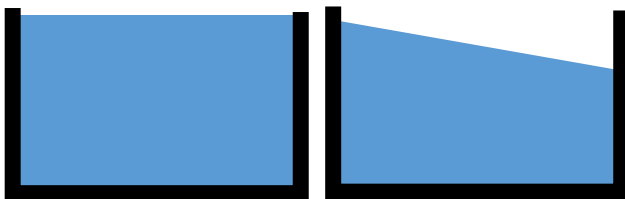


Apostila 1.
ÍNDICE

- Hidrostática p. 3
 - o Hidrostática – princíp. de Stevin e Pascal

LÍQUIDOS EM EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Na superfície da Terra, na situação em que os líquidos estejam em repouso ou com velocidade constante (referencial inercial) um líquido não viscoso está em equilíbrio estático (parado) se a superfície do líquido, em contato com a atmosfera, formar uma superfície plana e horizontal.



a) Líquido em equilíbrio estável

b) Líquido em equilíbrio instável

Figura 1: Líquido em referencial não acelerado. Vemos uma situação em equilíbrio e uma situação fora do equilíbrio.

Caso o líquido esteja em um referencial acelerado temos que considerar a direção da gravidade aparente sobre o líquido.

Q. 1 – LÍQUIDO EM EQUILÍBRIO EM UM REFERENCIAL ACELERADO



TENSÃO SUPERFICIAL

Devido às forças intermoleculares cada molécula de água é “puxada” em todas as direções. Na interface (seja entre água e ar ou água e outro meio) as forças intermoleculares agem como de fossem uma membrana, permitindo que objetos com densidades maiores que a da água fiquem flutuando na água.

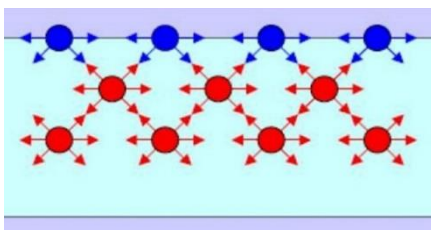


Figura 2: Representação das forças que agem sobre as moléculas de água. Fonte: <https://www.todamateria.com.br/tensao-superficial-agua/>



Figura 3: A tensão superficial impede que alguns forpos afundem na água. Fonte: <https://lumateck.weebly.com/tensao-superficial.html>

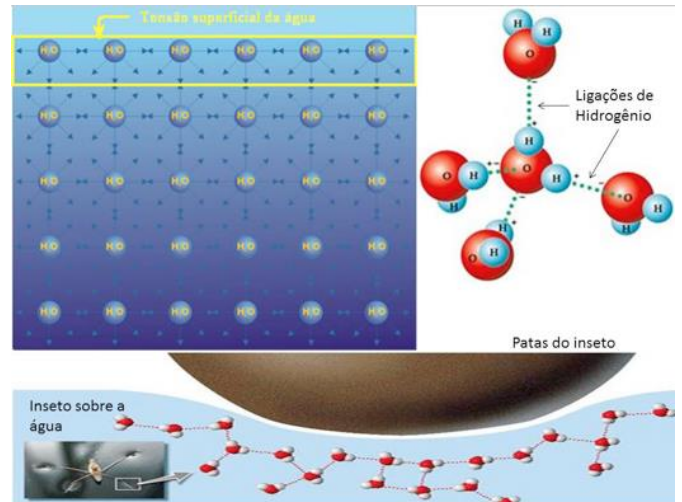
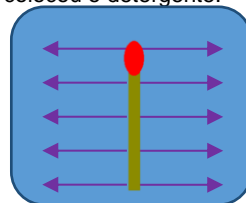


Figura 4: detalhe mostra as ligações de hidrogênio. Fonte: <https://www.nanocell.org.br/tensao-superficial-da-agua-como-os-insetos-andam-por-sobre-a-agua/>

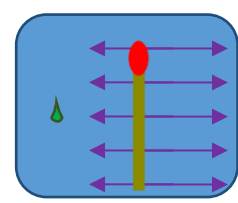
Devido às forças intermoleculares, dizemos que na superfície da água existe uma tensão superficial. Existem substâncias capazes de diminuir a tensão superficial da água que são conhecidas como surfactantes. Para visualizar isso, faça o seguinte experimento em casa:

- Coloque um palito de fósforo boiando na superfície da água e pingue uma gota de detergente próximo à um dos dele.

