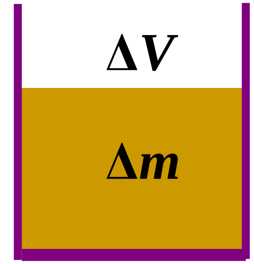
Capítulo 14 Fluidos

Neste capítulo vamos explorar o comportamento de fluidos.
Em particular, vamos estudar o seguinte:

- Fluidos estáticos;
- A pressão exercida por um fluido estático;
- Métodos de medição de pressão;
- Princípio de Pascal;
- Princípio de Arquimedes, a flutuabilidade (empuxo)
- Fluidos Real versus Fluidos ideal em movimento;
- Equação da continuidade;
- Equação de Bernoulli.



$$\boxed{\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}}$$

Fluidos.

Tal como o nome implica, um fluido é definido como uma substância que pode fluir.

Fluidos ocupar qualquer recipiente em que for colocado.

Num fluido não pode exercer uma força tangencial à sua superfície.

Só pode exercer uma força perpendicular à sua superfície.

Líquidos e gases são classificadas em conjunto, como fluidos para contrastar-los com os sólidos.

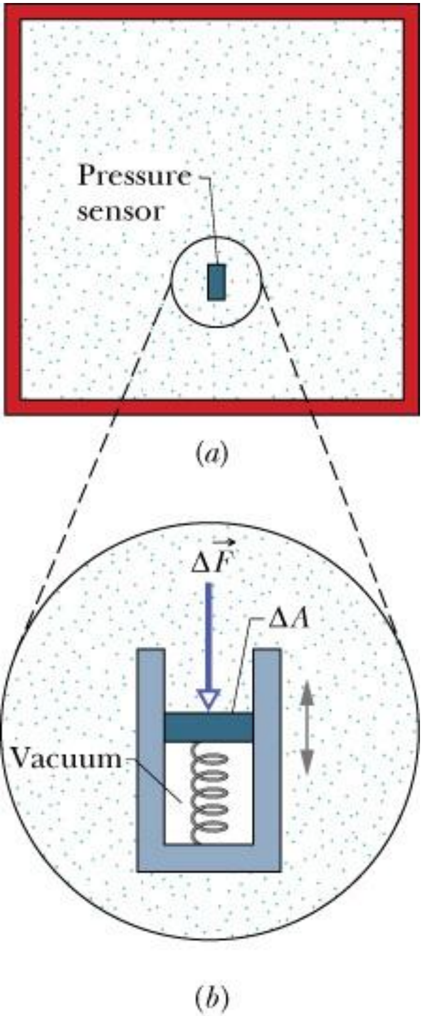
Em sólidos cristalinos, os átomos constituintes estão organizados em uma rígida três matriz dimensional regular conhecida como a "rede".

Densidade:

Considere o fluido mostrado na figura ao lado. Tem uma massa Δm e volume ΔV.   A densidade (simbolo ρ) é definida como a razão da massa em relação ao volume. $\rho = \dfrac{\Delta m}{\Delta V}$ no SI unit: kg/m^3

(14 - 2)

Se o fluido é homogénea a equação acima tem a forma: $\rho = \dfrac{m}{V}$



Pressão

Considere o dispositivo mostrado em destaque da figura ao lado, que é imerso num recipiente cheio de líquido. O dispositivo pode medir a força normal F exercida sobre o êmbolo a partir da compressão p da mola ligado ao pistão. Nos assumimos que o pistão tem uma área A. A pressão p exercida pelo fluido sobre o pistão é definida como $p = \dfrac{F}{A}$

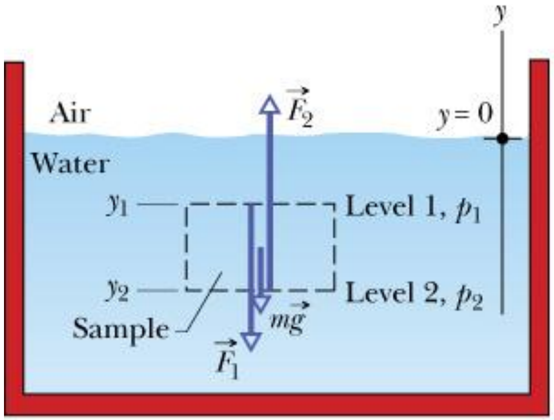
A unidade SI para a pressão é $\dfrac{\text{N}}{\text{m}^2}$ é conhecido como o pascal (símbolo: Pa). Outras unidades são a atmosfera (atm), o Torr, e a libra/cm^2. A atm é definido como a média pressão da atmosfera ao nível do mar

$$1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ Torr} = 14.7 \text{ libra/cm}^2$$

