

4-Hidrostática: Lei de Stevin e princípio de Pascal

4-1 HIDROSTÁTICA E VARIAÇÃO DA PRESSÃO

Na hidrostática procuramos entender as condições mediante as quais um fluido é capaz de se encontrar em repouso, bem como das consequências que essa condição acarreta. Ou seja, na hidrostática estamos interessados nas condições de equilíbrio dos fluidos e suas consequências. Neste caso, admitiremos que a velocidade de cada ponto do fluido é nula. O problema a ser resolvido, do ponto de vista dinâmico, é aquele envolvendo o equilíbrio de forças agindo sobre o fluido como um todo, ou sobre um elemento infinitesimal de volume do mesmo.

Assim, a primeira equação da hidrostática é aquela que estabelece a condição de não haver movimento do fluido. Escrevemos:

$$\vec{V} = 0$$

Na hidrostática, admitimos ademais que os campos associados à pressão e à densidade não dependem do tempo. Ou seja, essas grandezas podem depender apenas dos pontos do espaço.

$$\begin{aligned}\rho &= \rho(x, y, z) \\ P &= P(x, y, z)\end{aligned}$$

A situação mais simples a ser analisada é aquela na qual admitimos que a densidade do fluido é constante. Ou seja, no caso em que o fluido é incompressível;

$$\rho = \rho_0$$

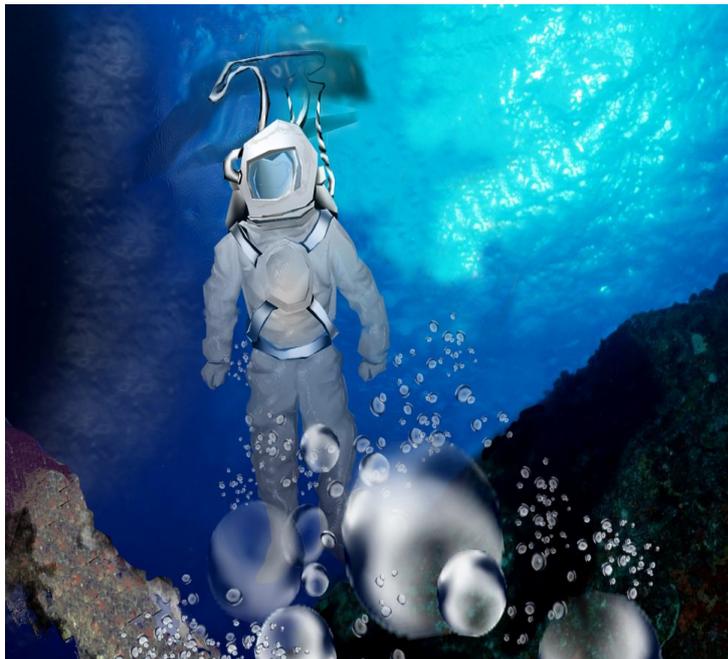
Muitas vezes, essa condição é válida dentro de uma boa aproximação. Por exemplo, quando líquidos ocupam um pequeno recipiente. Certamente essa não é uma boa aproximação para a atmosfera terrestre. Pois sua densidade varia com a altura. A metade da massa da atmosfera terrestre se encontra numa esfera de pouco mais de 5 km acima de nós.

Vamos agora falar de dois temas importantíssimos na hidrostática. Ou seja, abordaremos a lei de Stevin e também do princípio de Pascal. Vamos falar das aplicações dessa lei e desse princípio, pois existem muitas aplicações.

Vamos lembrar que nós estamos falando da hidrostática onde admitimos que o fluido esteja em repouso, que a densidade e a pressão não mudam com o tempo. O nosso problema aqui é descrever uma equação para pressão que depende da densidade. Mas

vamos simplificar tudo, que é válida sob determinadas circunstâncias. O que agente tem que entender é quando uma aproximação muito simples é válida

Já notaram que os mergulhadores utilizam uma roupa especial denominada escafandro, para mergulharem? Isso ocorre por que quando adentramos um fluido como a água vamos perceber que a pressão varia com a profundidade. Quanto maior a profundidade maior será a pressão. Assim, o uso do escafandro visa nos proteger, ou seja, minorar os efeitos da pressão. Porquanto, quando mergulhamos cada vez mais fundo podemos começar a sentir dores no ouvido como um dos primeiros sintomas.



