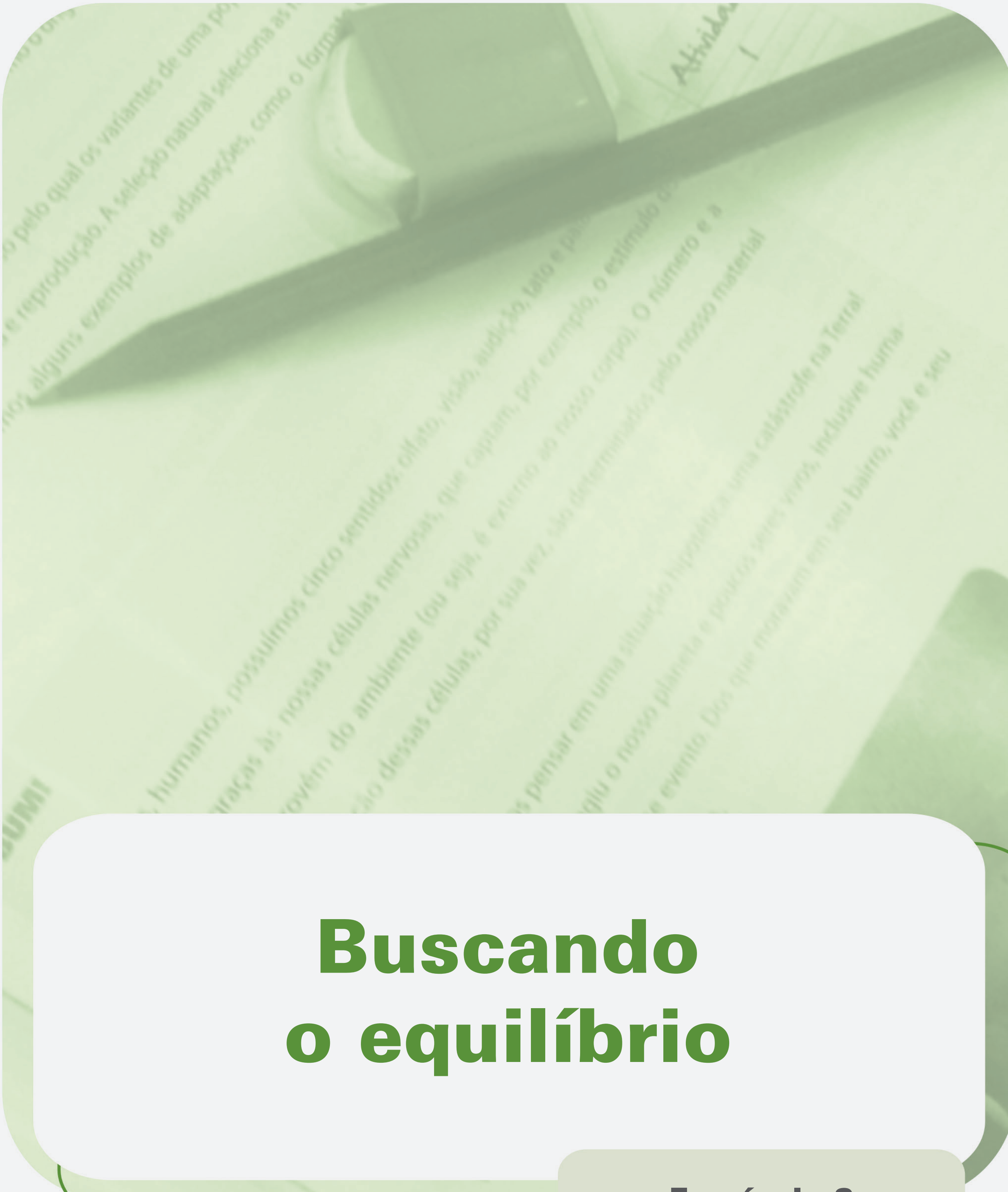


Buscando o equilíbrio

Fascículo 2

Unidade 5

Fundação CECIERJ
Consórcio cederj

Buscando o equilíbrio

Para início de conversa...

No dia a dia, é comum ouvirmos falar na importância de manter o equilíbrio. Esta é uma expressão que pode dar margem a uma série de interpretações. Como o equilíbrio emocional, financeiro, entre outros. No contexto da Física, a necessidade do equilíbrio verifica-se em várias situações. No caso da navegação, por exemplo, o equilíbrio é condição indispensável para que o transporte da carga seja feito com segurança. E é nesse contexto onde surge uma série de questões que muitas vezes nos intrigam, como por exemplo: como é possível um pequeno tijolo afundar e um enorme navio flutuar? Esta unidade pretende apresentar conceitos e fenômenos de hidrostática, uma área da Física que pode auxiliá-lo a compreender melhor esses fenômenos e responder a essas questões.

Figura 1: O que faz um navio flutuar na água?

Objetivos de aprendizagem

- Conceituar pressão;
- Diferenciar os conceitos de massa específica e densidade;
- Calcular a pressão hidrostática em líquidos a partir do Teorema de Stevin;
- Reconhecer o Teorema de Torricelli;
- Identificar situações de equilíbrio em líquidos que não se misturam;
- Identificar o Princípio de Pascal e o funcionamento da prensa hidráulica;
- Reconhecer o Teorema de Arquimedes e calcular o empuxo.

Seção 1
Pressão

Um antigo truque, utilizado pelos ilusionistas, é aquele onde o faquir deita-se sobre uma cama, contendo milhares de pregos sem se machucar. Se o mesmo faquir fosse desafiado a se deitar sobre um único prego, certamente ele não aceitaria o desafio. Você saberia explicar por quê? Para entendermos o porquê da provável recusa, precisamos compreender o conceito de pressão.

