BCJ0205-15

Fenômenos Térmicos

Prof. Paramita Barai

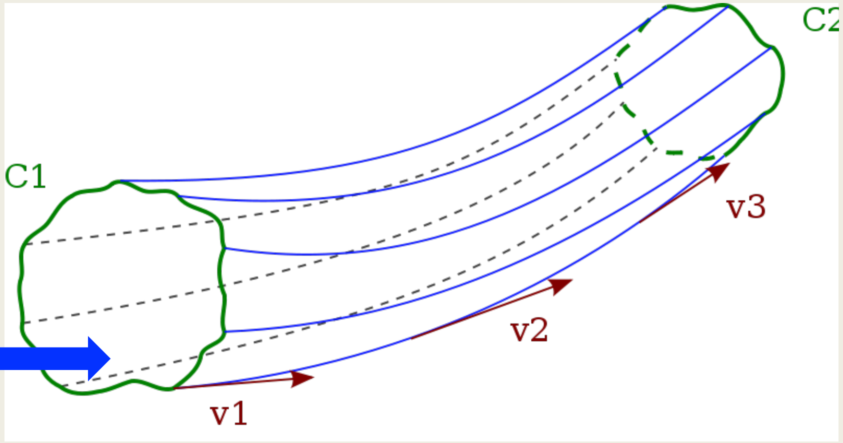
Modulo 1: Mecânica dos Fluidos

Capítulo 15 do livro texto

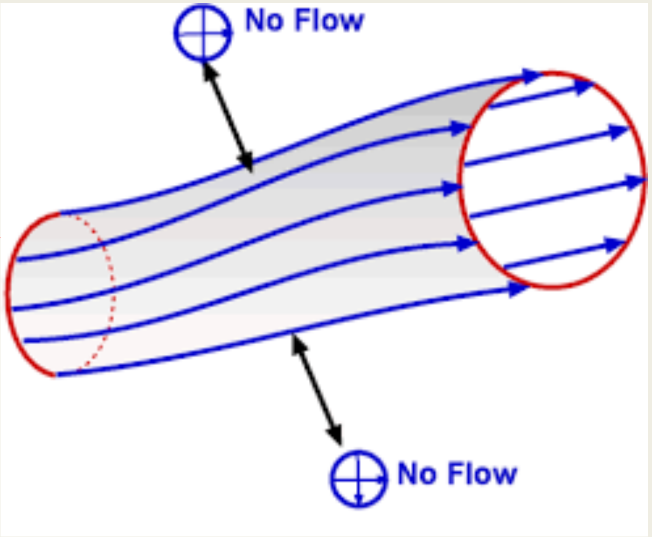
(Princípios de Física, Serway, Vol. 2)

Unidades 15.6, 15.7 (páginas 107–111)

1.6 - Linhas de Fluxo

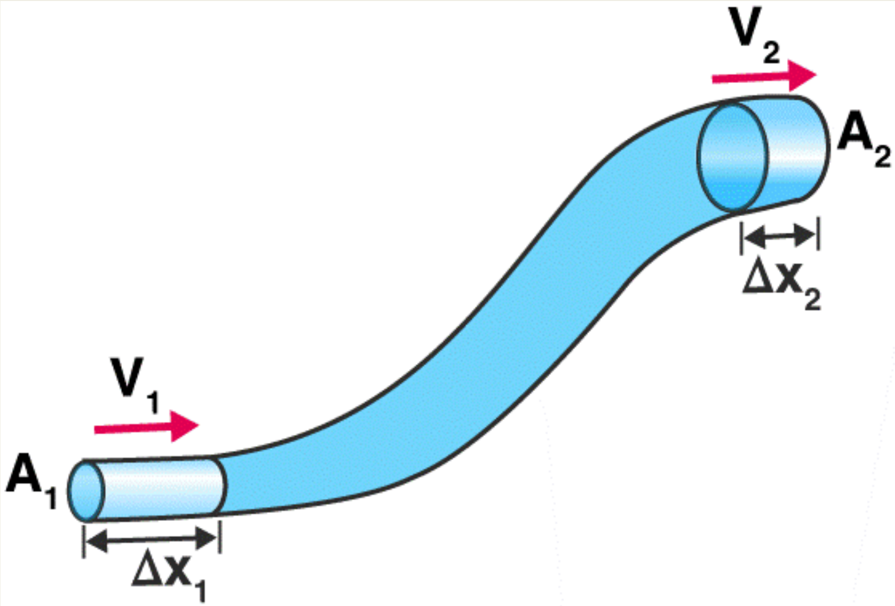


- O caminho seguido por uma partícula de fluido através de um fluxo estacionário = Linha de Fluxo
  - *Velocidade da partícula é sempre tangente às linhas de fluxo*



