Curso de Física

Especial para Medicina

Um dos segredos dos Cearenses para ter sucesso no vestibulares de Medicina (Fuvest, Unifesp e federais em geral) são as 2 apostilas de Física do prof. Renato Brito, bem como o Curso Anual de Física que ele ministra em Fortaleza.

Se você não mora em Fortaleza, não poderá fazer o curso, mas poderá adquirir essa apostila e se destacar no seu vestibular.

Aqui apresentamos apenas um capítulo como demonstrativo dela, o de Hidrostática, com:

- teoria completa
- questões de classe
- questões de casa
- gabarito das questões de casa
- resolução das questões de mais difíceis de casa.

Após apreciar esse demonstrativo, você pode ver mais detalhes sobre essa apostila no link abaixo. Poderá comprá-la também no site da VestSeller e recebe-la em casa, pelos correios.

A Física vai deixar de ser o seu “calo” e passará a ser o seu diferencial.

http://www.vestseller.com.br/detalhamento.asp?produto_id=225

http://www.vestseller.com.br/detalhamento.asp?produto_id=259

Volume 1

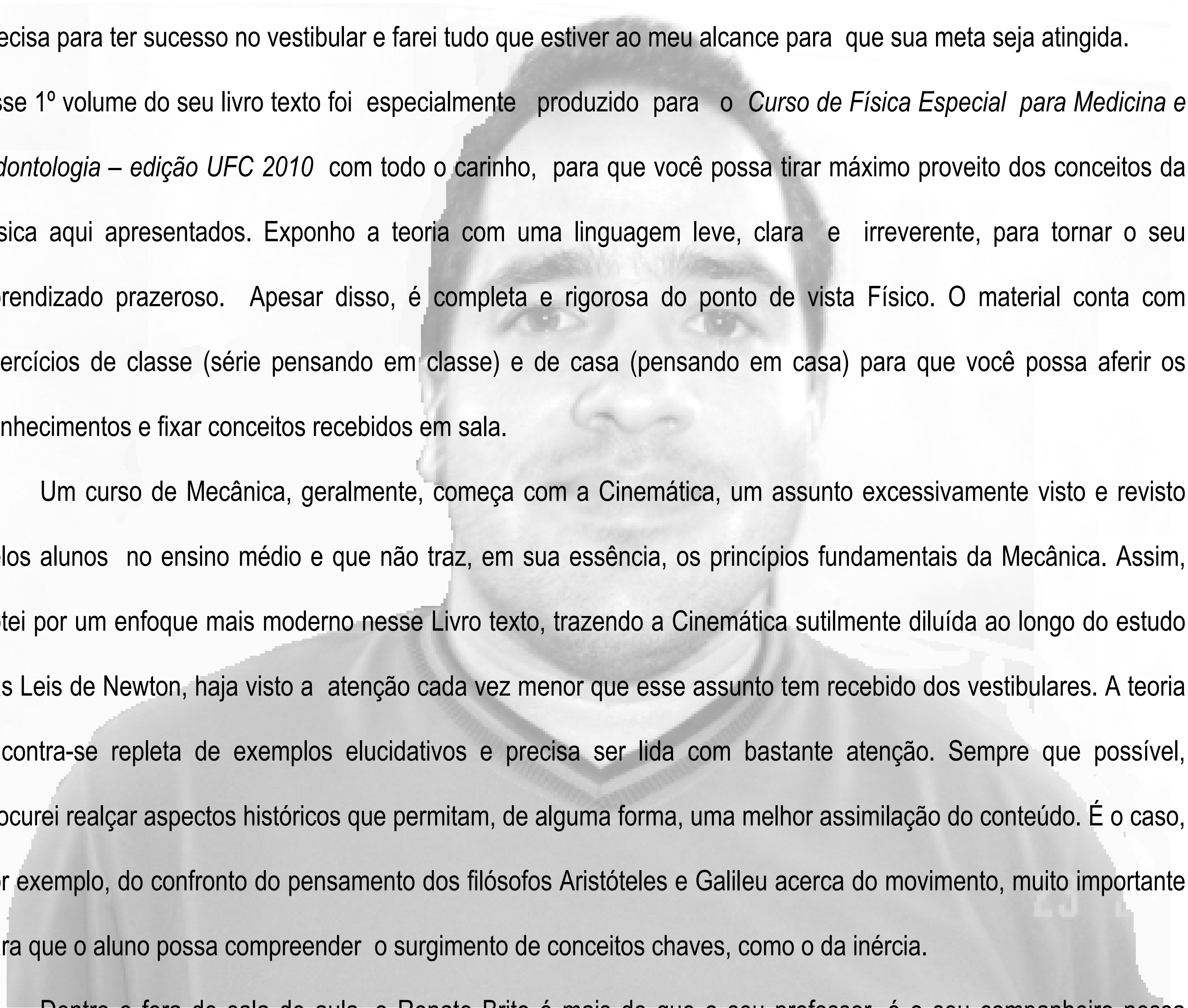
Mecânica
Óptica
Termodinâmica

Prof Renato Brito

A O   E S T U D A N T E

Seja bem vindo ao Curso de Física do Prof Renato Brito, especialista no ensino de Física para Vestibulandos de Medicina e Odontologia em Fortaleza.

É sempre um enorme prazer ministrar aulas de alto nível para alunos do padrão de excelência dos vestibulandos de Medicina e Odontologia. Tenho a dimensão exata da qualidade do ensino de Física que você precisa para ter sucesso no vestibular e farei tudo que estiver ao meu alcance para que sua meta seja atingida.