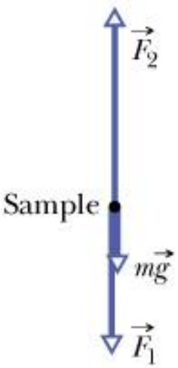
Experimentalmente pode verificar-se que a pressão p, em qualquer ponto no interior do fluido tem o mesmo valor, independentemente da orientação do cilindro. A suposição é feita no fluido está em repouso.

$$\boxed{p = \frac{F}{A}}$$

(14-3)



(*a*)



(*b*)

$$\boxed{(p_2 - p_1) = \rho g (y_1 - y_2)}$$

$$\boxed{p = p_o + \rho g h}$$

(14-4)

Fluidos em repouso

Considere o tanque mostrado na figura. Ela contém um fluido de densidade ρ em repouso. Iremos determinar a pressão diferença $p_2 - p_1$ entre o ponto 2 eo ponto 1 cuja y-coordenadas são y_2 e y_1 , respectivamente. Considerar uma parte do fluido sob a forma de um cilindro indicado por as linhas tracejadas na figura ao lado. Este é o nosso "sistema" e a sua está em equilíbrio. A condição de equilíbrio é:

$F_{ynet} = F_2 - F_1 - mg = 0$ Aqui F_2 e F_1 são as forças exercida pelo resto do fluido na parte inferior e faces de topo do cilindro, respectivamente. Cada face tem uma área A.

$$F_1 = p_1 A \;,\quad F_2 = p_2 A \;,\quad m = \rho V = \rho A (y_1 - y_2)$$

Se substituirmos na conditon equilíbrio temos:

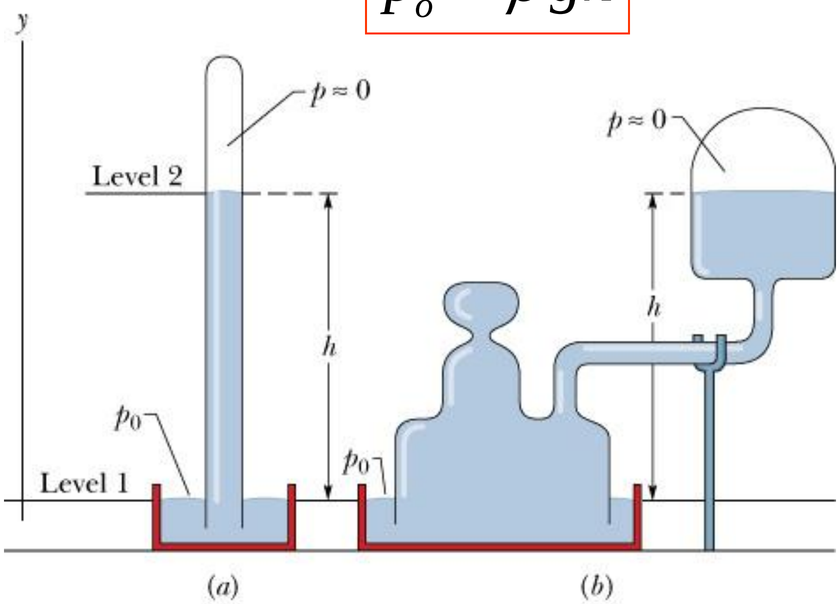
$$p_2 A - p_1 A - \rho g A (y_1 - y_2) = 0 \rightarrow (p_2 - p_1) = \rho g (y_1 - y_2)$$

Se tomarmos $y_1 = 0$ e $h = -y_2$ então $p_1 = p_o$ e $p_2 = p$

A equação acima toma a forma: $p = p_o + \rho g h$

Nota: A diferenca p - p_0 e conhecido como "pressao manometrica"

$$\boxed{p_o = \rho g h}$$



O Barômetro de Mercúrio

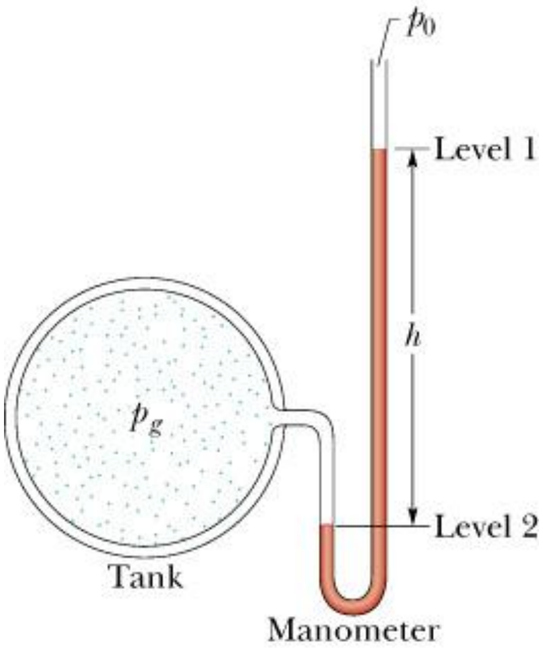
O barômetro de mercúrio mostrado na figura ao lado foi construído pela primeira vez por Evangelista Toricelli. É constituída por um tubo de vidro de comprimento aproximadamente igual a 1 metro. O tubo é cheio com mercúrio e, em seguida, ele é invertido com a sua extremidade aberta imerso em um prato preenchido também com mercúrio.