- Um conjunto de linhas de fluxo forma um Tubo de Fluxo
  - *As partículas de fluido não podem fluir perpendicularmente deste Tubo de Fluxo*

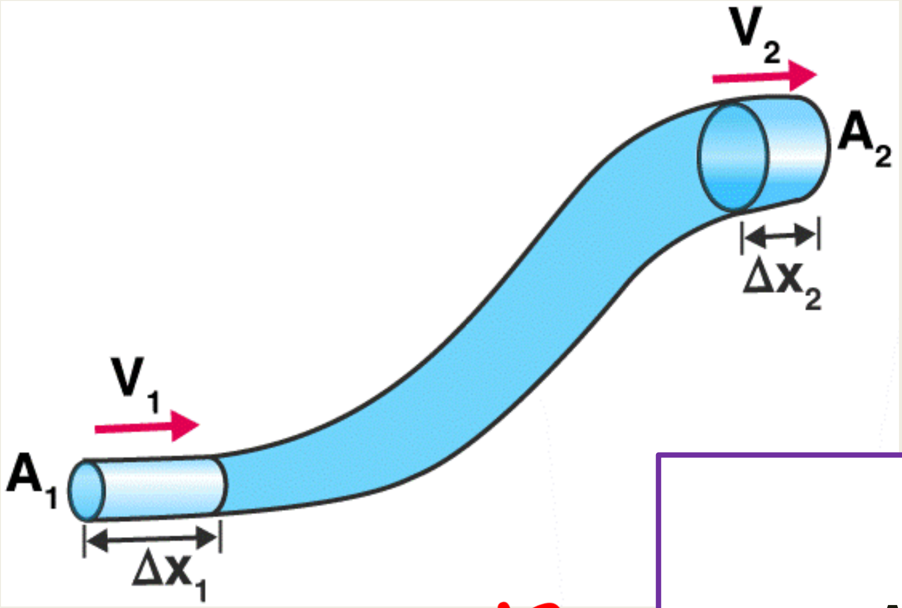
Equação da Continuidade para Fluidos



- Um fluido ideal (densidade, ρ constante) está fluindo através de um cano não uniforme.
- Parte esquerda do fluido flui através da área de seção transversal A_1 com velocidade v_1
- Por causa do fluxo estacionário, ao mesmo tempo, o fluido também flui no lado direito, mas por uma velocidade (v_2) e área (A_2) diferente

- Se, o intervalo de tempo = Δt
- Lado esquerdo:
  - *Comprimento* $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$ *do fluido se move através do área* A_1
  - *Massa de fluido se moveu,* $m_1 = \rho A_1 \Delta x_1 = \rho A_1 v_1 \Delta t$
- Lado direito:
  - *Comprimento* $\Delta x_2 = v_2 \Delta t$ *do fluido se move através do área* A_2
  - *Massa de fluido se moveu,* $m_2 = \rho A_2 \Delta x_2 = \rho A_2 v_2 \Delta t$

Equação da Continuidade para Fluidos



- Como o fluido é incompressível e estacionário,
- As massas do fluido que flui nos lados esquerdo e direito são iguais: $m_1 = m_2$

✓ A Equação da Continuidade

$$m_1 = m_2$$

$$\rho A_1 v_1 \Delta t = \rho A_2 v_2 \Delta t$$

$$\Rightarrow \boxed{A_1 v_1 = A_2 v_2} = \text{constante}$$

- Produto da área e da velocidade de um fluido ideal ao longo de todos os pontos de um cano é constante.