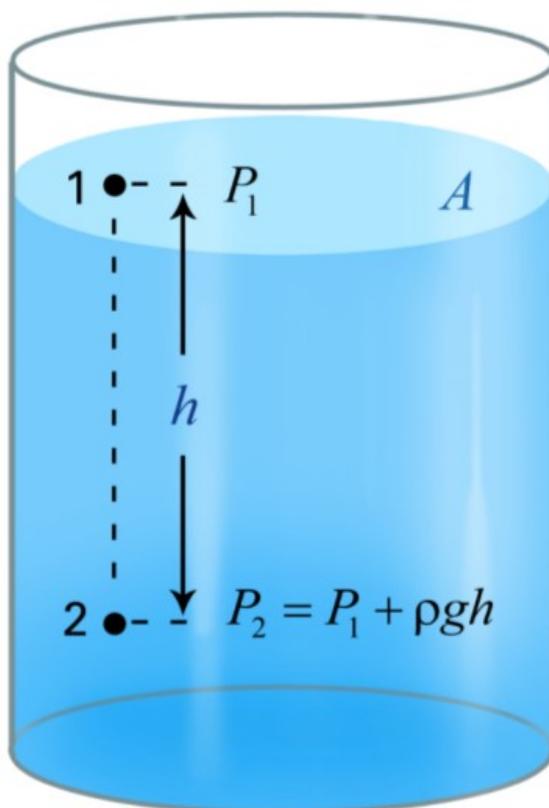
O escafandro visa reduzir o efeito da pressão sobre o nosso corpo, quando mergulhamos.

Sabemos, igualmente, que a grandes altitudes a pressão se reduz significativamente trazendo também conseqüências do ponto de vista do funcionamento do corpo humano. O fato é que quanto mais subimos na atmosfera terrestre menor será a pressão.

Podemos escrever uma expressão bem simples para as diferenças de pressão num fluido. Se denominarmos a pressão no nível do fluido, no nível do mar como sendo pressão atmosférica então a pressão a uma profundidade h , é dada por:

$$\underbrace{P_2}_{\text{Pressão no ponto 2}} = \underbrace{P_1}_{\text{Pressão no ponto 1}} + \rho g \underbrace{h}_{\text{profundidade}}$$

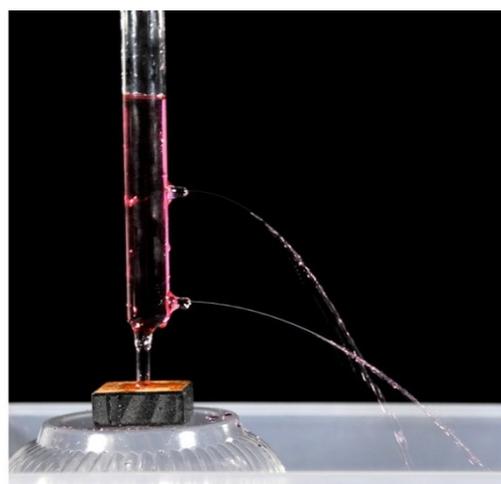
Onde g é a aceleração da gravidade local, ρ é a densidade do líquido, P_2 é a pressão em pontos do líquido localizados a uma profundidade h dos pontos acima que exibem uma pressão P_1



Essa lei é conhecida como **lei de Stevin**. É fácil entendê-la levando em conta à medida que afundamos a partir da superfície vamos ter acima de nós uma quantidade de fluido maior. Essa pressão é na realidade resultado do peso exercido pelo fluido sobre nós à medida que avançamos ou à medida que aumentamos a distância até a superfície.