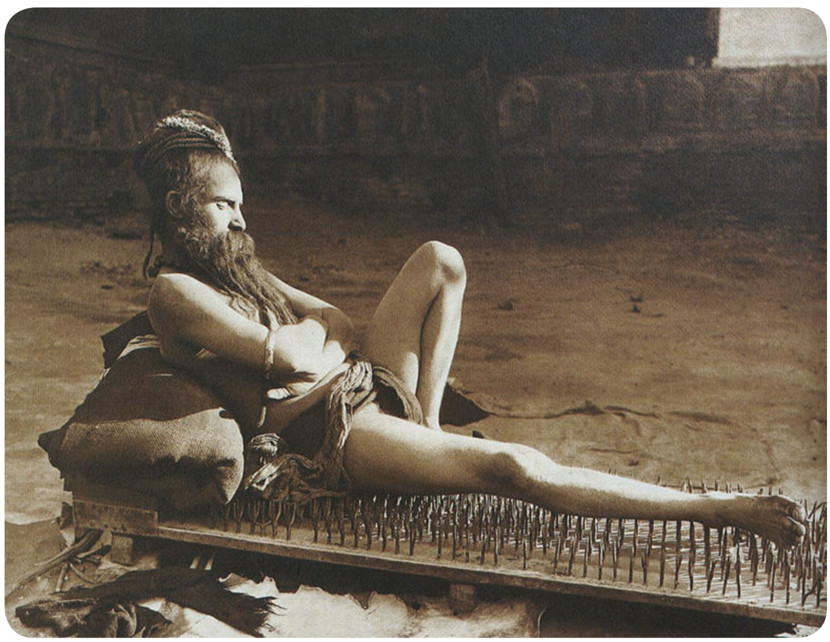
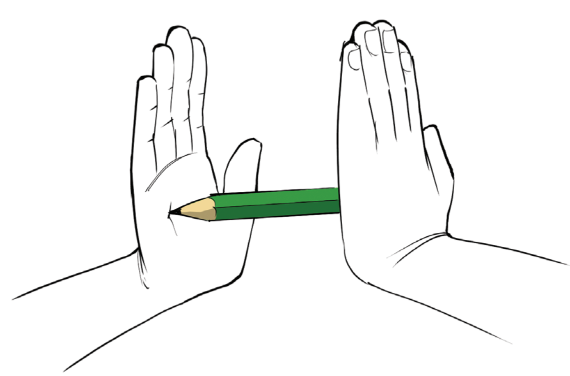


Figura 2: Um dos truques mais famosos de ilusionismo é o do faquir que se deita em uma camade pregos sem ser furado por eles.

Apoiando entre as duas mãos um lápis, que esteja apontado em apenas uma das extremidades e exercendo uma força sobre ele, é fácil verificar que o incômodo provocado na mão que está em contato com a extremidade apontada será maior do que na outra mão. Faça você mesmo o teste e comprove. Este incômodo é causado porque a pressão provocada pela extremidade apontada sobre a pele é maior.



Seja F a força resultante de um conjunto de forças que atuam perpendicularmente sobre uma região de área A, a pressão (p) dessa resultante sobre a superfície é definida pela razão entre a resultante (F) e a área (A). Matematicamente, escreve-se:

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

A unidade de pressão no sistema internacional (SI) é o N/m^2 (Newton por metro quadrado), que também pode ser chamada de pascal, cujo símbolo é Pa.

76cm de mercúrio equivalem à pressão de 1 atmosfera. Quanto maior for a altitude, menor será a pressão.

1 atmosfera = 10^5 N/m^2

Altitude (m)	Pressão (em Hg)
0	76
500	72
1000	67
2000	60
3000	53
4000	47
5000	41
6000	36
7000	31
8000	27
9000	24
10000	21

Voltando ao problema da cama de pregos, se pensarmos que a soma das áreas das pontas de milhares de pregos é maior do que a área da cabeça de um único prego. Logo, a pressão que o conjunto de pregos exerce sobre a pele do faquir é muito menor, em função da área por onde a força distribui-se ser muito maior, do que no caso do desafio, onde a área é limitada por um único prego e, consequentemente, a pressão é enorme e vai perfurar a pele do faquir. Daí a recusa.

Seção 2
Massa específica e densidade

É muito comum entre os estudantes, no início dos seus estudos de Física, fazer confusão entre os conceitos de massa específica e densidade. Você sabe a diferença?

Matematicamente, a massa específica (μ, lê-se mi) e a densidade (ρ, lê-se rô) são definidas como a razão entre a massa de um corpo (m) e o seu volume (V).

$$\mu = \frac{m}{V} \quad \text{e} \quad \rho = \frac{m}{V}\,.$$

Entretanto, no caso da massa específica, esta se refere a uma propriedade da matéria, ou seja, da substância que constitui o corpo em questão. O seu cálculo leva em conta um corpo maciço e homogêneo, e o volume considerado é o equivalente ao da quantidade de matéria que constitui o corpo.

No caso da densidade, seu cálculo está relacionado com o volume do corpo. Assim, não faz diferença se realizarmos o cálculo do volume de um corpo esférico maciço e homogêneo, ou de um corpo esférico oco. Embora a quantidade de matéria utilizada em cada caso seja diferente, teremos valores iguais para os dois cálculos. Logo, devemos ser cuidadosos com nossas interpretações e estar atentos para não cometermos erros conceituais que nos levem a erros de cálculo.

Saiba Mais

Calculando a densidade

A densidade dos corpos é propriedade importante para a Física e para outras ciências, como a Química. Sendo ela definida como uma razão entre massa e volume, sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o Kg/m^3. Entretanto, em função do contexto, ela pode ser expressa de outras maneiras, como em g/cm^3 (a mais utilizada) ou em Kg/l, onde:

$$\frac{1\,g}{1\,cm^3} = \frac{10^{-3}\,Kg}{10^{-6}\,m^3} = 10^3\,Kg/m^3$$

$$1\,g/cm^3 = 10^3\,Kg/m^3$$

Ou

$$1m^3 = 10^3\,l$$

$$1\frac{g}{cm^3} = \frac{10^3\,Kg}{m^3} = \frac{10^3\,Kg}{10^3\,l}$$

$$1\frac{g}{cm^3} = 1\frac{Kg}{l} = 10^3\frac{Kg}{m^3}$$

A densidade da água é $1g/cm^3$

Seção 3
A pressão nos líquidos

A figura a seguir exibe um recipiente cheio de um **líquido ideal**, cuja densidade é ρ, em equilíbrio. No interior, está representada uma porção isolada desse líquido, de formato cilíndrico, com as seguintes dimensões: altura = h e área da base = A. A base superior do cilindro imaginário coincide com a superfície do líquido.

Líquido ideal

É aquele que é homogêneo e não permite compressão, ou seja, não se comprime.

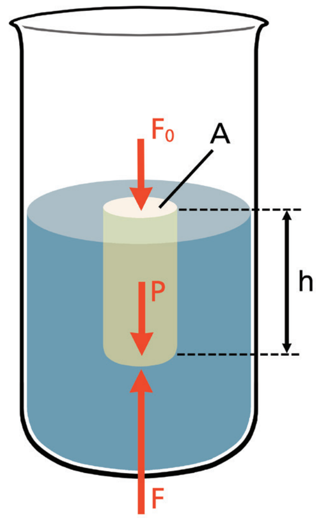


Figura 3: Cilindro imaginário imerso no líquido

Considere que sobre a face superior do cilindro atue uma força F_0 para baixo e que na face inferior atue uma força F para cima. Além disso, atua sobre o cilindro o peso (P) que a Terra exerce sobre a massa da água que está contida na região do cilindro imaginário.