- $A\,v$ = [Volume / tempo] = **Volume de fluxo**, ou **Taxa de Fluxo**

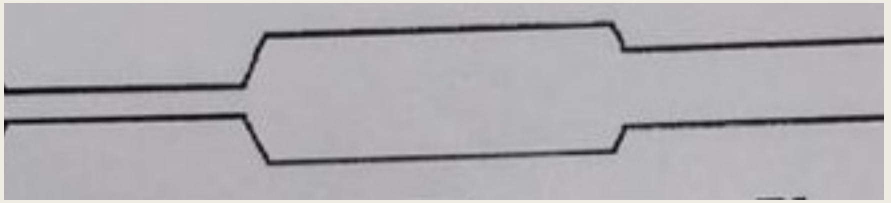
Cano de Mangueira de Jardim

- Uso diário da equação de continuidade de fluidos.

- A água sai pela extremidade aberta do tubo com uma certa velocidade.

- Quando você coloca um dedo ali, você vê que a água sai mais rápido.
  - *Seu dedo bloqueia parcialmente a abertura do cano,*
    - Diminui a área da seção transversal,
  - *Velocidade da água aumenta.*
    - Água viaja rapidamente e por uma distância maior.

Exercício



- A água está viajando a *5 m/s* em um tubo com diâmetro de *0,5 m*. O tubo aumenta gradualmente de tamanho para um diâmetro de *1,5m* e, em seguida, diminui gradualmente para um diâmetro de *1m*. Desconsiderando as perdas de energia devido às mudanças de fricção e pressão, **qual é a velocidade da água quando atinge o diâmetro do tubo de *1m*?**

<u>Solução</u>

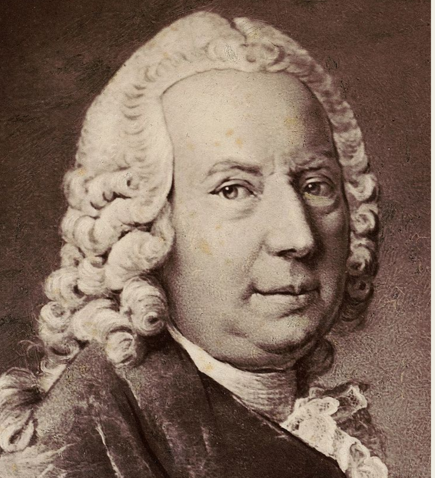
- Equação de continuidade de fluidos: $$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

- Reorganizando para v_2 :

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} = v_1 \frac{\pi \frac{d_1^2}{4}}{\pi \frac{d_2^2}{4}} = v_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

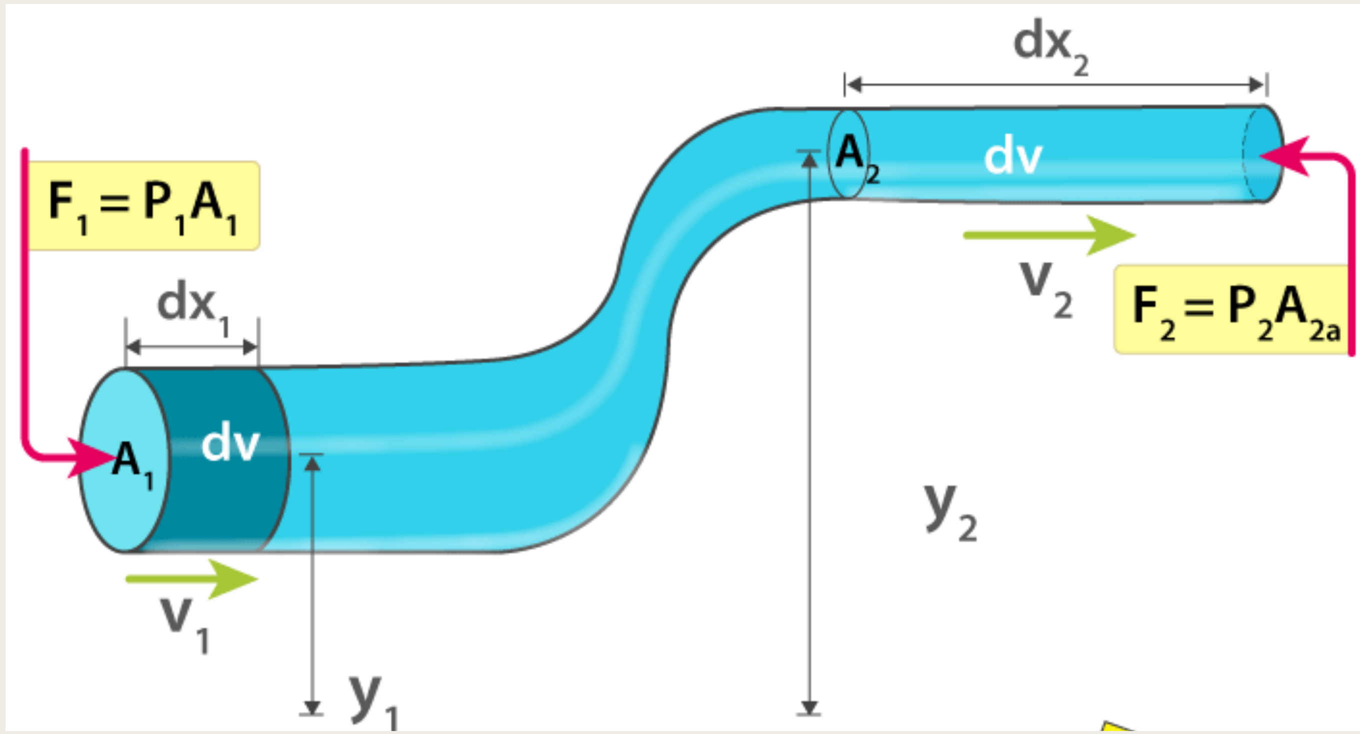
- Colocando os valores:

