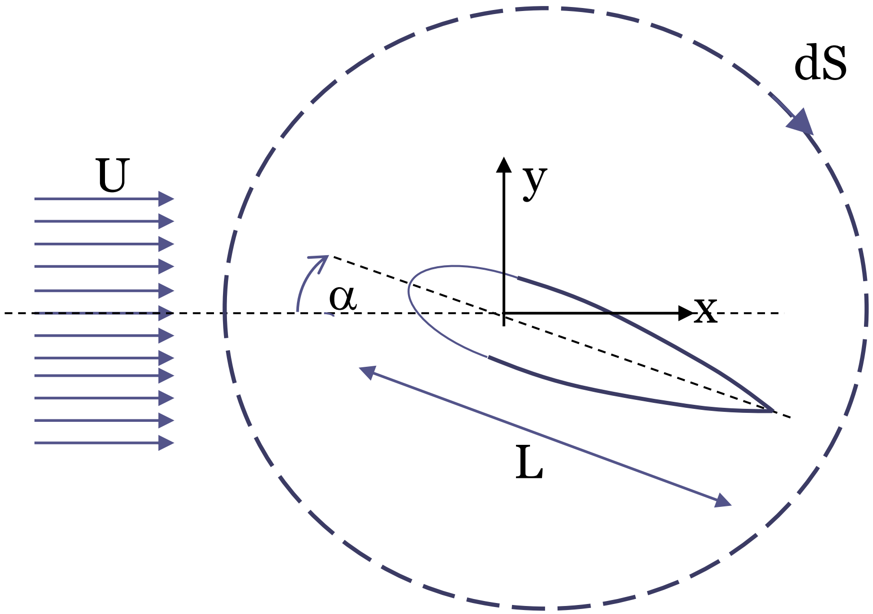
$$L = |Fy| = \rho U \Gamma$$

$$\Gamma = \oint \vec{v}\,.\,\overrightarrow{dS}$$

Conceitos básicos

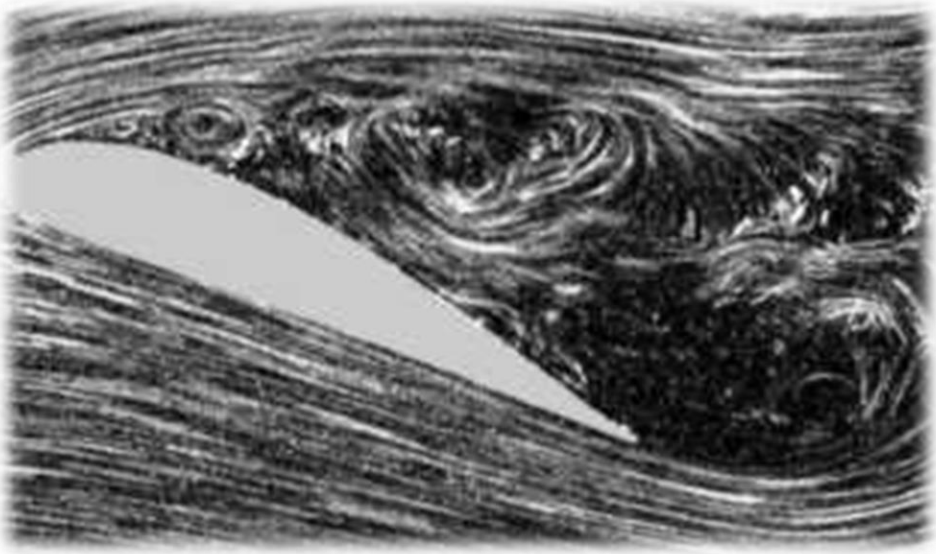
- Sustentação (Fy): diferença de pressão
  - Teoria de folios e Teoria de asas:

Escoamento potencial com *imposição* da circulação correta



Conceitos básicos

- Escoamento real ao redor do corpo (α grande)