Como o líquido está em equilíbrio, a resultante das forças que atuam sobre o cilindro deve ser nula. Assim, podemos escrever:

$$F = F_0 + P$$

Podemos escrever o peso, utilizando a expressão da 2ª Lei de Newton:

$$P = mg$$

Ou

$$P = \mu V g$$

Substituindo na expressão do equilíbrio:

$$F = F_0 + \mu V g$$

Se dividirmos toda a expressão pela área A, teremos:

$$\frac{F}{A} = \frac{F_0}{A} + \frac{\mu V g}{A}$$

em que:

$\frac{F}{A} = p$ (pressão exercida sobre a base inferior do cilindro)

$\frac{F_0}{A} = p_0$ (pressão exercida pelo ar sobre a base superior do cilindro)

O terceiro termo pode ser escrito:

$$\frac{\mu V g}{A} = \frac{\mu A h g}{A} = \mu g h$$

Substituindo os termos encontrados, podemos escrever a expressão matemática que traduz o Teorema de Stevin, em que p_0 é a pressão que o ar exerce sobre a superfície do líquido, chamada de pressão atmosférica.

$$\rho = \rho_o + \mu g h$$

Traduzindo em palavras, o Teorema de Stevin afirma que a pressão exercida sobre um ponto situado à profundidade h no interior de um líquido em equilíbrio é dada pela pressão atmosférica ($p_0 = p_{atm}$) exercida sobre a superfície do líquido, mais a pressão exercida pela coluna de líquido, situada acima do ponto.

A partir do Teorema de Stevin é possível prever a existência de superfícies onde a pressão mantém-se constante em todos os pontos. No caso do problema estudado, isso ocorre desde que a superfície seja horizontal.

A pressão exercida pela coluna de líquido recebe o nome de pressão hidrostática (p_H) e pode ser calculada a partir do produto μgh que forma o terceiro termo da expressão.

Logo, podemos reescrever:

$$\rho = \rho_{atm} + \rho_H$$

Ou

$$\rho = \rho_{atm} + \mu g h$$

Seção 4
A medida da pressão atmosférica – Experiência de Torricelli

Com o objetivo de criar uma forma de medir a pressão atmosférica, Torricelli realizou o seguinte experimento: encheu com mercúrio um recipiente e um tubo de vidro de 120 cm de comprimento. No caso do tubo, ele encheu até a borda. Em seguida, tapou a extremidade aberta do tubo, inverteu a sua posição e mergulhou a extremidade tapada no mercúrio que estava no recipiente. Ao remover o dedo, destampando o tubo, o líquido desceu até certa altura e depois parou atingindo uma situação de equilíbrio. Esta situação de equilíbrio encontra-se representada na figura a seguir, que mostra a coluna de mercúrio com 76 cm de altura em relação ao nível do mercúrio no recipiente.

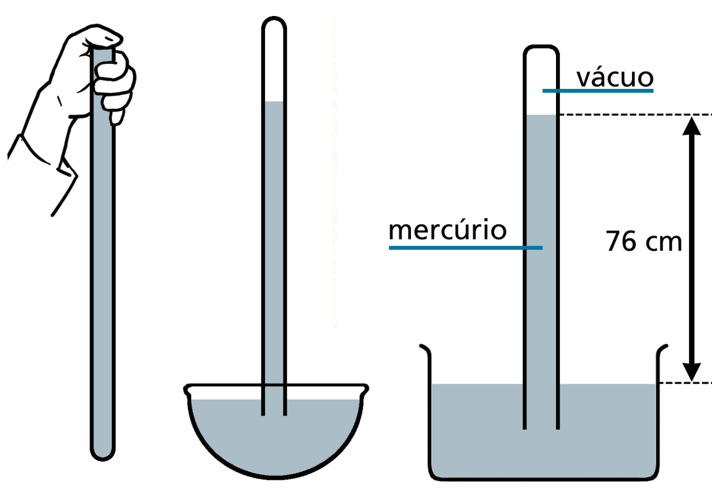


Figura 4: Experiência de Torricelli.

Esta altura de 76 cm se repete toda vez que o experimento é realizado no nível do mar. Quando este experimento é realizado em locais de maior altitude, como as montanhas, esse valor será menor que 76 cm.

A explicação para isso está no fato de que no alto da montanha a quantidade de ar, exercendo força sobre a superfície do mercúrio no recipiente é menor, e, por consequência, a pressão será menor. Com isso, o equilíbrio ocorre para colunas menores do que 76 cm.

Saiba Mais

A relação entre as unidades

Na situação de equilíbrio, a pressão hidrostática exercida pela coluna de mercúrio iguala-se à pressão exercida pela atmosfera. Quando a experiência é realizada no nível do mar, convencionou-se que esta pressão equivale a uma atmosfera (1 atm), uma das unidades utilizadas para medir pressão. Esta unidade guarda uma relação de equivalência com a altura da coluna de mercúrio igual a 76 cm.

Assim, podemos expressar a pressão tanto em atm quanto em cm de Hg (símbolo químico do mercúrio), considerando a seguinte relação de transformação:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg}$$

No Sistema Internacional (SI), a unidade de pressão é dada pela razão entre as unidades de força e de área (N/m^2). Esta razão recebe o nome de Pascal (Pa).

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

Para correlacionar as três unidades aqui apresentadas, por meio de uma relação de transformação, podemos realizar o seguinte cálculo:

A pressão hidrostática equivalente aos 76 cm de Hg pode ser calculada:

$$\rho_H = \mu_{Hg} \times g \times h$$

Saiba Mais

Podemos encontrar o valor da densidade do mercúrio (μHg = 13,6.103 Kg/m³) em uma tabela e utilizar g = 9,8 m/s². Substituindo esses valores, teremos:

76 cm Hg = 0,76 m Hg

$$\mu_H = 13,6 \times 10^3 \times 9,8 \times 0,76$$
$$\mu_H = 1,01 \times 10^5 N/m^2$$
$$\mu_H = 1,01 \times 10^5 Pa$$

Assim, teremos:

$$1atm = 76cmHg = 1,01 \times 10^5 Pa$$

Atividade 1

Calculando a pressão

Um cubo possui 10 cm de aresta e massa igual a 3 Kg. Determine a pressão exercida por uma das faces deste cubo, quando ele se encontra apoiado sobre uma mesa.

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade 2

Mergulhando fundo

Um mergulhador nada a uma profundidade de 10 m. Determine a pressão no ponto onde este mergulhador encontra-se.

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade 3

Será que a água vaza?

Procure obter o seguinte material:

• Um copo de vidro

• Meia folha de papel A4 em branco.

Encha o copo com água até que o nível atinja, mais ou menos, 1 cm da borda.