$$v_2 = (5\frac{m}{s})\frac{(0.5m)^2}{(1m)^2} = 0.25(5\frac{m}{s}) = 1.25\frac{m}{s}$$

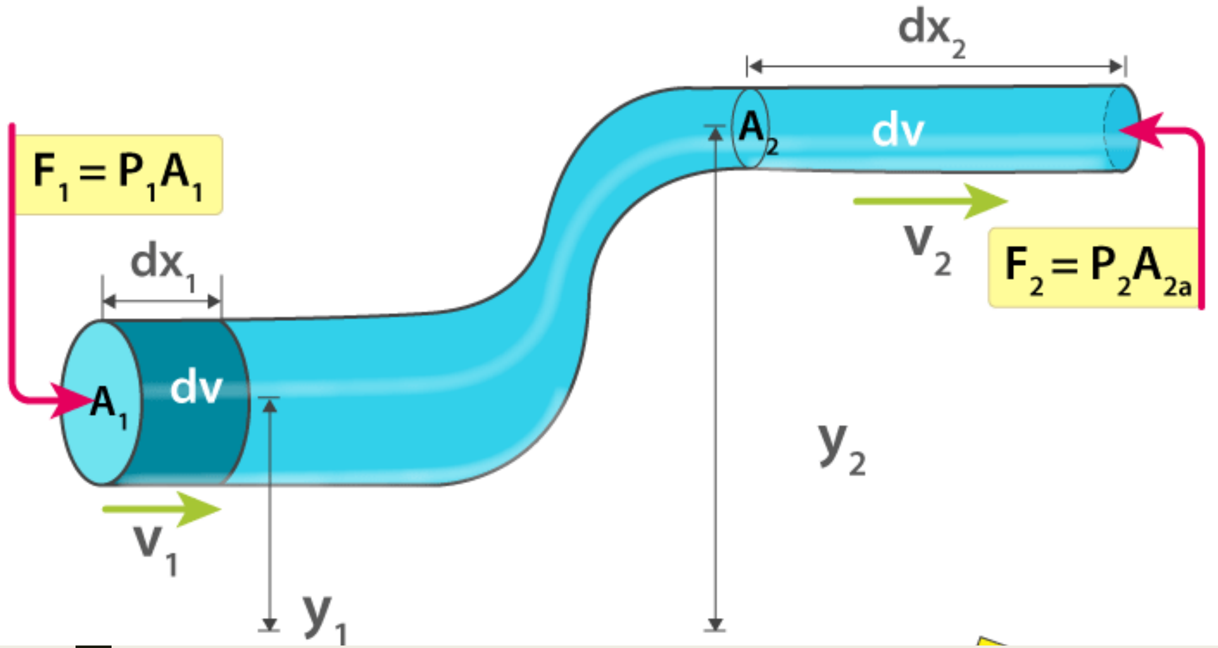


1.7 - Equação de Bernoulli

- Uma relação entre a velocidade do fluido, pressão e altura foi inventado pelo cientista suíço Daniel Bernoulli em 1738.



