Mecânica dos Fluidos

Nota: Nesta seção vamos aplicar um procedimento didático alternativo:

⇝ Em vez de apresentarmos uma teoria para depois a aplicarmos na solução de problemas; vamos antes apresentar um problema a ser resolvido e então buscarmos os conhecimentos necessários para resolvê-lo.

⇝ Tática: Uma das principais dificuldades apresentadas por estudantes em estágios iniciais, no que diz respeito à solucionar problemas, está na interpretação do texto relacionado. Em particular, problemas de física apresentam grandezas e conceitos não compreendidos ou mesmo desconhecidos pelo estudante. Como consequência, se qualquer variável ou conceito relacionado com um enunciado não for compreendido, então a solução do problema se torna "impossível" ou sem uma interpretação física plausível.

O que faremos? Colocaremos um problema a ser resolvido. Durante a leitura do enunciado, listaremos todas as palavras ou frases que não compreendemos. Com esta lista em mãos vamos pesquisar os significados e conceitos físicos associados, bem como as formas físicas/matemáticas como as variáveis se relacionam.

⇝ Com as informações em mãos estaremos aptos a resolver o probema em questão, bem como outros problemas que envolvam os conceitos estudados

Vamos então dar início através de um problema da Física dos Fluidos.

Exercício 1 - Halliday 6ª Ed. - Cap. 15 - pag. 64

Determine o aumento de pressão do fluido em uma seringa quando uma enfermeira aplica uma força de 42 N ao pistão circular da seringa, que tem um raio de 1,1 cm.

Passo 1) Ler e listar tudo aquilo que não for compreendido ou que não fizer parte do vocabulário do leitor.

Lista:
1) Pressão
2) Fluido
3) O que mais puder influenciar em (1) e (2).

Estudo:

1) Pressão é definida como força por unidade de área superficial.

$$\Rightarrow \quad P \equiv \frac{F_\perp}{A}$$

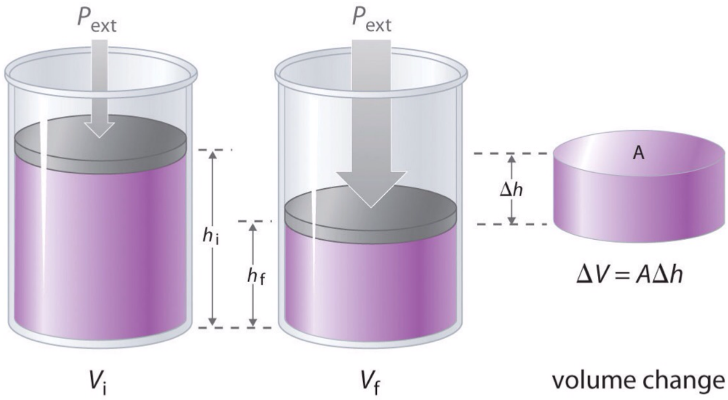
; onde $F_\perp$ denota a componente da força perpendicular à área A.

Eq. (1) - Fluidos

2) Fluidos: Tratam-se de materiais que podem escoar de forma a ocuparem todos os espaços dentro de um reservatório onde forem colocados.

3) Quais fatores podem afetar a pressão sobre fluidos em reservatórios?

Se considerarmos, em princípio, um recipiente fechado preenchido com um fluido qualquer, como a seringa do problema, similar à ilustração abaixo:



http://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0/s22-01-thermodynamics-and-work.html

Uma força externa atuando no sentido de diminuir o volume ocupado pelo fluido produz (percebemos isso em experiências diárias com pressionar uma bola de soprar) aumenta a pressão exercida pelo fluido sobre as paredes internas do recipiente. Em uma situação de equilíbrio (pistão parado), podemos afirmar que a pressão sobre a parte interna do pistão é igual à pressão externa (F/A).