O espaço no tubo acima do mercúrio pode ser considerado como vazio.

Se tomarmos $y_1 = 0$ e $y_2 = h$ então $p_1 = p_o$ e

$$\left(p_2 - p_1\right) = \rho g\left(y_1 - y_2\right) \rightarrow p_o = \rho g h$$

Notamos que a altura h não não depende da área transversal A do tubo. Isto é ilustrado na fig.b. A altura média da coluna de mercúrio ao nível do mar é igual a 760 mm



O manômetro de tubo aberto

O manómetro de tubo aberto consiste de um tubo em U que contém um líquido. Uma extremidade está ligada ao espaço para o qual desejamos medir a pressão manométrica.

A outra extremidade está aberta para a atmosfera.

No nível 1: $y_1 = 0$ e $p_1 = p_o$

No nível 2: $y_2 = -h$ e $p_2 = p$

$$p_2 = p_1 + \rho g h \rightarrow p - p_o = \rho g h \rightarrow$$

$$p_g = \rho g h$$

Se medirmos o comprimento h e se assumirmos que g é conhecido, pode-se determinar p_g

A pressão manométrica pode apresentar tanto positivo ou valores negativos.

$$\boxed{p_g = \rho g h}$$

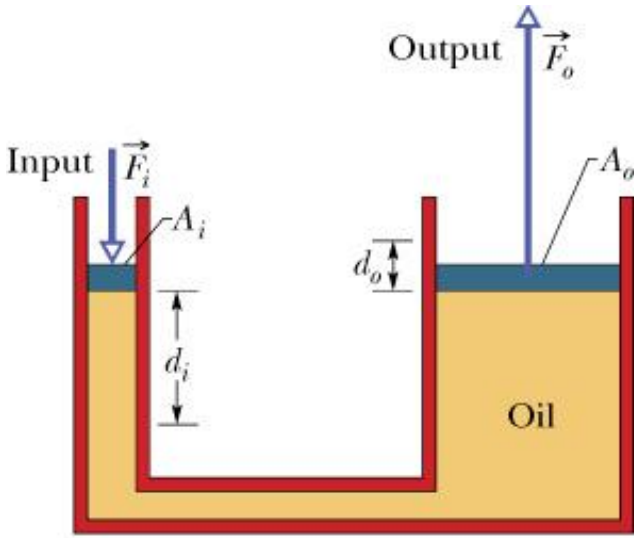
(14-6)

Princípio de Pascal ea alavanca hidráulico

Princípio de Pascal pode ser formulado como se segue:

$$F_o = F_i \frac{A_o}{A_i}$$

Uma alteração na pressão aplicada a um líquido incompressível fechado é transmitida intacta para cada porção do fluido e para o paredes do recipiente.



Considere o recipiente fechado mostrado na figura que contém um líquido. Uma força F_i é aplicado se para baixo até que o pistão esquerda da área A_i. Como resultado, uma força para cima F_o aparece no lado direito pistão que tem área A_o.

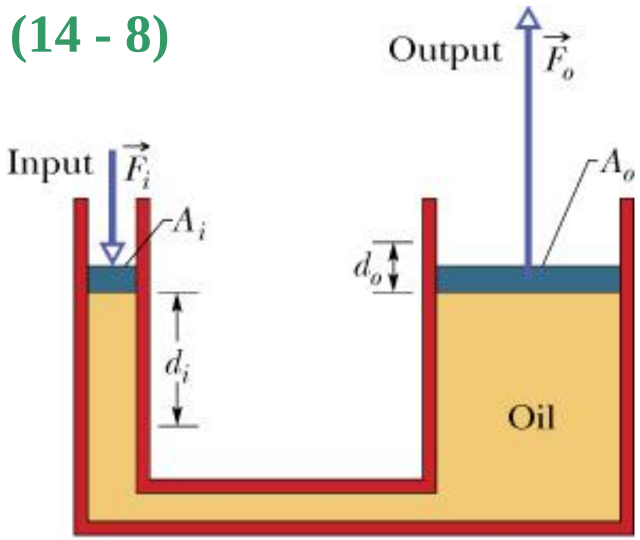
A força F_i produz uma mudança na pressão $\Delta p = \frac{F_i}{A_i}$