- Um fluido ideal (*ρ*=constante) está fluindo através de um cano não uniforme.
  - *Semelhante ao fluido usado para derivar a equação de continuidade.*
- 2 novas propriedades:
  - ***Forças* (F)** *nas extremidades externas do fluido.*
  - ***Alturas* (y)** *das partes do tubo acima da posição de referência* ***y=0.***

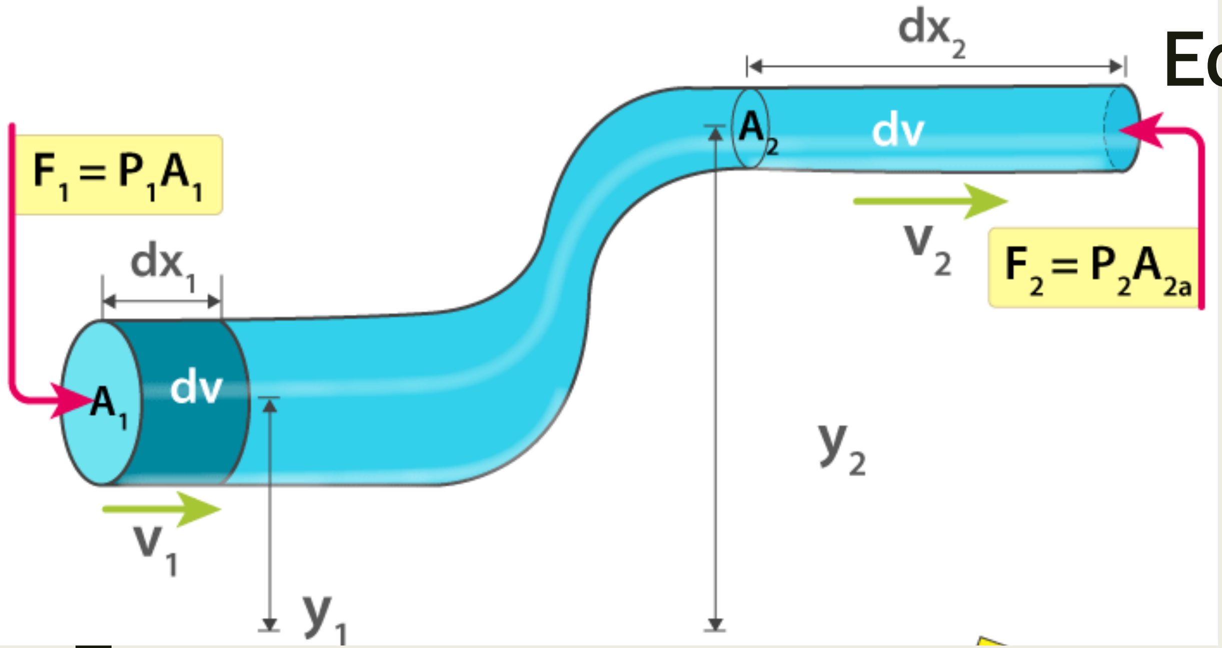


Equação de Bernoulli

- Intervalo de tempo = Δt
- Volume de fluido fluindo ao lado (esquerdo = direito):
  $V = A_1\, \Delta x_1 = A_2\, \Delta x_2$

- Lado esquerdo:
  - Força exercida pelo fluido, $F_1 = P_1\, A_1$
  - Trabalho realizado no fluido (Δx_1): $W_1 = F_1\, \Delta x_1 = P_1\, A_1\, \Delta x_1 = P_1\, V$
- Lado direito:
  - Força exercida pelo fluido, $F_2 = P_2\, A_2$
  - Trabalho realizado no fluido (Δx_2): $W_2 = F_2\, \Delta x_2 = P_2\, A_2\, \Delta x_2 = P_2\, V$