O que ocorre é uma redução da tensão superficial da água do lado onde o detergente caiu resultando numa maior tensão do outro lado do palito puxando-o para o lado oposto ao lado onde se colocou o detergente.



a) Palito de fósforo boiando na água



b) Uma gota de detergente é colocada à esquerda do palito e com isso o palito é puxado para a direita

Figura 5: Colocamos um palito na água e uma gota de detergente em um dos lados do palito. Como resultado, o palito de move para o lado oposto ao que a gota foi colocada.

FORÇAS E PRESSÕES EM FLUÍDOS

Podemos nos fazer inúmeras questões, como:

- Pressão é mesmo um escalar?
- Como medimos a pressão?
- Como obter o sentido da força a partir da pressão?
- A área tem alguma coisa a ver com o sentido da força?

MC PROFESSOR DANILO

HIDROSTÁTICA – PRINCÍPIOS DE STEVIN E PASCAL – SEGUNDO ANO – 13/02/2023

Vamos tentar responder à estas perguntas. Primeiramente, pressão é sim um escalar e para medir a pressão necessitaremos de um instrumento de medida:

- Barômetro
 - Mede pressão atmosférica
- Manômetro
 - Podem medir a pressão absoluta ou a relativa

$$p_{relativa} = p_{absoluta} - p_{atmosférica}$$

Já parou para pensar que um pneu de um carro, quando vazio, na verdade não está vazio, mas sim com gás à uma pressão de uma atmosfera (igual à pressão atmosférica), caso contrário teríamos a existência de vácuo no pneu.

Basicamente vamos trabalhar apenas com a pressão absoluta e quando quisermos a pressão relativa vamos dizer “a diferença entre a pressão p e a pressão atmosférica”.

Vamos imaginar uma forma de medir a pressão absoluta de um gás ou mesmo de um líquido: podemos montar uma câmara de vácuo em um cilindro fechado em uma extremidade e aberto na outra, onde se encontra um êmbolo que pode mover-se livremente, mas que é preso por uma mola que liga o êmbolo à extremidade fechada do cilindro. Veja abaixo um esquema sobre esse nosso manômetro de pressão absoluta:

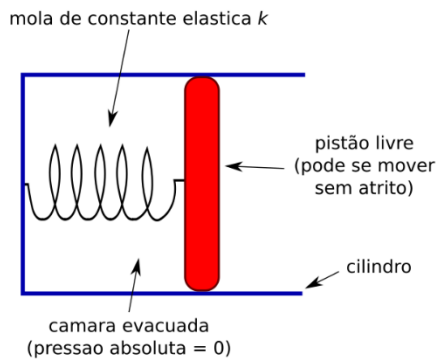


Figura 6: Eis que temos um manômetro fictício.

Se colocarmos este nosso manômetro em uma região onde há um gás com pressão desconhecida (queremos medir seu valor), o gás causará uma força empurrando o êmbolo. Suponha que a área do cilindro seja A e a força que o gás faz seja F , então podemos relacionar estas grandezas da seguinte forma:

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

Note que se o êmbolo ficar em repouso durante nosso experimento (após a compressão da mola) então a força que a mola faz será igual à força que o gás faz. No ano passado você viu que a força elástica se relaciona com a compressão x da mola pela fórmula abaixo:

$$F_{elá} = k \cdot x$$

Portanto, podemos reescrever a equação anterior:

$$p = \frac{k \cdot x}{A}$$

Vamos voltar ao nosso manômetro colocando uma escala ao lado dele para assim podermos medir o quanto a mola foi comprimida.