Coloque a folha de papel sobre a boca do copo. Segure o copo com uma das mãos e com a palma da outra mão pressione a folha sobre a boca do copo, a fim de evitar que a água escape entre a folha e a borda do copo. Vire o copo de cabeça para baixo, mantendo pressionada a folha de maneira que não haja vazamento da água. Mantenha esta posição por uns 5 segundos e, em seguida, remova com cuidado a mão que está segurando o papel.

O que você observou? Como você explica o que aconteceu, baseado no seu aprendizado de Física até aqui?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 5
Equilíbrio em líquidos que não se misturam

A figura a seguir ilustra uma situação em que dois líquidos com densidades diferentes, como óleo e água, por exemplo, são colocados cuidadosamente em um tubo em formato de U, de maneira que não se misturem.

Na situação de equilíbrio, o líquido à esquerda representa o óleo, cuja densidade p_1 é menor do que a da água (à direita), cuja densidade é p_2.

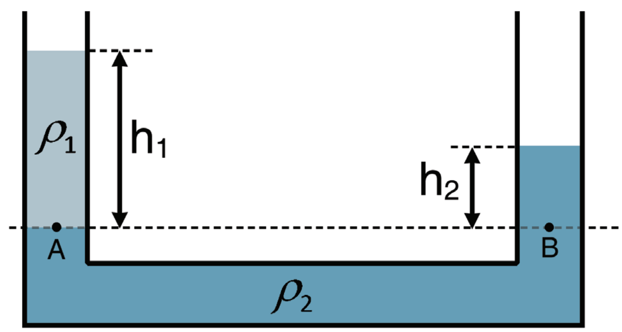


Figura 5: Equilíbrio em líquidos que não se misturam.

De acordo com o Teorema de Stevin, a pressão no ponto A (p_A) é igual a pressão no ponto B (p_B), já que eles se encontram sobre a mesma superfície **isobárica** imaginária. Logo:

$p_A = p_B$

Escrevendo as expressões de p_A e p_B de outra forma:

$$\rho_A = \rho_{atm} + \mu_1 \times g \times h_1$$
$$\rho_A = \rho_{atm} + \mu_2 \times g \times h_2$$

Isobárico

É toda e qualquer transformação ou ambiente que possua pressão constante.

Atividade 4

Água e óleo não se misturam

Em um tubo em forma de U foram colocados água e um tipo de óleo, cuja densidade é igual a 0,6 g/cm^3. Sabendo-se que a coluna de óleo mede 5 m, determine a altura da coluna de água medida a partir do nível onde os líquidos se encontram em contato. Utilize para a água a densidade de 1g/cm^3.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 6
O Princípio de Pascal e a prensa hidráulica

De acordo com o Princípio de Pascal, qualquer aumento de pressão, aplicado em um ponto de um líquido em equilíbrio, é transmitido integralmente a todos os pontos deste líquido e também a todos os pontos das paredes do recipiente que o contém. O Princípio de Pascal encontra aplicações em aparatos tecnológicos como o freio a disco, utilizado em automóveis, e o elevador hidráulico, utilizada para elevar cargas pesadas.

A figura a seguir ilustra o funcionamento de uma prensa que consiste de dois cilindros de diferentes diâmetros, interligados e contendo um líquido. Em cada lado, é colocado um êmbolo e as áreas das superfícies desses êmbolos são, respectivamente, A_1 e A_2, sobre as quais atuam as forças F_1 e F_2.

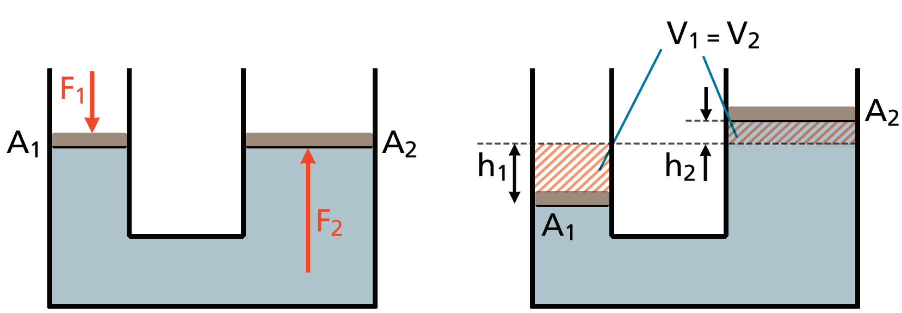


Figura 6: Prensa hidráulica

Nesse caso, F_2 ocorre no segundo êmbolo pelo fato de haver sido aplicada a força F_1 no primeiro êmbolo. A explicação para o aparecimento da força F_2 está no Princípio de Pascal, pois a aplicação de F_1 provoca um aumento de pressão no líquido que irá se transmitir até o segundo êmbolo, submetendo-o a uma força F_2.

Observando a figura, é possível concluir que a pressão p_1 (sobre o primeiro êmbolo) é dada por:

$$\rho_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Da mesma forma, a pressão p_2 (sobre o segundo êmbolo) é dada por:

$$\rho_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

De acordo com o Princípio de Pascal:

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Portanto, há uma relação direta entre as intensidades das forças aplicadas e as áreas dos êmbolos. Assim, é possível compreender o funcionamento da prensa hidráulica, verificando que a força aplicada do lado esquerdo (F_1) pode ser muito menor do que a força obtida do lado direito (F_2), dependendo da relação entre as áreas. Em uma situação limite, seria possível imaginar que, com um único dedo aplicado do lado esquerdo, poderíamos elevar um caminhão posicionado no lado direito, caso o equipamento seja projetado com esta finalidade.

Outra análise possível envolve a relação entre a altura que o primeiro êmbolo desloca (h_1) - se e a altura do deslocamento do segundo êmbolo (h_2).

É fácil verificar que, não havendo qualquer tipo de vazamento de líquido, o volume de líquido deslocado do lado esquerdo (V_1) para baixo deve ser igual ao volume deslocado do lado direito (V_2) para cima. Logo:

$$V_1 = V_2$$

V_1 e V_2 podem ser escritos, respectivamente, como:

$$V_1 = h_1 \times A_1 \quad \text{e} \quad V_2 = h_2 \times A_2$$

Assim, podemos obter uma expressão matemática que relacione as duas alturas, substituindo na expressão anterior.

Atividade 5

Subindo com o peso

Um elevador de carga hidráulico opera por meio de um cilindro de área igual a 4.10^{-5} m^2 e deve elevar um container de 4.10^3 Kg que se encontra apoiado em um êmbolo de 8.10^{-3} m^2 de área. Determine a intensidade mínima da força necessária para elevar o container, e o deslocamento que deve ser realizado no primeiro êmbolo para que o container eleve-se em 20 cm.