Pode-se demonstrar, de uma forma muito simples, a variação de pressão com a altura. Basta, para isso, fazermos perfurações num recipiente cheio de líquido em posições diferentes. O jorro sairá cada vez mais forte à medida que aumentarmos a altura da coluna de líquido (isto é, nos pontos mais baixos).

Num fluido qualquer, a pressão não é a mesma em todos os pontos. Se um fluido homogêneo estiver em repouso, então todos os pontos numa superfície plana horizontal estarão à mesma pressão.

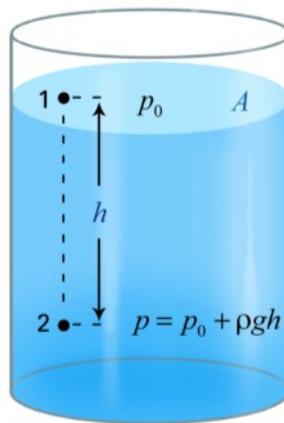


4.1.2 DEDUZINDO A LEI DE STEVIN

Para deduzir a Lei de Stevin, vamos admitir que a densidade seja constante

É fato muito conhecido, por parte dos mergulhadores, que, à medida que mergulhamos cada vez mais fundo no mar, a pressão aumenta. Qualquer objeto imerso num fluido fica submetido a uma pressão e essa pressão aumenta quando nele submergimos buscando profundidades maiores.

É fácil entender por que a pressão varia com a profundidade em um fluido. A pressão varia como resultado da força peso (por unidade de área) exercida pela parte do fluido que está acima. À medida que mergulhamos aumentamos a quantidade de fluido acima de nós e, conseqüentemente, a pressão. Vamos determinar como a pressão no fluido varia em função da profundidade admitindo que o fluido tenha uma densidade constante.



Um volume cilíndrico do fluido e dois pontos situados a uma distância h (na vertical)

Sejam dois pontos situados no interior de um fluido, localizados ao longo de um eixo imaginário na vertical, e situados a uma distância h . Eles serão denominados 1 e 2 (vide figura 16,5). Agora consideremos uma coluna do fluido de altura h e área A perpendicular ao eixo imaginário citado. Ou seja, a coluna cilíndrica que tem esses dois pontos em cada uma das superfícies da base do cilindro. O peso do fluido contido na coluna citada (que está acima do ponto 2 e termina no ponto 1) é:

$$Mg = \rho Ahg$$

Portanto, a pressão adicional, ΔP , devido ao peso do fluido, é:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{\rho g Ah}{A} = \rho gh$$

Logo, a pressão no ponto 2, P_2 , a uma altura h abaixo do ponto 1 será dada por:

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

em que P_1 é a pressão no ponto 1.

Este resultado vale para todos os pontos localizados a uma mesma altura dentro do fluido e é conhecido por **Lei de Stevin**.

Isso explica a variação de pressão na medida em que nós nos aprofundamos na água. Ou seja, na medida em que nós aumentamos a nossa distância a partir da superfície a pressão será maior. Essa dependência é uma dependência linear e tudo o que fizemos foi transmitir a força gravitacional constante e admitimos também a densidade constante. Lembre-se que isso no caso da água não tem problema algum.

4.2 VERIFICANDO, EXPERIMENTALMENTE, A LEI DE STEVIN

Vasos Comunicantes

Uma forma fácil de verificar essa lei, é por meio do uso de vasos que se comunicam. Tendo em vista que a pressão depende apenas da altura, quando colocamos um líquido nos vasos comunicantes eles atingem a mesma altura. Ou seja, os líquidos ficam nivelados, independentemente da sua forma geométrica.



O princípio dos vasos comunicantes. O nivelamento é uma consequência da lei de Stevin.

Uma das aplicações da Lei de Stevin é a de entender o princípio dos vasos comunicantes.