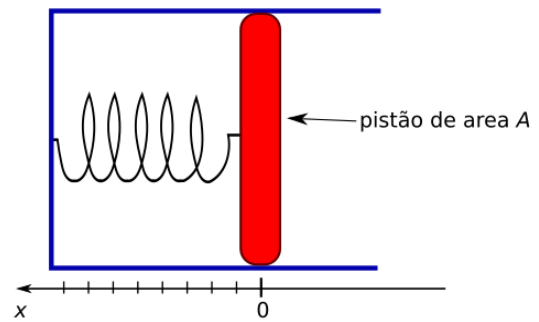


Figura 7: Colocamos uma graduação para determinarmos de quanto a mola foi comprimida.

Por fim, vamos criar vários deste manômetro e colocá-los imerso em um gás com pressão constante.

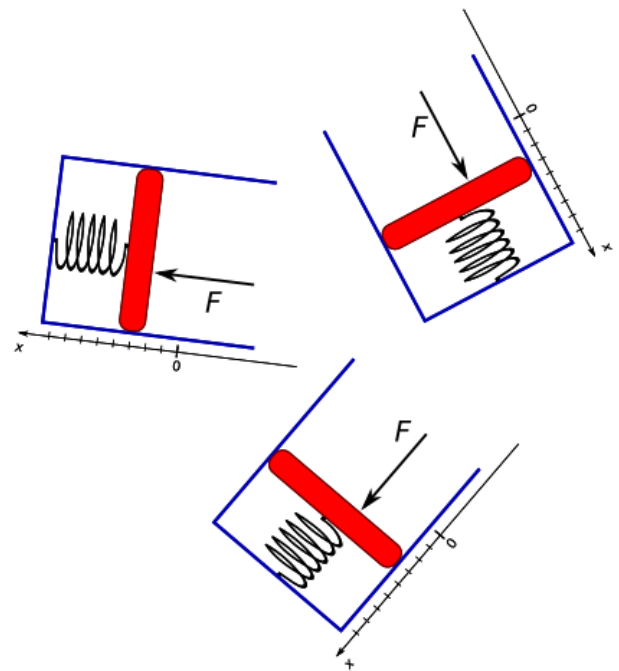


Figura 8: Quando colocamos diversos manômetros obtemos o mesmo valor do deslocamento e, portanto, a mesma pressão. A única coisa que muda é a direção e o sentido da força.

Quando usamos manômetros em um gás com pressão constante a compressão da mola será a mesma independente da orientação do manômetro (note que o peso do êmbolo deve ser desconsiderado)

O que podemos concluir:

- A pressão não depende da orientação do nosso manômetro, pois a força elástica e a força do gás serão sempre iguais;
- Percebemos que a força que o gás faz é sempre perpendicular à superfície do êmbolo.

Esta última conclusão é a chave do nosso problema: a pressão é sempre normal à superfície que está sofrendo a ação da força produzida pelo gás.

PROPRIEDADES DE FLUÍDOS EM REPOUSO

Vamos resumir algumas propriedades dos fluidos em repouso (estáticos) em relação à um referencial inercial, isto é, não podem estar acelerados.

As forças que um fluido faz sobre a superfície de um corpo com o qual esteja em contato são sempre perpendiculares à superfície.

A pressão num ponto de um fluido em equilíbrio estático é um valor que depende unicamente do ponto escolhido e não da orientação da força que o gás realiza, por exemplo, na superfície que usamos para obtermos informações sobre a pressão no gás.

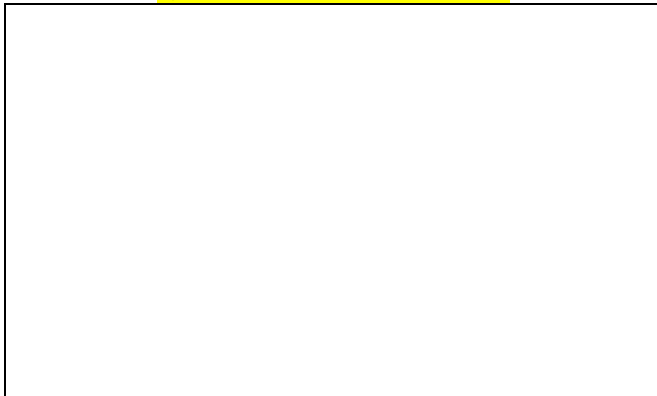
Em um fluido em equilíbrio todos os pontos em um mesmo nível terão uma mesma pressão

Este último caso será extensivamente estudado no futuro e o conjunto de pontos com a mesma pressão será chamado de superfície isobárica.