Anote suas respostas em seu caderno

Saiba Mais

A água de lastro e seus problemas ambientais

Um navio cargueiro é desenvolvido para navegar longas distâncias com seus compartimentos cheios de carga. Essa carga pode, muitas vezes, apresentar uma grande quantidade de massa, dependendo do tamanho da embarcação. Esse peso a ser transportado é levado em conta no projeto dessas embarcações, influenciando no volume de casco que ficará submerso, enquanto o navio estiver com sua carga máxima sendo utilizada. Assim, o que fazer quando a embarcação precisa navegar vazia – sem carga –, já que o equilíbrio pode ficar comprometido em função da ausência do peso? Nesse caso, costuma-se carregar um volume extra, denominado de lastro, no lugar da carga, a fim de preservar o equilíbrio do navio.

Qualquer material utilizado para manter um objeto em equilíbrio é chamado de lastro. Nas embarcações antigas, era comum a utilização de sacos de areia ou pedras. Atualmente, os novos projetos resolvem o problema, transportando a água do mar como lastro, que preenche compartimentos do navio para completar o peso. Quando não é mais necessária, esta água é eliminada.

Um dos problemas relacionados com a utilização da água de lastro é o impacto ambiental. Ao encher os seus tanques com água do mar e transportá-la para outro local, o navio estará transportando, junto com a água, espécies marinhas e microorganismos nem sempre compatíveis com o ambiente onde essa água será descartada. Muitas vezes, as espécies transferidas são predadoras das espécies locais e podem causar grandes impactos no Meio Ambiente. Além disso, doenças podem ser transportadas juntamente com essa água. Por isso, estudos sobre o impacto causado por água de lastro vêm se intensificando no mundo inteiro.

Seção 7

O Teorema de Arquimedes e o cálculo do empuxo

No boxe Saiba Mais anterior estivemos discutindo brevemente alguns problemas, causados pela água de lastro, utilizada nos navios de carga e a necessidade da sua utilização para manter o equilíbrio dessas embarcações. Nesta seção, vamos estudar a força de empuxo, que no caso dessas embarcações, pode colocar em risco a sua estabilidade, quando estas se encontram descarregadas.

Quando carregamos uma criança nos braços e a mergulhamos em uma piscina, temos uma sensação de conforto em relação à força que realizamos para mantê-la nos braços. Ela parece que "fica mais leve". É como se o líquido a empurrasse para cima, "aliviando" o seu peso.

A explicação para este fenômeno foi elaborada pela primeira vez por Arquimedes (282 – 212 a. C.), e está traduzida no seu teorema que afirma que todo corpo sólido submerso em um líquido em equilíbrio fica sujeito à ação de uma força vertical e voltada para cima, cuja intensidade é equivalente ao peso do líquido que o corpo deslocou.

Essa força foi denominada empuxo (E), e pode ser calculada matematicamente a partir do peso do líquido deslocado, ou seja:

$$E = P_{líquido}$$

Sendo m_l a massa do líquido:

$$P_{líquido} = m_l \times g$$

Escrevendo a massa em função da densidade do líquido (ρl):

$$m_l = \mu_l \times V_l$$

Substituindo na expressão do empuxo:

$$E = \mu_1 \times V_1 \times g$$

A figura a seguir mostra um corpo de volume igual a V submerso em um líquido de densidade μ_1 onde atuam sobre ele o peso (P) e o empuxo (E).

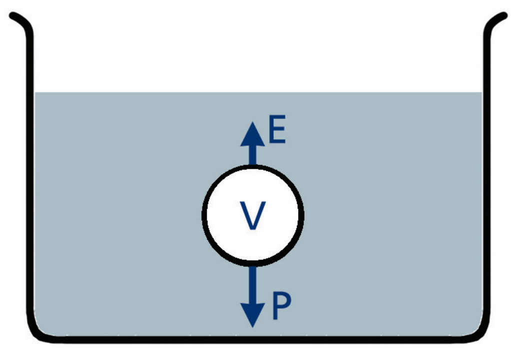


Figura 7: Empuxo sobre um corpo submerso.

Nessa situação, o empuxo pode ser obtido, considerando-se que o volume de líquido deslocado é exatamente igual ao volume do corpo (V), já que o corpo está totalmente submerso. Logo:

$$V_l = V$$

Assim,

$$E = \mu_1 \times V \times g$$

O exemplo exibido na figura anterior não caracteriza uma situação de equilíbrio.

Uma esfera de 100 g de massa e 2.10^{-4} m^3 de volume encontra-se totalmente submersa em água e presa ao fundo de uma piscina por um fio que a impede de subir. Determine a tração no fio.

Atividade 6

Anote suas respostas em seu caderno

Veja ainda

Voltando ao problema da água de lastro

Como já foi dito anteriormente, a manutenção do equilíbrio em embarcações é extremamente importante. A análise do problema do equilíbrio nas embarcações de carga pode envolver duas situações. Com o navio cheio de carga, o casco mais submerso desloca um volume maior de líquido e o empuxo é maior, contrabalançando o peso. Por outro lado, com o navio vazio, o casco fica menos submerso e o empuxo necessário para contrabalançar o peso também é menor. Com o casco pouco submerso, a embarcação fica sujeita a instabilidades e a solução encontrada para recuperar a estabilidade é o enchimento dos compartimentos da embarcação com a água do mar, a fim de aumentar o seu peso e, consequentemente, ter o seu casco mais submerso.

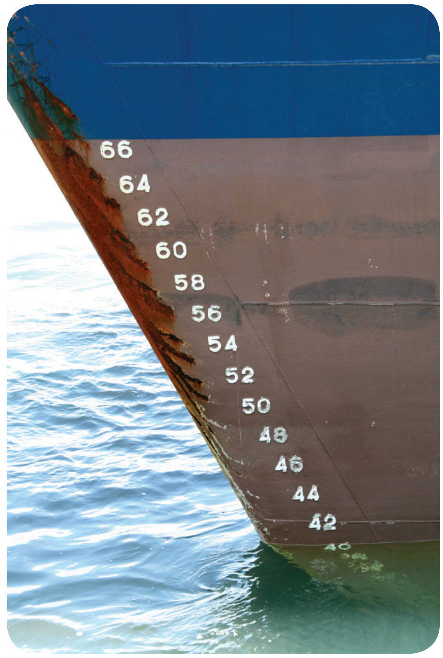


Figura 8: Quando um navio de carga está em sua capacidade máxima, parte de seu casco afunda na água. Quando não há carga a ser transportada, utiliza-se um lastro para que ele afunde na água a mesma quantidade do casco que afundaria se ele estivesse carregado, isso mantém o equilíbrio dele durante a navegação.