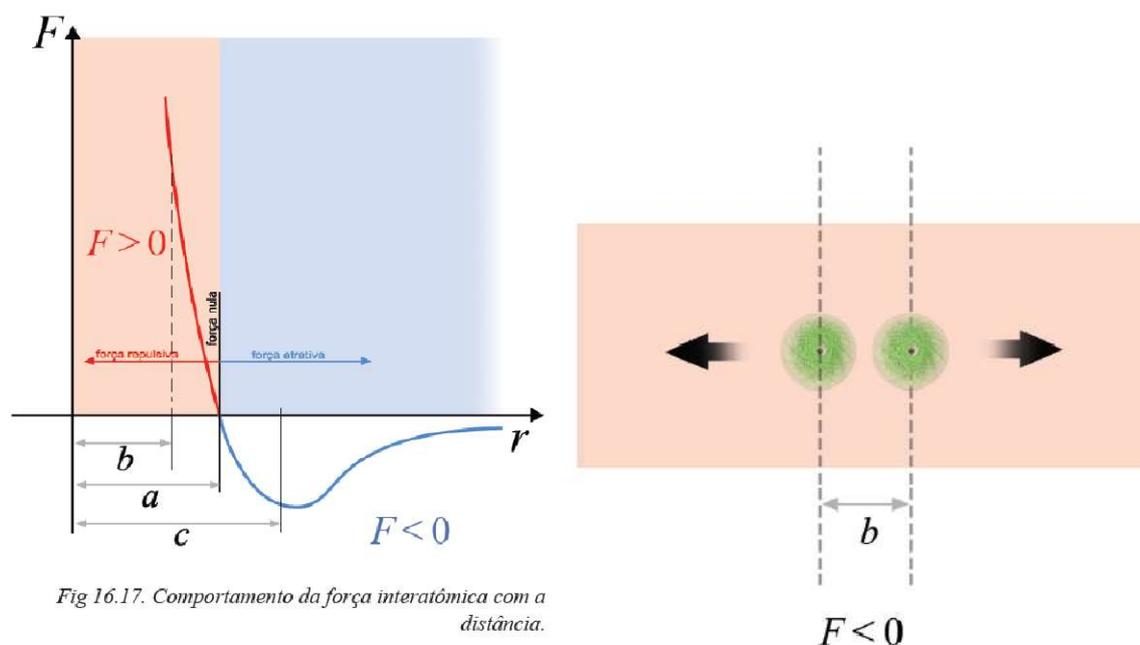


Densímetro

Outra aplicação da lei de Stevin é construir um densímetro. Densímetro é um instrumento voltado para medidas de densidades de líquidos. Aqui nós temos para líquidos que não se misturam, nós temos como construir um densímetro de uma maneira bastante simples, utilizando a lei de Stevin.

4-3 PRINCÍPIO DE PASCAL e APLICAÇÕES

O princípio de Pascal deve ser entendido a luz da teoria atômica da matéria. O que é importante é que se entenda que quando nos aproximamos átomos, os átomos se repelem. Isso ocorre por conta de uma força repulsiva agindo sobre eles. Essa força se anula no ponto de equilíbrio. Ou seja, quando a distância entre os átomos ou moléculas atingir um valor a (vide figura abaixo). Quando temos átomos ou moléculas muito próximas umas das outras, elas se repelem. É isso devemos entender ao enunciar o princípio de Pascal.



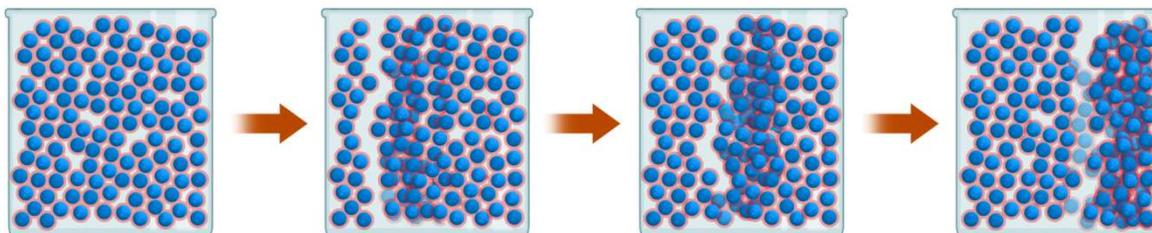
Para distâncias menores do que a distância a , a distância do equilíbrio, as forças são repulsivas. Assim, quando tentamos aproximar átomos, eles se repelem.