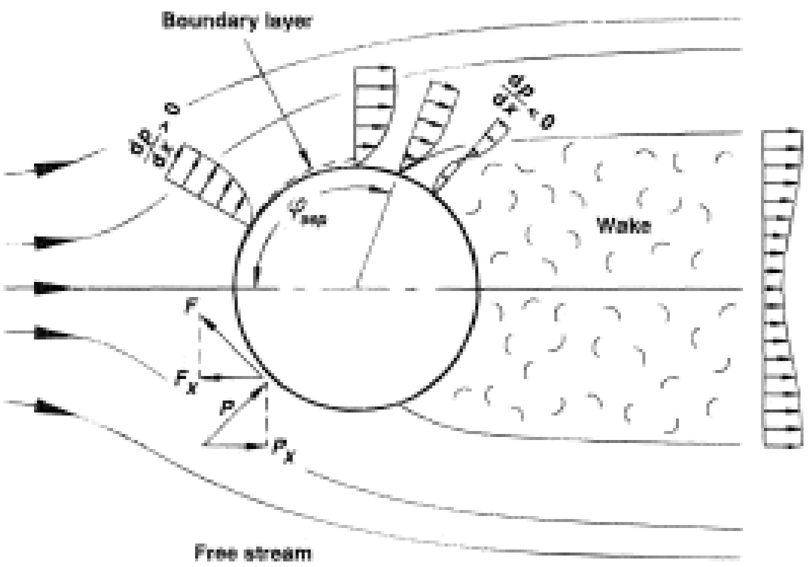


Fx: arrasto de forma/esteira

pressão ≠ pressão potencial

Conceitos básicos

- Escoamento uniforme ao redor de corpos "Rombudos"



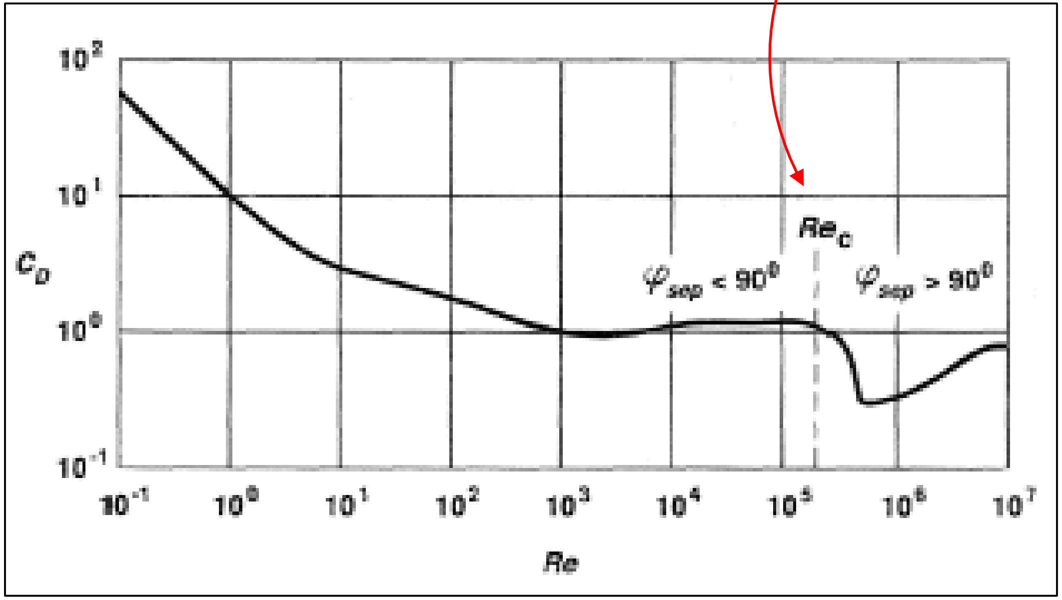
http://www.thermopedia.com/content/674/

Fx: arrasto de forma/esteira

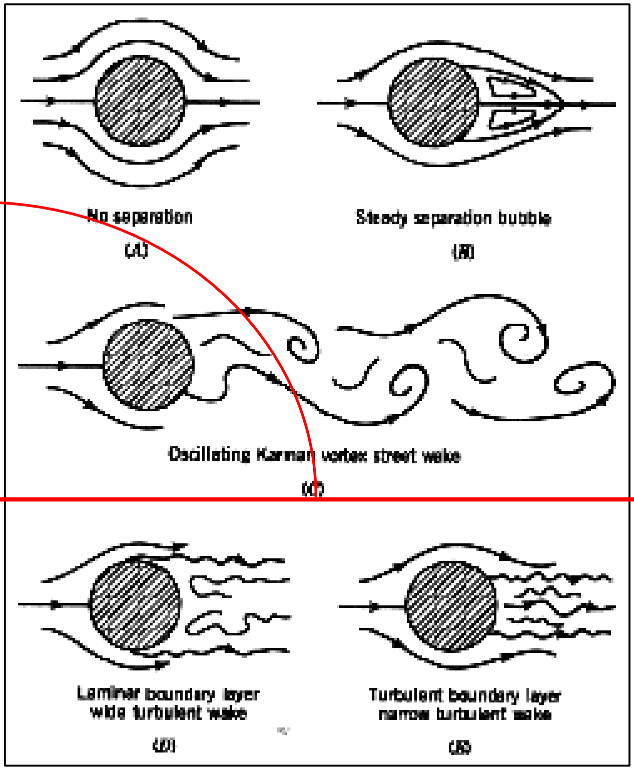
pressão ≠ pressão potencial

Conceitos básicos

- Escoamento uniforme ao redor de corpos "Rombudos"