Esta mudança irá também aparecem no pistão direito. Assim, temos:

$$\Delta p = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o} \rightarrow F_o = F_i \frac{A_o}{A_i} \qquad \text{If } A_o > A_i \rightarrow F_o > F_i$$

(14-7)

(14 - 8)



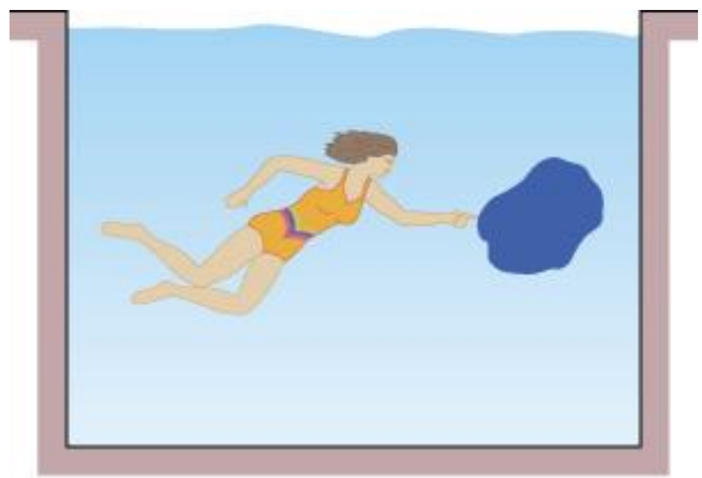
Macaco hidráulica; considerações de energia

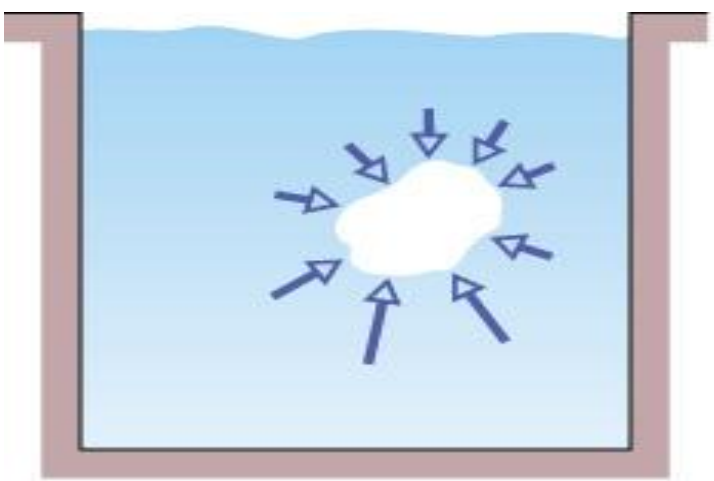
Um macaco hidráulico, mostrado na figura é enchido com um líquido incompressível. Assumimos que, sob a acção da força F_i pistão para o esquerda para baixo viagens a uma distância d_i. No mesmo tempo, o pistão para a direita viaja para cima por uma distância d_o. Durante este movimento de assumimos que um volume V de líquido é deslocado em ambos os êmbolos

$$V = A_i d_i = A_f d_f \rightarrow d_o = d_i \frac{A_i}{A_o} \quad \textbf{Nota: } \text{Desde que } A_o > A_i \rightarrow d_o < d_i$$

O trabalho efetuado é $W_o = F_o d_o = \left(F_i \frac{A_o}{A_i}\right)\left(d_i \frac{A_i}{A_o}\right)$ Assim

$W_o = F_i d_i = W_i$. O trabalho feito sobre o pistão esquerdo por F_i é igual para o trabalho feito por o pistão para a direita na elevação de uma carga colocada sobre ela. Com uma alavanca hidráulica uma dada força F_i aplicado sobre uma distância d_i pode ser transformado em uma força maior F_o aplicado sobre uma distância menor d_o