TEOREMA DE STEVIN

O teorema (ou princípio) de Stevin irá nos permitir medir a pressão hidrostática de um líquido. **Ele não vale para gases.** Seja h a profundidade de um ponto em um líquido de densidade d em um local onde o campo gravitacional g . A pressão gerada APENAS pelo fluido ($p_{líquido}$ ou simplesmente p_{liq}) é dada por:

Q. 2 – PRESSÃO HIDROSTÁTICA



Como a atmosfera atua na superfície do fluido, ela atua também em todo o fluido. Com isso, a pressão total (p_{TOT}) no interior de um líquido, sendo p_{atm} a pressão atmosférica, é dado por:

Q. 3 – PRESSÃO HIDROSTÁTICA TOTAL



Em geral, dizemos que o que se encontra no Q. 2 é o Teorema de Stevin, entretanto iremos utilizar com maior frequência o que está no Q. 3.

Vamos demonstrar este “princípio”, isto é, na verdade ele é um teorema. Começemos então com um líquido em equilíbrio estático, conforme Figura 9.

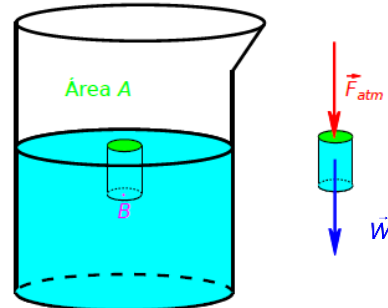


Figura 9: Detalhe de um elemento de líquido em equilíbrio. Ao lado, detalhe das forças que age neste elemento devido à atmosfera (F_{atm}) e devido à gravidade (peso W).

Para haver equilíbrio, é necessária uma força vertical para cima, conforme a Figura 10.

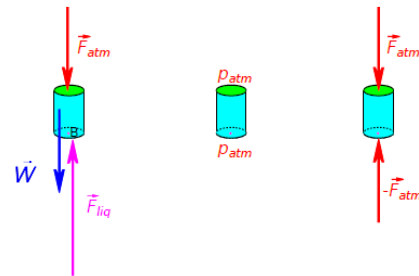


Figura 10: À esquerda temos as forças que agem no sistema. À direita, vemos que a força atmosférica age tanto em cima quanto embaixo do elemento de estudo. Ao centro, indicamos que a pressão atmosférica age no topo e na base do cilindro de estudo.

Condição de equilíbrio: **igualando forças.**

$$F_{atm} + W = F_{liq} + F_{atm} \Rightarrow W = F_{liq} \Rightarrow F_{liq} = W \Rightarrow F_{liq} = m \cdot g$$

Note que m é a massa do cilindro em equilíbrio. Igualando as pressões:

$$p_{peso} = p_{líquido} \Rightarrow \frac{W}{A} = p_{líquido} \Rightarrow p_{líquido} = \frac{m \cdot g}{A}$$

Note que a massa é a densidade vezes o volume e o volume é a área da base vezes a altura:

$$\begin{cases} m = d \cdot V \\ V = A \cdot h \end{cases} \Rightarrow m = d \cdot A \cdot h$$

Com isso temos a pressão do líquido:

$$p_{líquido} = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A} \Rightarrow p_{líquido} = d \cdot g \cdot h$$

APLICAÇÕES DO TEOREMA DE STEVIN

a) TEOREMA DE STEVIN

$$p_{\text{líquido}} = d \cdot g \cdot h$$

Pressão é um escalar, portanto a pressão em um determinado ponto é a soma da pressão do líquido mais a pressão atmosférica local:

$$p_{\text{TOT}} = p_{\text{atm}} + p_{\text{líquido}}$$

Utilizaremos este teorema para determinar a pressão no interior de um líquido.

b) ISOBÁRICA

Em um fluido em equilíbrio todos os pontos em um mesmo nível terão uma mesma pressão