Outro aspécto importante, característico de fluidos, é que se desconsiderarmos os efeitos gravitacionais, a pressão é a mesma em toda o volume ocupado pelo fluido. Este fato é justificado como segue:

Vamos supor que em uma dada região interna do reservatório, a pressão seja superior ao restante do volume interno. Então as moléculas que ocupam esse espaço seriam expulsas no sentido de ocuparem regiões de menores pressões (como se tivéssemos uma bola de soprar cheia, dentro de uma sala fechada, e então retirássemos a "parede" plástica que delimita o ar dentro da bola → "rapidamente" o ar tende a se distribuir por toda a sala, até que a pressão atinja a homogeneidade).

Obs: Vamos então verificar se já temos, basendo-nos nos estudos e conclusões acima, condições de resolvermos o problema proposto.

Solução:

Ao preencher a siringa com um fluido; ao deixarmos o pistão livre podemos afirmar que a pressão externa é devida ao gás atmosférico que, em uma posição constante, possui um valor constante P_0. No equilíbrio temos que:

$$P_{\text{interno}} = P_{\text{externo}}$$

$$P_{int} = P_0$$

Se então a enfermeira aplica uma força no pistão, ela adiciona uma pressão

$$\Delta P = F/A \,.$$

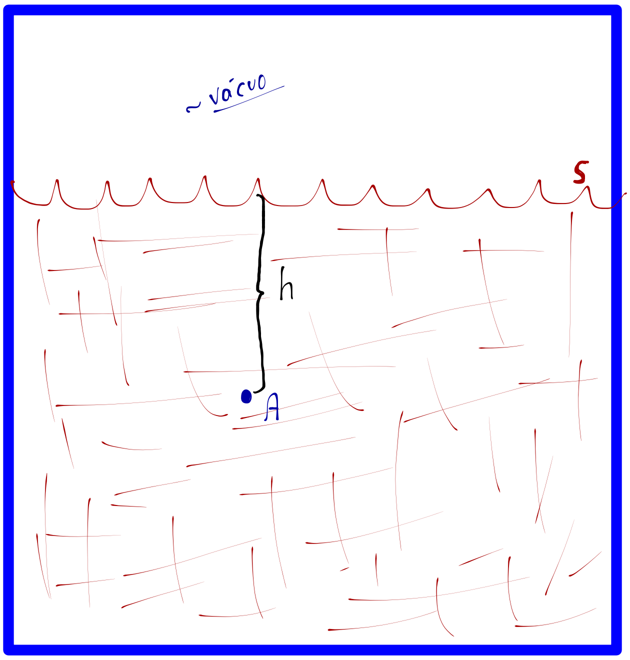
$$\Delta P = \frac{42}{\pi r^2} \quad \longleftarrow \text{área do pistão.}$$

$$\Delta P = \frac{42}{\pi \, 1{,}1^2 \times 10^{-4}} \quad N/m^2$$

$$\boxed{\Delta P = 11{,}05 \times 10^4 \ N/m^2}$$

★ Problema: Vamos considerar um fluido em repouso (água em um copo, vinho em uma garrafa, atmosfera repousando sobre a superfície terrestre, água do mar, etc...).

Levando em consideração os efeitos gravitacionais, considere um fluido de densidade de massa ρ ocupando parte de um recipiente. Considere que a parte do recipiente que não estiver ocupada pelo fluido em questão, seja vácuo (ou com gás de densidade desprezível com relação ao fluido). Veja ilustração abaixo:

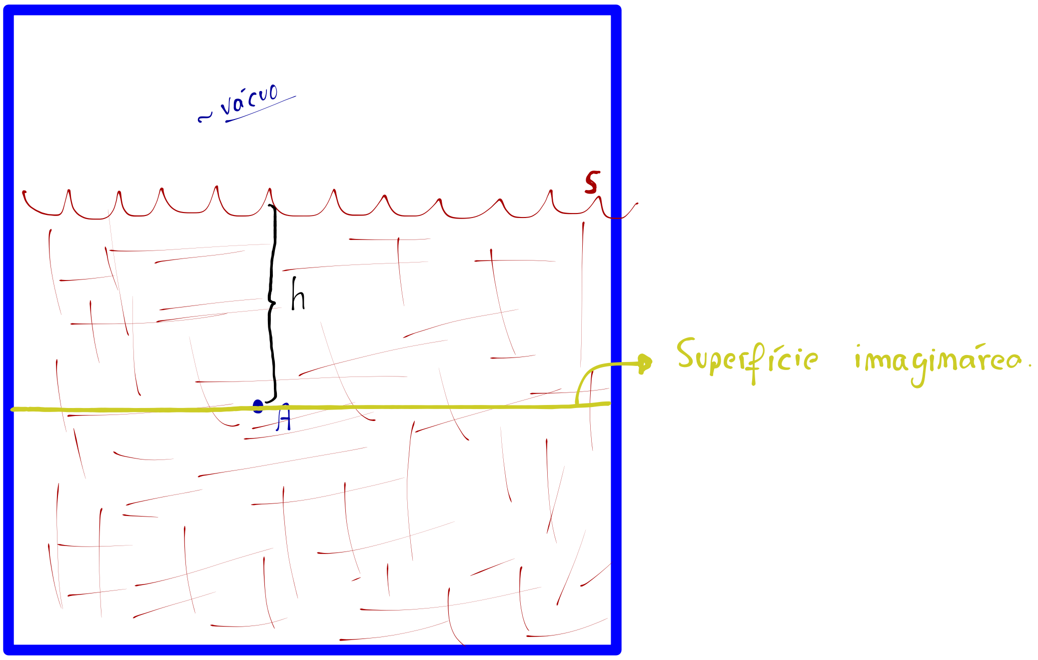


Calcule a pressão no ponto A.

Leitura do problema: O único conceito novo apresentado neste problema está na necessidade de considerarmos os efeitos gravitacionais.

⇝ Esta consideração deve-se ao fato de que a gravidade "puxa" o fluido no sentido vertical. Desta forma, um ponto que estiver, digamos, no fundo do recipiente, terá que suportar o peso de todo o resto acima dele. Naturalmente, concluímos que quanto mais próximo da superfície S, menor será o peso (pressão) suportado.

Solução: A fim de calcularmos a pressão como função da profundidade, vamos imaginar uma película muito fina, solta, posicionada horizontalmente, passando pelo ponto P e ocupando toda a área transversal (como um plástico fino flutuando dentro do fluido). Imagine que este "plástico" faça o papel de um pistão.



⇒ Com que força este pistão estaria sendo empurrado para baixo?

⇒ Obviamente, essa força seria o peso da parte que está acima, dado por

Peso sobre "plástico" $\equiv W_p = \rho . A . h . g$

- ρ → Densidade do fluido.
- A → Área transversal
- h → altura do volume em questão
- g → gravidade
- $\rho . A . h$ → massa do fluido acima de P.

Então a força (F_p) sobre o pistão imaginário é este peso.

$$F_p = \rho A h g$$

A pressão em P (P_p) é $P_p = \dfrac{F_p}{A}$

$$\Rightarrow P_p = \frac{\rho \cancel{A} h g}{\cancel{A}}$$

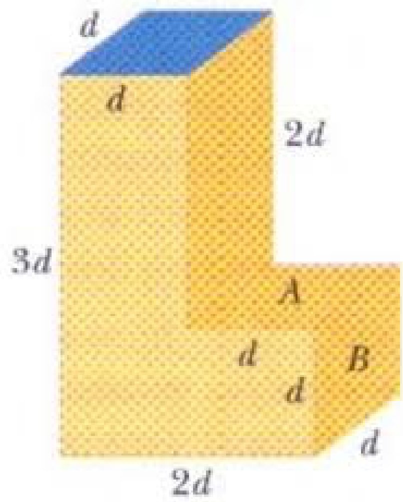
$$\boxed{P_p = \rho g h}$$

Note que P_p = zero na superfície do fluido, e máxima no fundo.