(a)

$$\boxed{F_b = \rho_f g V}$$

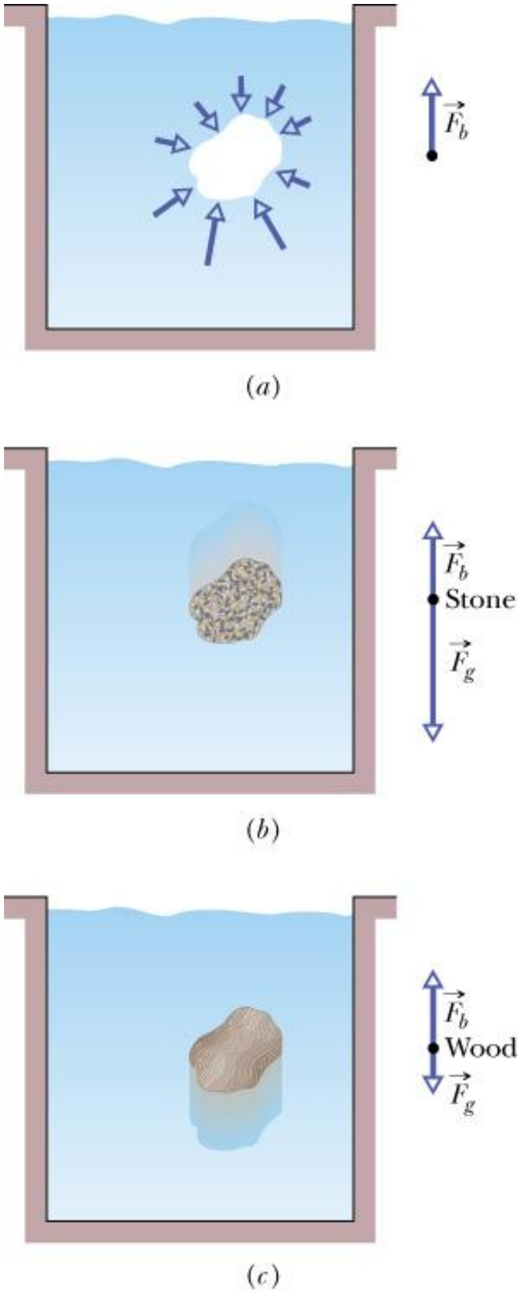
Força de Empuxo

Considere um saco muito fino de plástico que é enchido com água. O saco está em equilibrio, assim, o força resultante agindo sobre ele deve ser zero. Além disso para a força gravitacional $\vec{F}_g$ existe uma segunda $\vec{F}_b$ conhecido como "força de empuxo" que equilibra $\vec{F}_g$. $F_b = F_g = m_f g$

Aquí m_f é a massa de água no saco.

Se V Vé o volume do saco, temos: $m_f = \rho_f g V$

Assim, a magnitude da força de empuxo $F_b = \rho_f g V$. $\vec{F}_b$ existe porque a pressão no saco exercida pela água circundante aumenta com a profundidade. A soma vetorial todos os pontos as forças para cima, como mostrado na a figura.



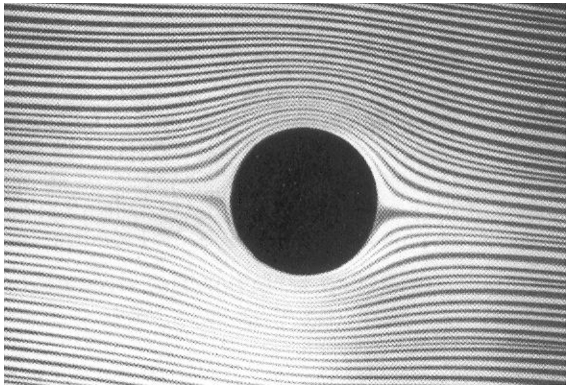
Princípio de Arquimedes

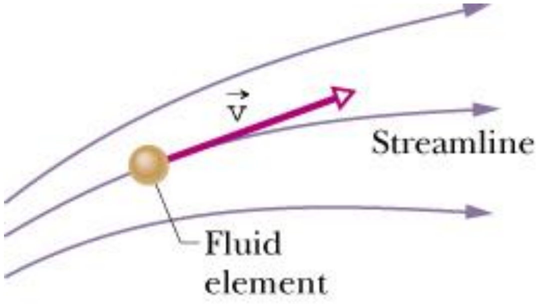
Considere as três figuras para a esquerda. Eles mostram três objetos que têm o mesmo volume (V) E forma mas são feitas de materiais diferentes. O primeiro é feito de água, o segundo de pedra, eo terceiro de madeira. A força de empuxo F_b em todos os casos é o mesmo: $F_b = \rho_f g V$ Este resultado é conhecido como "Princípio Arhimedes" Quando um corpo está totalmente ou parcialmente submerso num fluido uma força empuxo $\vec{F}_b$ é exercida sobre o corpo pelo fluido circundante. Esta força é dirigida para cima e sua magnitude é igual ao peso m_fg do fluido que foi deslocado pelo corpo.

Notamos que o corpo submerso está em equilíbrio com $F_g = F_b$. Na fig.b $F_g > F_b$ a pedra acelera para baixo In fig.c $F_b > F_g$ acelera a madeira para cima.