- Trabalho resultante no fluido: $\boxed{dW = W_1 - W_2 = (P_1 - P_2)\, V}$



Equação de Bernoulli

- Variação da Energia Cinética nos 2 lados:

$$dK = \frac{1}{2}m_2 v_2^2 - \frac{1}{2}m_1 v_1^2$$

- Variação na Energia Gravitacional Potencial:

$$dU = mgy_2 - mgy_1$$

- Conservação de Energia $\Longrightarrow$

$$dW = dK + dU$$

- Escrever cada termo usando equações antes $\Longrightarrow$

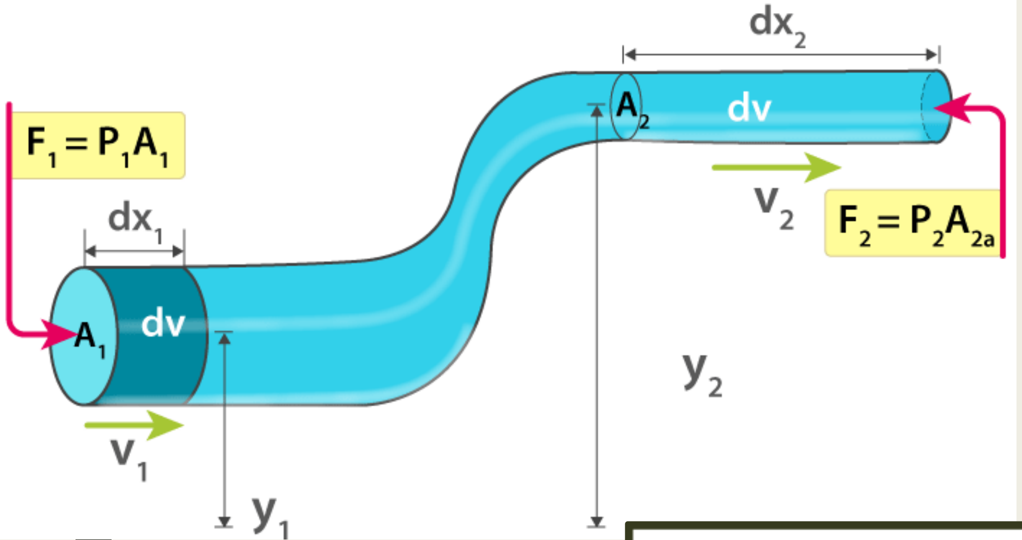
$$(P_1 - P_2)V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_2 - mgy_1$$

- Dividindo todos os termos por V $\Longrightarrow$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_2 - \rho g y_1$$

- Reorganizando os termos $\Longrightarrow$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

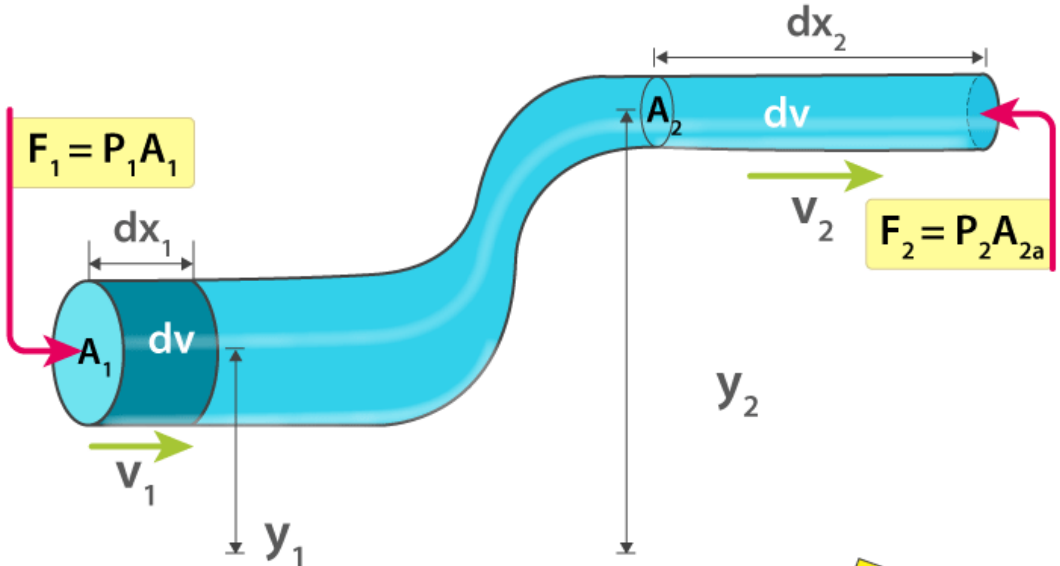


Equação de Bernoulli

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante}$$

- A soma da
  - Pressão (**P**), com a
  - Energia gravitacional potencial por unidade de volume (**$\rho g y$**), e com a
  - Energia cinética por unidade de volume (**$\frac{1}{2}\rho v^2$**),
- tem o mesmo valor em todos os pontos ao longo da linha de fluxo de um fluido.