http://www.thermopedia.com/content/674/



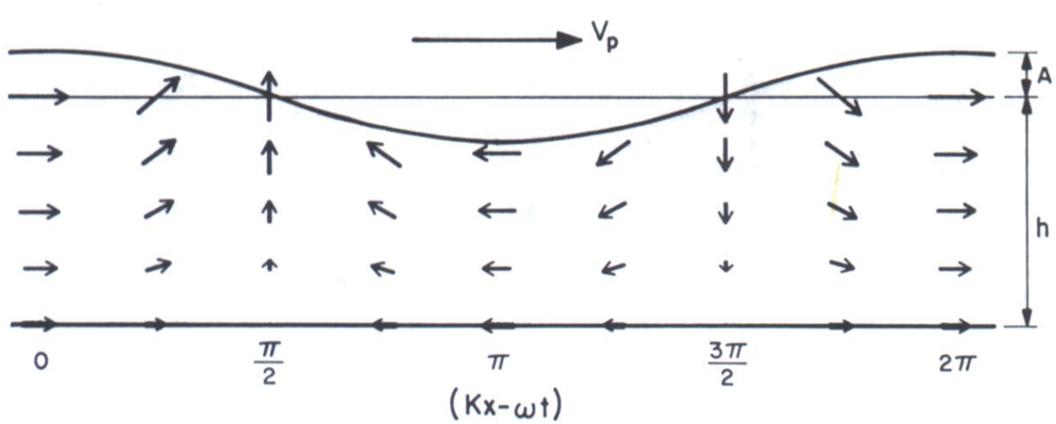
princeton.edu

Fx: arrasto de forma/esteira

pressão ≠ pressão potencial

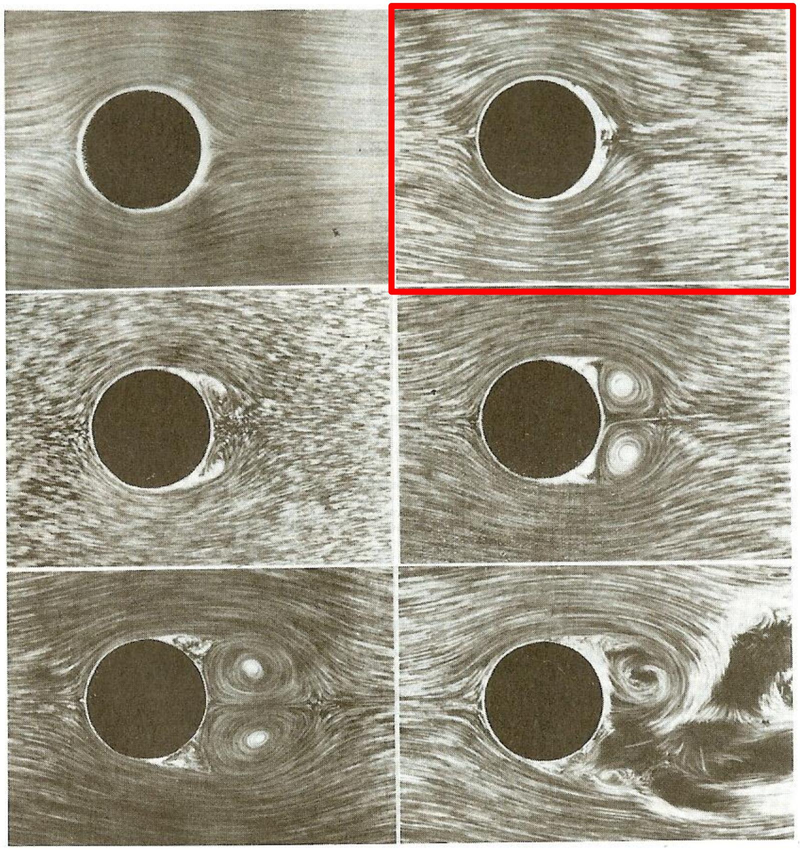
Conceitos básicos

- Escoamento ao redor de corpos “Rombudos”:
  - E se o escoamento for oscilatório no tempo??
  - Ex: escoamento induzido por ondas do mar