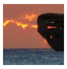
Resumo

Nesta unidade, você viu que:

- A pressão é dada pela razão entre a força e a área onde esta é aplicada: $\rho = \frac{F}{A}$;
- A massa específica diferencia-se da densidades pelo fato da primeira se referir ao material puro, enquanto que a densidade refere-se ao objeto que pode ser constituído de vários materiais diferentes. Ambas são definidas com a razão entre a massa e o volume do objeto: $\mu = \frac{m}{V}$ e $\rho = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{v}}$;
- A pressão no interior de um líquido é dada pela profundidade dentro do líquido, multipicado pela densidade do líquido, vezes a gravidade mais o valor de uma atmosfera (quando se está no nível do mar): $\rho = \rho_o + \mu g h$;
- O experimento de Torricelli mostrou a relação entre a medida de uma atmosfera e uma coluna de mercúrio, identificando a relação 1 atm= 76cm/Hg;
- O princípio de Pascal, que rege o funcionamento de mecanismos hidráulicos é dado pela relação entre as razões entre as forças aplicadas e suas respectivas áreas dos cilindros: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$.

Referências

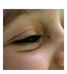
Imagens

 • http://www.sxc.hu/photo/923717

 • http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RGS_13.jpg

 • http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torricelli.jpg

 • http://www.sxc.hu/photo/1355471

 • http://www.sxc.hu/photo/984332

• http://www.sxc.hu/photo/1133571

Respostas das Atividades

Atividade 1

A pressão pode ser determinada pela expressão $\rho = \frac{F}{A}$, onde F é a força de contato entre a face do cubo e a mesa, e A a área da face.

Sendo

$$A = (aresta)^2 = (10)^2 = 100cm^2 = 100.(10^{-2})^2 = 10^{-2}m^2$$

$$A = 10^{-2}m^2$$

E a força de contato igual ao peso do cubo:

$F = P$

$F = mg$

Utilizando g=10m/s² teremos:

$F = 3\,.\,10$

Calculando a pressão:

$\rho = \frac{30}{10^{-2}}$

$\rho = 3000Pa$

Atividade 2

Podemos resolver o problema, utilizando a expressão:

$\rho = \rho_{atm} + \mu gh$

Onde:

$\rho_{atm} = 10^5\,Pa$

$h = 10m$

$g = 10m/s^2$

$\rho = 1g/cm^3 = 10^3Kg/m^3$

Substituindo os dados:

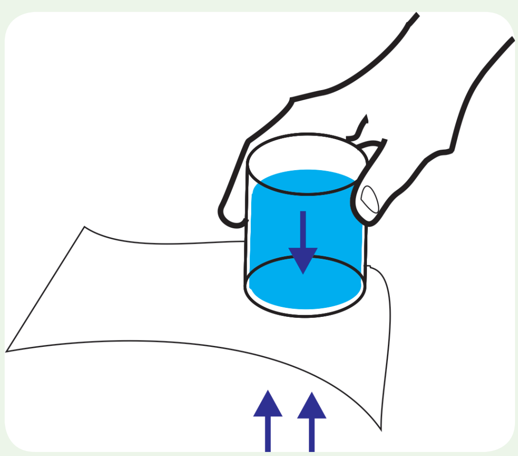
$$\rho = 10^5 + 10^3.10.10$$

$$\rho = 2.10^5 \rho a$$

$$\rho = 2atm$$

Atividade 3

Após a retirada da mão que segura o papel a folha não deve cair e a água não sai do copo. Isso ocorre porque a pressão que atua de baixo para cima na folha é a pressão atmosférica, de valor igual à soma da pressão que a coluna de água exerce na folha de cima para baixo, com a pressão que a pouca quantidade de ar disponível na parte superior do copo (vazia) exerce também para baixo, configurando uma situação de equilíbrio.



Atividade 4

O problema pode ser resolvido, utilizando-se a expressão $p_1 h_1 = p_2 h_2$, onde $p_1 = 1\ g/cm^3$ e $p_2 = 0{,}6\ g/cm^3$.

Assim:

$$h_1 = \frac{p_2}{p_1} h_2$$

Respostas das Atividades

Substituindo os dados:

$$h_1 = \frac{0,6}{1} \cdot 5$$

$$h_1 = 3m$$

Atividade 5

Para determinar a intensidade mínima da força F_1 pode ser utilizada a expressão $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, com $g = 10m / s^2$ e os demais dados fornecidos pelo problema:

$$A_1 = 4.10^{-5} m^2$$

$$A_2 = 8.10^{-3} m^2$$

$$m = 4.10^3 Kg$$

Calculando o valor de F_2, que é igual ao peso do container:

$$F_2 = mg = 4.10^3.10$$

$$F_2 = 4.10^4 N$$

Substituindo todos os dados na expressão, teremos:

$$F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2$$

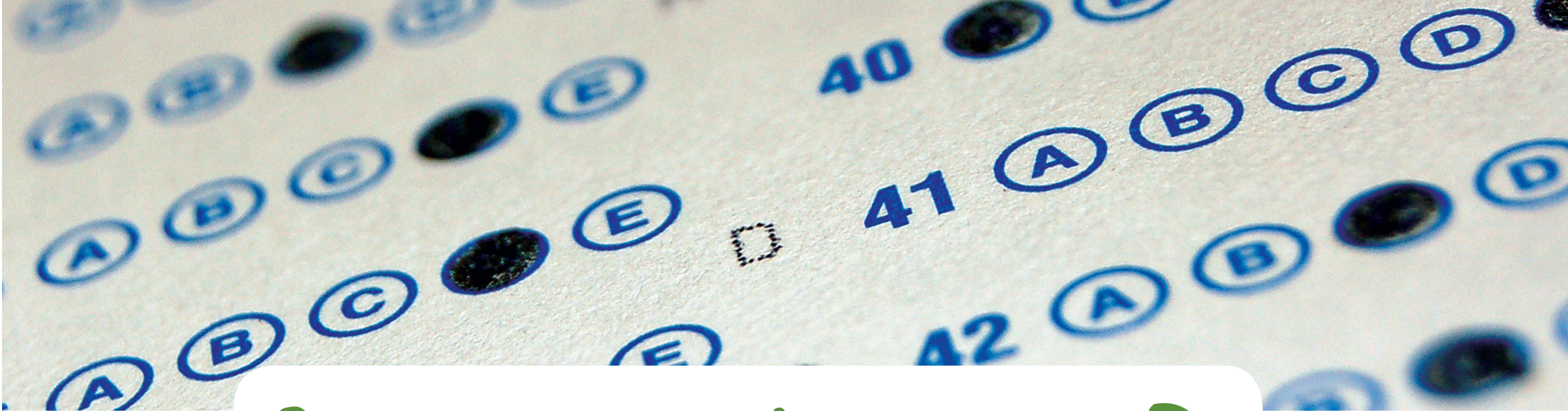
$$F_1 = \frac{4.10^{-5}}{8.10^{-3}} \cdot 4 \cdot 10^4$$

$$F_1 = 2.10^2 N$$

Para determinar o valor do deslocamento h_1, pode ser utilizada a expressão $h_1.A_1 = h_2.A_2$, e o valor de h_2 fornecido pelo problema:

$$h_2 = 20cm$$

Substituindo os dados:



O que perguntam por aí?