Fluidos ideais:
O movimento de fluidos reais é muito complicado e não é totalmente compreendido. Por esta razão, vamos discutir o movimento de um fluido ideal que é mais simples DE descrever. Abaixo descrevemos as características de um fluido ideal.

1. Fluxo constante. A velocidade v do fluido em movimento em qualquer ponto fixo não se altera com o tempo. Este tipo de fluxo é conhecido como "laminar".
2. Escoamento incompressível. O suposição que é feita de que o fluido em movimento é incompressível ou seja, sua densidade é uniforme e constante.
3. Fluxo Não viscoso. A viscosidade em fluidos é uma medida de como resiste a fluir. Viscosidade em fluidos é o análogo de atrito entre os sólidos. Tanto mecanismos de converter a energia cinética em energia térmica (calor). Um objeto movendo-se em um fluido não-viscoso experimenta nenhuma força de arrasto.
4. Fluxo irrotacional. Uma partícula pequena que se move com o fluido não irá rodar torno de um eixo através do seu centro de massa.



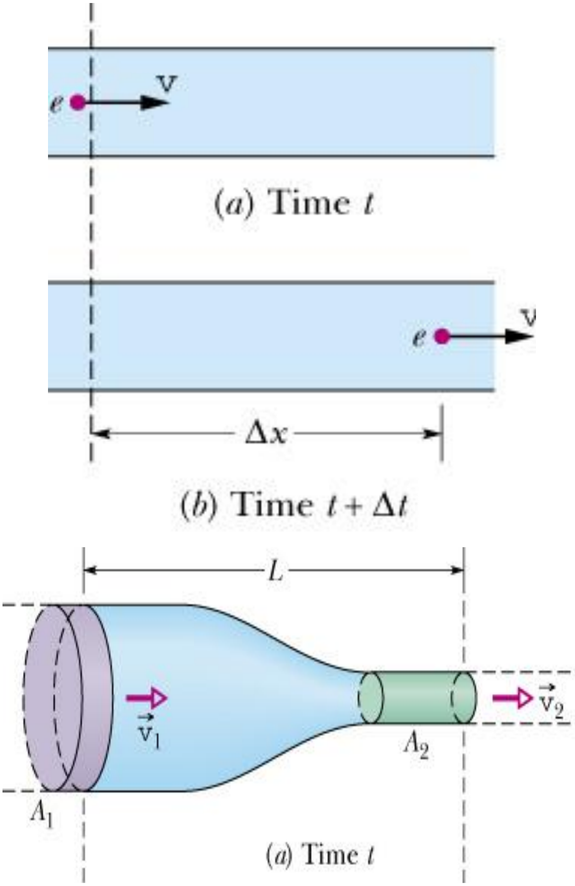


(14 - 12)

Linhas de corrente

O fluxo de um fluido pode ser tornar visível pela adição de um marcador. No caso de um líquido do traçador pode ser um corante. Um exemplo é dada na figura ao lado esquerda.

No caso do gás partículas de fumo pode ser usado como um marcador. Cada partícula traçador visível segue uma linha que é
um caminho que um elemento fluido tomaria. A velocidade v de um elemento de fluido é sempre tangente a uma linha de corrente, da mesma maneira que a velocidade de um objeto em movimento é tangente ao caminho em qualquer ponto. Duas linhas de corrente não se cruzam. Se elas tivessem velocidades diferentes, cada uma corresponderia uma linhas de corrente e um ponto diferente na linha de intersecção. Isto seria fisicamente sem sentido.



Equação da Continuidade

Nesta secção, considerar o fluxo de um fluido através de um tubo, cuja área de secção transversal A não é constante. Nós vamos encontrar a equação que conecta a área Acom a velocidade do fluido v.

Considere um elemento líquido "e" que se move com acelerar vatravés de um tubo de área em corte transversal A. Em um intervalo de tempo Δt elemento percorre uma distânci $\Delta x = v\Delta t$ tcomo mostrado na fig.b. O volume de fluido ΔV é dada pela equação: $\Delta V = A\Delta x = Av\Delta t$

Assumir que o fluido do volume ΔV e velocidade v_1 entra no tubo a partir da sua extremidade esquerda. A área em corte transversal do lado esquerdo é A_1.