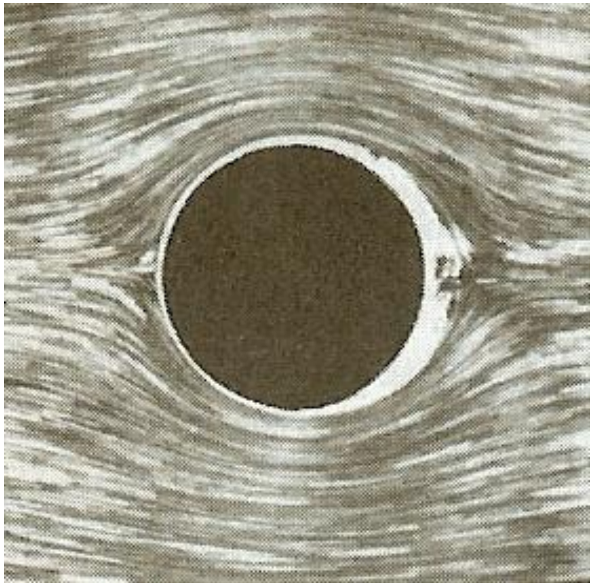
Newman, J.N. – Marine Hydrodynamics

Conceitos básicos



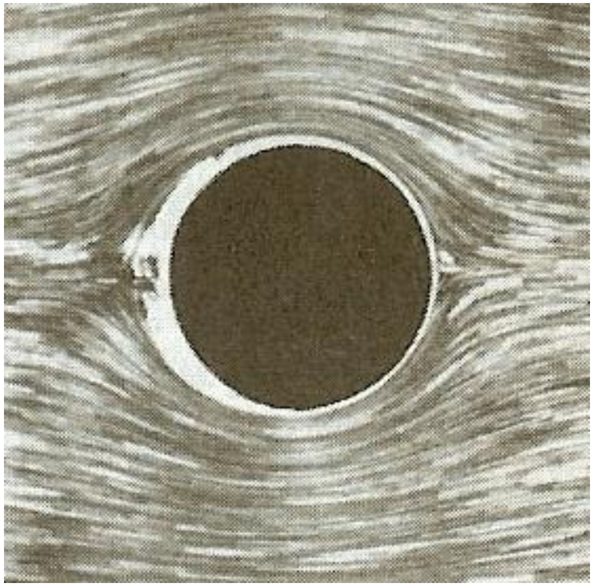
Cilindro em movimento impulsivo

Conceitos básicos



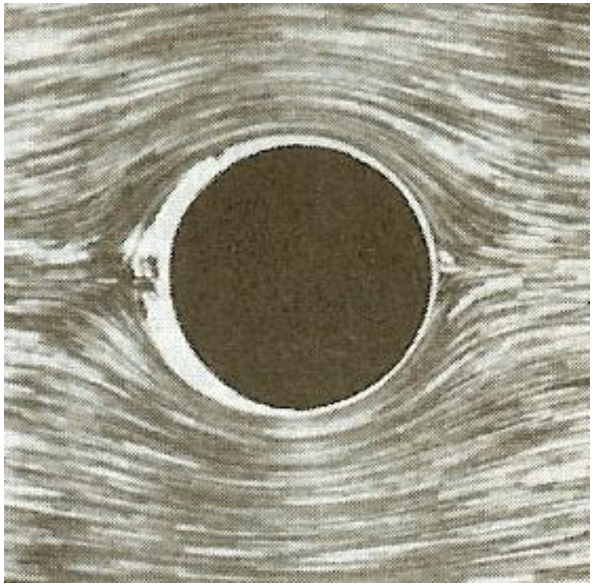
Cilindro em movimento oscilatório

Conceitos básicos



Cilindro em movimento oscilatório

Conceitos básicos



$$KC = \frac{UT}{D}$$

Se KC é baixo:

pressão ~ pressão potencial

Fluido Ideal: Eqs. de governo

- Fluido homogêneo, incompressível

- **Equação da continuidade** (*conservação de massa*):

$$\nabla.\vec{v} = 0$$

- **Equação do movimento** (conservação da quant. de movimento):

$$\rho\left(\frac{\partial\vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}.\nabla)\vec{v}\right) = -\nabla p + \rho\vec{g}$$

Equação de Euler

Fluido Ideal: Eqs. de governo

- Se o escoamento é irrotacional: $\nabla \times \vec{v} = 0$ $\Rightarrow$ $\boxed{\vec{v} = \nabla \phi}$

- **Equação da continuidade**:

$$\nabla . \vec{v} = \nabla^2 \phi = 0$$ *Equação de Laplace*

- **Equação do movimento (dedução na lousa)**:

$$\rho \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} \rho \nabla \phi . \nabla \phi + p + \rho g z = C(t)$$

Equação de Bernoulli

Massas adicionais de geometrias simples

- Corpos bidimiensionais (Newman, 1977)