Atividade 1 (ENEM 2011)

Certas ligas, estanho-chumbo com composição específica, formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características comporta-se como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso, 183ºC. Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem esta liga (os estanho puro funde a 232ºC e o chumbo puro a 320ºC), o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de 8,74 g/ml e 8,82 g/ml, respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são 7,3 g/ml e 11,3 g/ml, respectivamente.

Um lote, contendo cinco amostras de solda estanho-chumbo, foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir.

Amostra	Porcentagem de Sn (%)	Porcentagem de Pb (%)
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Com base no texto a na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são:

a. I e II

b. I e III

c. II e IV

d. III e V

e. IV e V

Gabarito: A resposta correta é o item C.

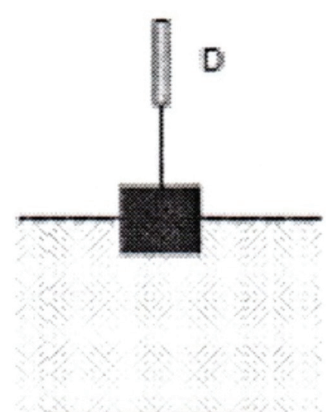
Comentário: A partir dos dados fornecidos, é possível calcular a densidade de cada liga, levando em conta os percentuais de participação dos elementos estanho e chumbo em cada caso. Depois de realizar os cálculos para os cinco itens, é possível identificar que as amostras II e IV são as que atendem às normas.

Cálculos das densidades:

$$\mu_I = 0,62\ .7,3 + 0,38\ .11,3 = 8,82 g\ /\ ml$$
$$\mu_{IV} = 0,63\ .7,3 + 0,37\ .11,3 = 8,78 g\ /\ ml$$

Atividade 2 (ENEM 2011)

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 Kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N, quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.



Considerando que a aceleração da gravidade local é de 10 m/s2, a densidade da água do lago, em g/cm3, é:

a. 0,6

b. 1,2

c. 1,5

d. 2,4

e. 4,8

Gabarito: A resposta correta é o item B

Comentário: Atuam sobre o cubo as seguintes forças: o peso (P) para baixo, o empuxo (E) para cima e a força que o dinamômetro exerce (F) também para cima. O problema fornece os seguintes dados:

$$aresta\,do\,cubo = a = 10\,cm = 10^{-1}\,m$$
$$massa\,do\,cubo = m = 3Kg$$
$$peso\,registrado\,com\,o\,cubo\,suspenso = P = 30\,N$$
$$força\,registrada\,pelo\,dinamômetro\,com\,o\,cubo\,imerso = F = 24\,N$$

O problema informa que somente a metade do volume do cubo está submerso. Logo, o volume de líquido deslocado $V_l = \frac{V}{2}$, onde V é o volume do cubo.

O cálculo da densidade da água do lago seria possível se tivéssemos como obter o valor do empuxo, já que:

$$E = \mu . V_l . g$$

Ou

$$\mu = \frac{E}{V_l . g}$$

Na situação de equilíbrio, temos:

$$E + F = P$$

Ou ainda

$$E = P - F$$

Realizando alguns cálculos a partir dos dados fornecidos e utilizando g = 10 m/s^2:

$$P = m \times g$$
$$P = 3 \times 10$$
$$P = 30N$$

Substituindo na expressão do empuxo:

$$E = 30 - 24$$
$$E = 6N$$

Calculando o volume do líquido deslocado:

$$V_l = \frac{V}{2}$$
$$V_l = \frac{\left(10^1\right)^3}{2}$$
$$V_l = 5.10^{-4}\ m^3$$

Substituindo na expressão da densidade:

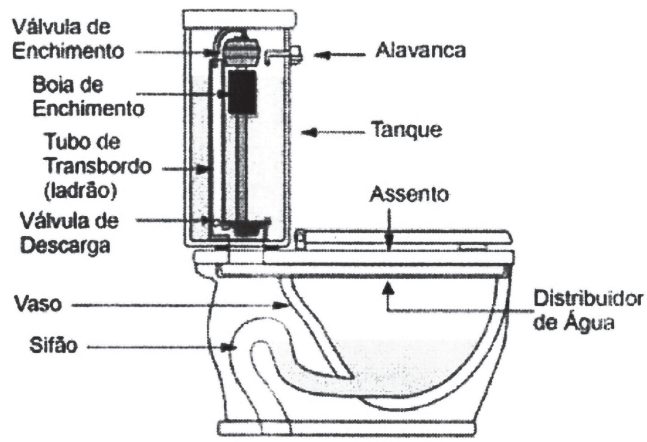
$$\mu = \frac{6}{5.10^{-4}.10}$$
$$\mu = 1{,}2.10^3\ Kg / m^3$$

Ou ainda:

$$\mu = 1{,}2.10^3 . \frac{10^3\ g}{10^6\ cm^3}$$
$$\mu = 1{,}2 g / cm^3$$

Atividade 3 (ENEM 2011)

Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura a seguir. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade maior a pressão. Assim, a água desce, levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga fecha-se e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



A característica de funcionamento que garante essa economia é devida:

a. à altura do sifão de água;

b. ao volume do tanque de água;

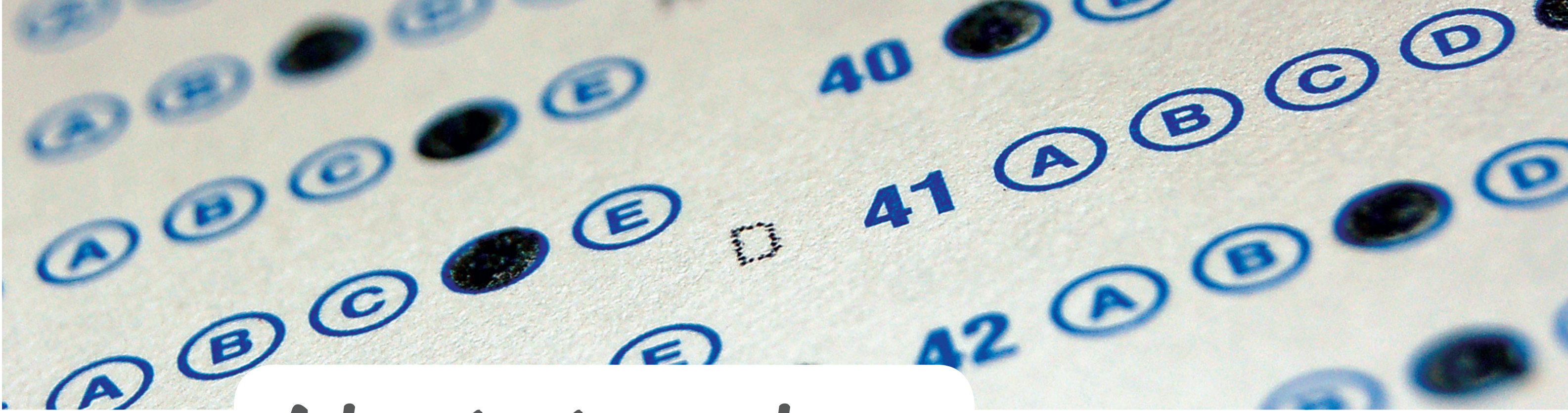
c. à altura do nível de água no vaso;