Formulação do princípio de Pascal:

A pressão que se aplica a um fluido se transmite integralmente a todos os seus pontos bem como às paredes do recipiente que o contém

A pressão se transmite num intervalo de tempo muito curto, até podemos dizer instantaneamente.

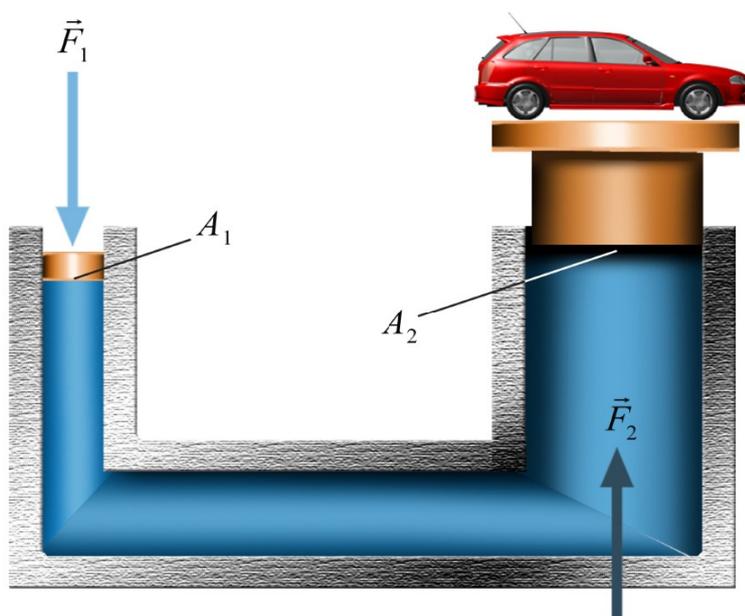
Quando aplicamos uma pressão sobre, por exemplo, água, nós comprimimos essa primeira camada de átomos que vai comprimir a próxima camada de átomos por que eles se repelem. De forma que essa força é transmitida para os seguintes e depois transmitida aos átomos próximos e, finalmente transmitida para os seguintes (vide figura abaixo).



É uma descoberta empírica feita por Pascal. É um princípio fenomenológico, ou seja, baseado em experiências. E, baseado nessas experiências, ele concluiu isso. Naquela época se sabia pouco, ou quase nada, da estrutura da matéria. Mas hoje, uma vez entendida a estrutura atômica da matéria, sabemos que átomos e moléculas se repelem. Fica, portanto, fácil entender por que essa pressão é transmitida.

Podemos fazer muitos usos desse princípio.

No desenho abaixo, a pressão exercida sobre a parte A_1 ela é transmitida integralmente ao fluido. De forma que a pressão será transmitida a todos os pontos do fluido a parte da superfície de área A_1 . E ela é transmitida integralmente. Ou seja, é a mesma ao longo dos pontos localizados ao longo do fluido. Assim, a pressão na superfície de área A_1 é a mesma pressão exercida na superfície de área A_2 . E estas podem possuir áreas diferentes.



A força F_1 exercida na superfície A_1 é dada por:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Por outro lado, a força F_2 exercida na superfície A_2 é tal que:

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Sendo as pressões iguais, inferimos que a força F_2 se relaciona com a força F_1 de tal sorte que ela depende da relação entre as áreas. Ou seja,

$$F_2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right) F_1$$

APLICAÇÕES DO PRINCÍPIO DE PASCAL

Elevador Hidráulico

A expressão acima leva a um mecanismo eficaz de aumento da força aplicada. Basta construir dispositivo com área, na outra extremidade, bem maior que a área original na qual aplicamos a força. Este é o princípio de funcionamento do elevador hidráulico. Ao aplicarmos uma força não muito grande em uma das extremidades, podemos levantar um carro na outra extremidade. Ou seja, com um dedo podemos levantar um carro.

O fato é que nós discorreremos sobre uma lei importante, fácil de deduzir: a Lei de Stevin. Ademais abordamos o princípio de Pascal. Muito útil.