Utilizaremos esta propriedade em vasos comunicantes. Veremos como fazer isso em exercícios.

c) EXPERIMENTO DE TORRICELLI

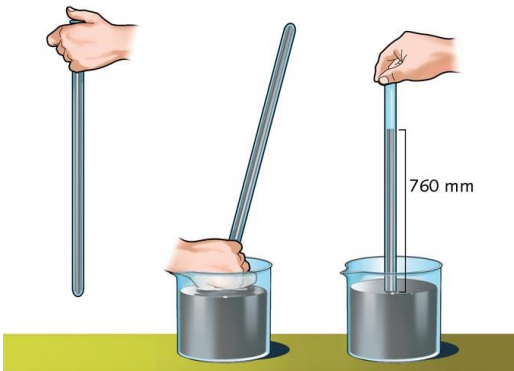


Figura 11: Experimento de Torricelli. Pela primeira vez a humanidade conseguiu determinar a pressão atmosférica.

O experimento de Torricelli serve para medir a pressão atmosférica. Ele usa o mmHg como unidade de medida, sendo 1 mmHg = 1 Torr (ou torricelli) uma homenagem a ele. Em aula veremos como Torricelli mediu a pressão atmosférica além de aproveitarmos para fazer alguns exercícios.

d) "REVISANDO" GASES IDEAIS

No ano passado vocês viram gases ideais no Elite. Não é um assunto que será cobrado nas provas do início do ano (Hidrostatica e Hidrodinâmica), mas vale a pena lembrar ou estudar este assunto, pois no vestibular é comum que ambos os assuntos sejam cobrados simultaneamente. Vamos à "revisão".

Lembremos primeiramente da Equação de Clapeyron:

$$pV = nRT$$

Sendo

- P*: pressão
- V*: volume
- n*: número de moles
- T*: temperatura

Numa transformação gasosa, podemos utilizar a lei geral dos gases ideais:

$$\frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_f \cdot V_f}{T_f}$$

Quando você estiver resolvendo exercícios envolvendo pressão, temperatura e volume de gases, é nas duas relações acima que você deverá se apoiar. Por outro lado, não se preocupe com esses assuntos em provas, pois assuntos não dados não podem ser cobrados em provas.

Saiba, por lado, que você terá que estudar estes assuntos no futuro, portanto não será perdido se esforçar agora: te garantirá mais facilidade no futuro acredite.

TEOREMA DE PASCAL

Vamos direto para o enunciado:

A variação da pressão em um líquido em equilíbrio é transmitida integralmente para todas as partes do líquido e das paredes do recipiente que o contém.

Com isso, sejam dois vasos de diâmetros distintos, fechados por dois êmbolos, como na Figura 12.



Figura 12: Elevador hidráulico representado por dois tubos de áreas distintas e preenchidos por um líquido.

Q. 4 – APLICAÇÃO DO TEOREMA DE PASCAL

Q. 5 – RESULTADO QUE DEVEMOS MEMORIZAR

Vejamos, como curiosidade, o funcionamento de um elevador hidráulico real na Figura 13.

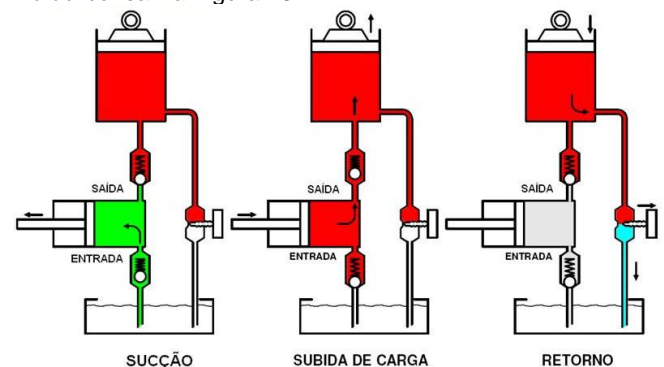


Figura 13: Elevador hidráulico real. Em geral, o fluido é óleo. Além disso, a prensa hidráulica possui o mesmo princípio de funcionamento.