d. ao diâmetro do distribuidor de água;

e. à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

Gabarito: A resposta correta é o item B.

Comentário: A economia de água não pode ser justificada pela altura do sifão porque seja com a descarga de válvula ou com a que utiliza o tanque a altura do sifão é a mesma. O mesmo acontece em relação à altura do nível da água no vaso. O diâmetro do distribuidor de água e a eficiência da válvula somente determinam o tempo de enchimento do tanque, o que não justifica a economia. Assim, o fator determinante para a economia é a presença do tanque que possui um volume definido para cada operação, evitando a utilização exagerada e o desperdício.



Atividade extra

Exercício 1 - Adaptado de FURG - 2003

Na prensa hidráulica, no elevador (macaco) hidráulico dos postos de serviços automotivos e na cadeira do dentista, encontramos exemplos de aplicação de um importante conceito de Física.

O nome deste conceito é:

a. Princípio de Arquimedes.

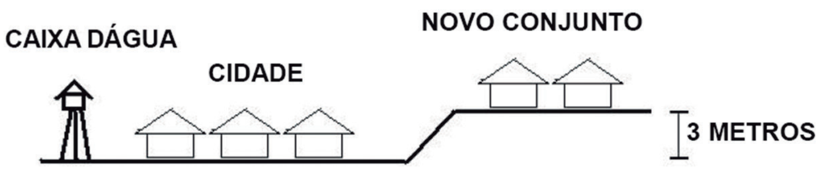
b. Princípio de Pascal.

c. Lei de Newton.

d. Lei de Hooke.

Exercício 2 - Adaptado de ENCCEJA - 2005

Em uma cidade, seu sistema de abastecimento de água foi projetado usando uma grande caixa d'água e funciona atendendo com eficiência a todos os consumidores.



Com a construção de um novo conjunto habitacional em um nível 3 m mais alto em relação ao plano da cidade, a distribuidora de água só poderá atender à nova ligação do conjunto se:

a. a altura da caixa d'água ficar a mesma;

b. a altura da caixa d'água for superior à do conjunto;

c. aumentar o volume da caixa d'água mantendo sua altura;

d. aumentar o volume da caixa d'água e diminuir a sua altura.

Exercício 3 - Adaptado de UFSM

Referindo-se à estrutura física, uma das causas importantes da degradação do solo na agricultura é a sua compactação por efeito das máquinas e da chuva.

Um trator tem rodas de grande diâmetro e largura para que exerça contra o solo:

a. pequena pressão;

b. pequeno atrito;

c. pequena força;

d. pequeno peso.

Exercício 4 - Adaptado de UEMG - 2007

Uma caixa flutua na água com uma pequena parte dela fora do líquido.

Em relação a essa situação, é correto afirmar que o empuxo que atua na caixa é:

a. menor que o seu peso e a sua densidade é igual à da água;

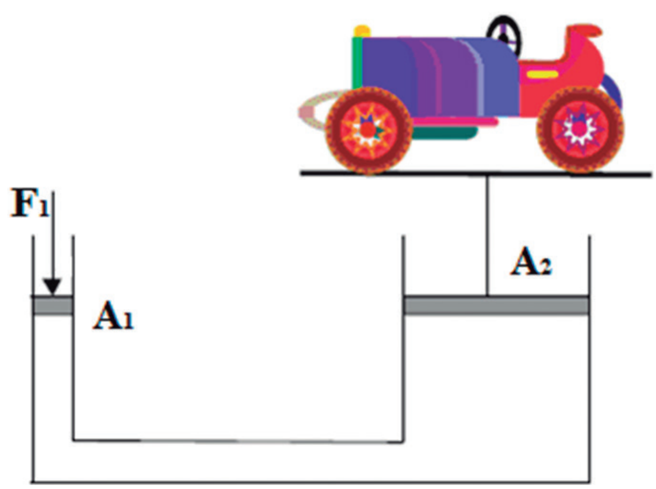
b. igual ao seu peso e a sua densidade é maior que a da água;

c. igual ao seu peso e a sua densidade é menor que a da água;

d. menor que o seu peso e a sua densidade é menor que a da água.

Exercício 5 - Adaptado de UFSJ - 2006

A figura representa um corte esquemático de um elevador hidráulico, muito usado em postos de gasolina e oficinas mecânicas para lavagem e manutenção de veículos. Basicamente constitui-se de dois cilindros, com áreas transversais de valores diferentes, vedados por pistões móveis, cujos cilindros são conectados por uma tubulação, e todo o sistema é preenchido por um fluido. O pistão da direita sustenta uma plataforma de suspensão dos veículos, cujo peso, juntamente com o do veículo, é P = 5000 N. Sabe-se ainda que o pistão da esquerda tem área A_1=20 cm^2, o da direita tem área A_2 =2000 cm^2.



Com base nessas informações, determine a intensidade mínima da força F_1 que deve ser aplicada no pistão da esquerda para manter a plataforma na posição indicada.

Gabarito

Questão 1

A	B	C	D
○	●	○	○

Questão 2

A	B	C	D
○	●	○	○

Questão 3

A	B	C	D
●	○	○	○

Questão 4

A	B	C	D
○	○	●	○

Questão 5

Para determinar a intensidade mínima da força F_1 deve-se considerar a pressão no ponto 1 igual à pressão no ponto 2. Pode-se utilizar a expressão:

$p_1 = p_2$, então,

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2},$$

$A_1 = 20\ cm^2$

$A_2 = 2000\ cm^2$

P = F2 = 5000 N

Substituindo todos os dados na expressão, teremos:

$$F_1 = \frac{A_1 F_2}{A_2}$$

$$F_1 = \frac{2.10.5.10^3}{2.10^3}$$

$$F_1 = 50N$$