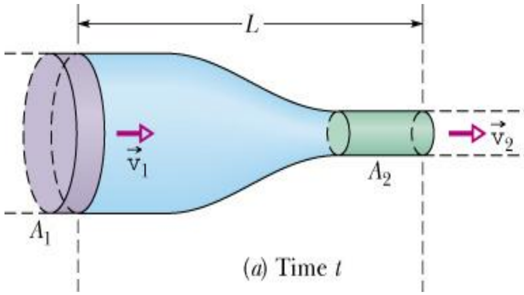
As mesmas saídas de volume no lado direito do tubo que tem área transversal A_2. $\Delta V = A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t \rightarrow$

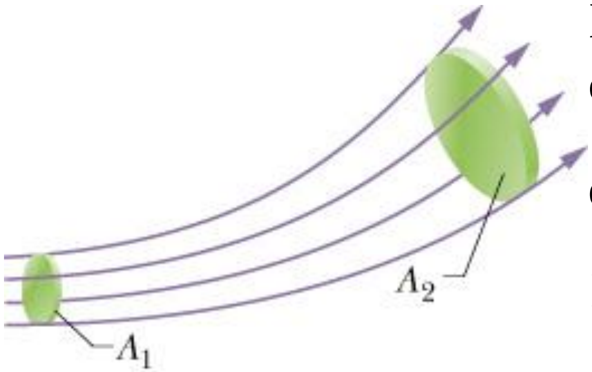
$A_1 v_1 = A_2 v_2$ A equação de continuidade é baseado na suposição de que o fluido é incompressíve

(14-13)

$$\boxed{A_1 v_1 = A_2 v_2}$$

$$\boxed{R_V = Av = \text{ cte}}$$





Se resolvermos a equação de continuidade para v_2 nos tomamos:

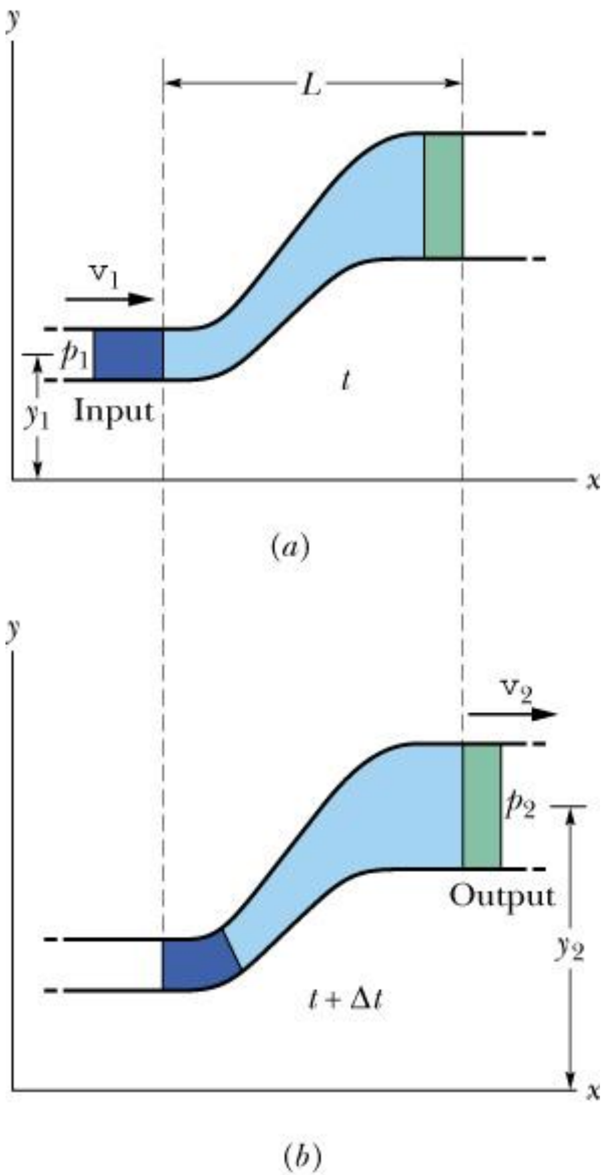
$v_2 = v_1 \dfrac{A_1}{A_2}$ If $A_2 < A_1$ então $v_2 > v_1$. Em outras palavras, se o tubo estreita as velocidades de fluido para cima. O oposto também é verdadeiro: Se $A_2 > A_1$ então $v_2 < v_1$ Em pontos onde o tubo se torna maior, o fluido desacelera. A equação de contimuity também é verdadeiro para um tubo de fluxo, que é uma secção do fluido delimitada por linhas de fluxo. Isto é assim porque simplifica porque linhas de fluxo uma não podem atravessa-la e, por conseguinte, todo o fluido no interior do tubo permanece dentro de sua fronteira. $R_V = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} = \dfrac{vA\Delta t}{\Delta t} = vA$

Nós podemos definir a a taxa de variação de volume (fluxo)

$$R_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta V}{\Delta t} = \rho R_V = \rho A v$$

(14 - 14)

A equação da continuidade pode ser escrita na forma: $R_V = Av = \text{ cte}$



(14 - 15)