Equação de Bernoulli em um Fluido em Repouso

- Velocidade do fluido, $v_2 = v_1 = 0$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Fluido em repouso, $\Longrightarrow P_1 + \rho g y_1 = P_2 + \rho g y_2$

ou, $\Longrightarrow P_1 - P_2 = \rho\, g\, (y_2 - y_1) = \rho\, g\, h$

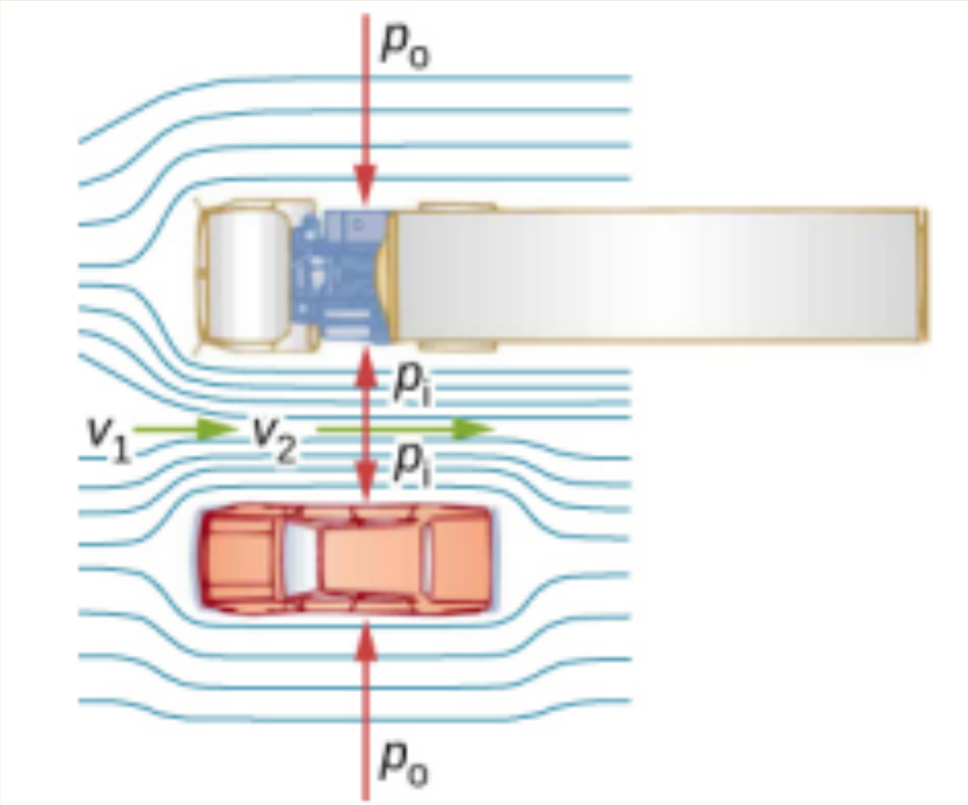
ou, $\Longrightarrow P_1 = P_2 + \rho\, g\, h$

- Equação de Bernoulli torna-se a equação de Variação da Pressão com a Profundidade
  - *(Unidade 1.2)*

$$P = P_0 + \rho g h$$

Efeito de Bernoulli entre um Caminhão na Rodovia e um Carro

- O ar que passa entre os veículos flui em um canal mais estreito (área menor)
  - Equação da Continuidade ⇒ Velocidade do ar aumenta
    - $v_2 > v_1$
  - Equação de Bernoulli ⇒ Pressão entre os veículos diminua
    - $P_i < P_0$
- Uma pressão maior do lado de fora empurra o carro e o caminhão juntos.



$$\boxed{\begin{aligned} A\,v &= \text{constante} \\ P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y &= \text{constante} \end{aligned}}$$