★ Problema Similar ao anterior.

Probl. 18 – Halliday - Cap. 15 - 6ª Ed - Pg. 65

O tanque em forma de L está cheio de água e está aberto na parte mais alta. Se d = 5,0 m, quais (a) a força na face A e (b) a força na face B.



Solução: Vou considerar o efeito a pressa atmosférica sobre a face superior (aberta).

Obs: Ao nivel do mar estamos sujeitos a uma atmosfera de pressão.

$$1 Atm = 1{,}01325 \times 10^5 \ Pa$$

$$\text{Sendo} \quad 1 Pa = 1 N/m^2$$

$$\Rightarrow 1 Atm = 1{,}01325 \cdot 10^5 \ N/m^2$$

Solução: A força sobre a face A é dada por

$$F_A = P_A \cdot \text{Área}_A$$

A pressão na profundidade da superfície A é

$$P_A = \rho g \, 2d + 1Atm$$

Profundidade da face A.

densidade da água = 1000 Kg/m³

$$Área_A = d^2$$

área da face A.

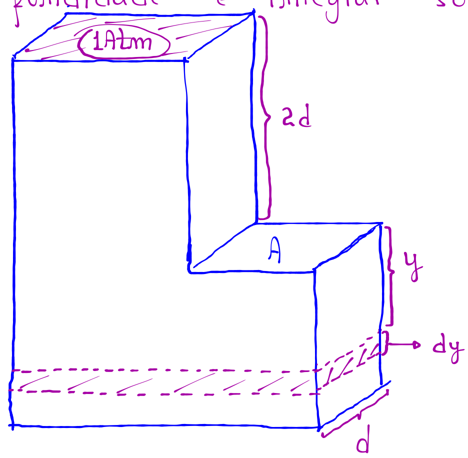
$$\Rightarrow F_A = \left(\rho g 2d + 1Atm\right) . d^2$$

$$F_A = \left(1000 . 9{,}8 . 2 . 5 + 1{,}01325 \times 10^5\right) . 5^2$$

$$F_A = \left(98000 + 101325\right) . 25$$

$$F_A = 4983125 \, N$$

Face B) Na face B temos uma diferença importante, relativamente à face A. A pressão não é a mesma em toda a superfície B. Teremos, portanto, que escrevermos a pressão como função da profundidade e integrar sobra toda a superfície.



Na região pontilhada a pressão é

$$P(y) = 1Atm + \rho g . (2d + y)$$

A força sobre o elemento de área com espessura infimitesimal dy é

$$dF = \left[1Atm + \rho g \left(2d + y\right)\right] d . dy$$

$$\Rightarrow F = \int dF = \int_{y=0}^{y=d} 1Atm . d . dy + \int_{y=0}^{y=d} \rho g (2d + y) d . dy$$

$$F = 1Atm . d . d + \rho g 2d^2 . d + \rho g d \frac{y^2}{2} \Big]_0^d$$

$$F = 1Atm \cdot d^2 + \rho g 2d^3 + \frac{\rho g d^3}{2}$$

Como $1Atm = 101325\, N/m^2$

$$F = 101325 \cdot 5^2 + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 2 \cdot 5^3 + \frac{1000 \cdot 9{,}8 \cdot 5^3}{2}$$

$$\underline{F = 5595625\, N}$$

Obs: Poderíamos ter calculado a força sobre a face B multiplicando a área da face B por uma pressão média sobre a face B. Como a pressão varia linearmente com a profundidade, então a pressão média é a do centro da face B.

$$\Rightarrow P_{média} = 1Atm + \rho g \left(2d + \frac{d}{2}\right)$$

$$P_{média} = 1Atm + \rho g \frac{5d}{2}$$

$$\Rightarrow F_B = P_{média} \cdot Área_B$$

$$F_B = \left(101325 + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{25}{2}\right) \cdot 5^2$$

$$\underline{F_B = 5595625\, N}$$