Equação de Bernoulli

Considere um fluido ideal que flui através do tubo mostrado na figura. Um volume de fluido ΔV enVentra à esquerda na altura do y_1 com a velocidade v_1 sob pressão p_1. As mesmas saídas de volume no lado direito em altura y_2 com a velocidade v_2 sob pressão p_2. Nós aplicamos o teorema da energia cinética-trabalho. $W = \Delta K$. **(eqs.1)** A variação da energia cinética

$$\Delta K = \frac{\Delta m v_2^2}{2} - \frac{\Delta m v_1^2}{2} = \frac{\rho \Delta V}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right) \quad \textbf{(eqs.2)}$$

O trabalho W tem dois termos. Um termo $\left(W_g\right)$ da força gravitacional e um segundo $\left(W_p\right)$ da força de pressão:

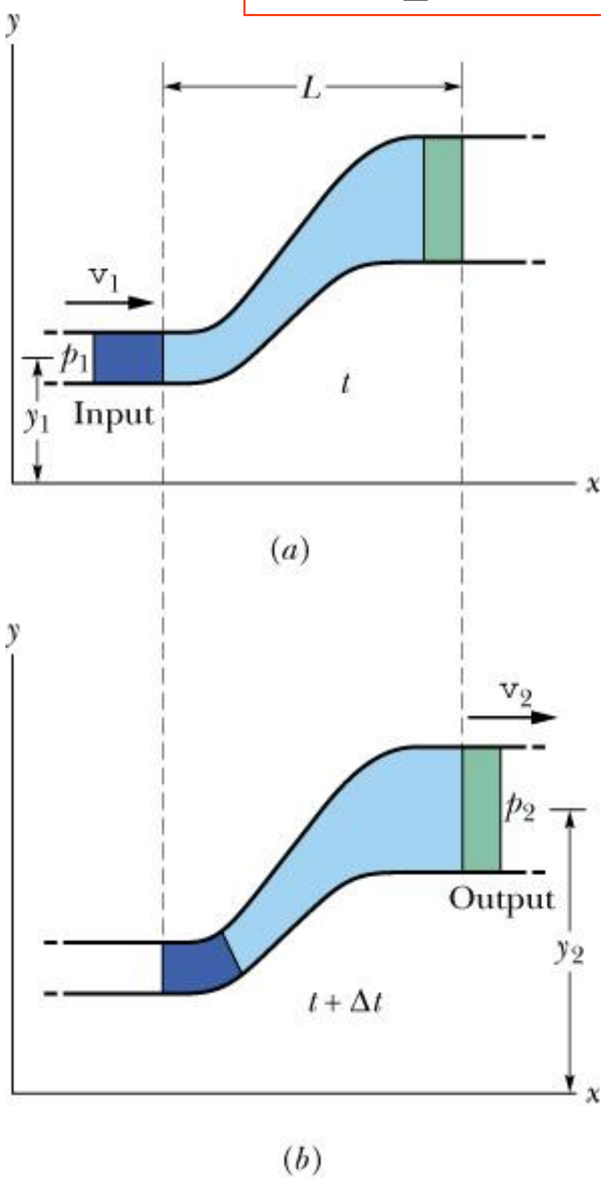
$$W = W_g + W_p \qquad W_g = -\Delta m g\left(y_2 - y_1\right)$$

$$W_g = -\rho g \Delta V\left(y_2 - y_1\right) \quad W_p = p_1 A_1 \Delta x_1 - p_2 A_2 \Delta x_2$$

$$W_p = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V = -\left(p_2 - p_1\right)\Delta V$$

$$W = -\rho g \Delta V\left(y_2 - y_1\right) - \left(p_2 - p_1\right)\Delta V \quad \textbf{(eqs.3)}$$

$$\boxed{p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g y_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g y_2}$$



Equatio de Bernoulli

$W = \Delta K.$ **(eqs.1)** ; $\Delta K = \frac{\rho \Delta V}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right)$ **(eqs.2)**

$W = -\rho g \Delta V\left(y_2 - y_1\right) - \left(p_2 - p_1\right)\Delta V$ **(eqs.3)**

Se nós substituimos ΔK da eqs.2 e W da eqs.3 dentro da equação .1 nós temos:

$$\frac{\rho \Delta V}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right) = -\rho g \Delta V\left(y_2 - y_1\right) - \left(p_2 - p_1\right)\Delta V$$

Se reorganizar os termos temos:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g y_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g y_2$$

Para o caso especial em que $y_1 = y_2$ temos

$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ Esta equação afirma que:

Se a velocidade de um elemento de fluido aumenta à medida que o elemento viaja ao longo de uma horizontal racionalizar, a pressão deve diminuir.