Esse 1º volume do seu livro texto foi especialmente produzido para o *Curso de Física Especial para Medicina e Odontologia – edição UFC 2010* com todo o carinho, para que você possa tirar máximo proveito dos conceitos da Física aqui apresentados. Exponho a teoria com uma linguagem leve, clara e irreverente, para tornar o seu aprendizado prazeroso. Apesar disso, é completa e rigorosa do ponto de vista Físico. O material conta com exercícios de classe (série pensando em classe) e de casa (pensando em casa) para que você possa aferir os conhecimentos e fixar conceitos recebidos em sala.

Um curso de Mecânica, geralmente, começa com a Cinemática, um assunto excessivamente visto e revisto pelos alunos no ensino médio e que não traz, em sua essência, os princípios fundamentais da Mecânica. Assim, optei por um enfoque mais moderno nesse Livro texto, trazendo a Cinemática sutilmente diluída ao longo do estudo das Leis de Newton, haja visto a atenção cada vez menor que esse assunto tem recebido dos vestibulares. A teoria encontra-se repleta de exemplos elucidativos e precisa ser lida com bastante atenção. Sempre que possível, procurei realçar aspectos históricos que permitam, de alguma forma, uma melhor assimilação do conteúdo. É o caso, por exemplo, do confronto do pensamento dos filósofos Aristóteles e Galileu acerca do movimento, muito importante para que o aluno possa compreender o surgimento de conceitos chaves, como o da inércia.

Dentro e fora de sala de aula, o Renato Brito é mais do que o seu professor, é o seu companheiro nessa jornada da Física, portanto, esteja sempre à vontade para tirar dúvidas dentro ou fora de sala de aula. O professor Renato Brito ensina Física com um prazer inigualável, com dedicação exclusiva a você aluno, que tem *um engenheiro do ITA a serviço da sua aprovação em Medicina e Odontologia.*

Conte comigo sempre,

Prof Renato Brito

Fortaleza, 02 de fevereiro de 2010

1 – O Conceito de Pressão

Fluido é uma denominação geral dada para qualquer meio que flui, portanto, os gases e os líquidos em geral são fluidos. Alguns meios têm uma viscosidade extremamente grande e fluem com grande lentidão, como é o caso do vidro ! Observando vitrais de antigas igrejas do século XVIII, percebe-se que a espessura do vidro em sua parte inferior é um pouco maior que na parte superior, evidenciando que, ao longo dos anos, o vidro fluiu lentamente de cima para baixo, sob ação da gravidade. O mesmo ocorre ao asfalto das ruas que, assim como o vidro, também é considerado fluido ☺.

Nesse capítulo, estudaremos a estática dos fluidos, isto é, o equilíbrio dos gases e líquidos sob ação da gravidade. No estudo da Dinâmica, usualmente admitimos a atuação da força sobre um ponto do corpo. Entretanto, quando um fluido interage com um corpo, a força que este recebe está espalhada ao longo da sua superfície. Para levar em conta esse espalhamento, consideramos o conceito de **pressão**:

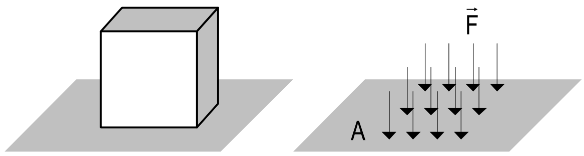


Figura 1 – A força normal F que a caixa exerce sobre a superfície da mesa está espalhada ao longo de uma área igual à base da caixa. Dizemos que a caixa exerce uma pressão sobre essa área A.

Seja uma caixa em repouso sobre a superfície de uma mesa, A pressão média que a caixa exerce sobre essa superfície é dada por:

$$\boxed{\text{Pressão média} = \frac{|\vec{F}|}{\text{área}}} \quad \textbf{[eq-1]}$$

Note que a pressão trata-se de uma grandeza escalar, assim como temperatura e energia, portanto não tem direção e sentido.

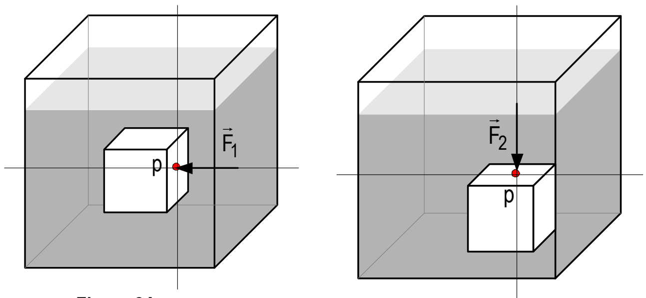


Figura 2A **Figura 2B**

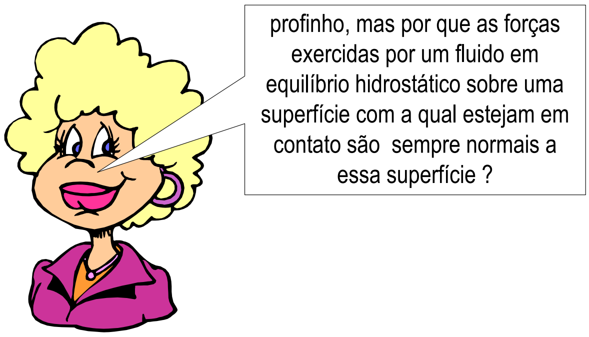
Figura 2 – Assim como não faz sentido falar que a temperatura do ponto **p** da água aponta para baixo, também não faz sentido falar que a pressão no ponto **p** é para baixo. Ambas são grandezas escalares e, portanto, sem orientação. A força associada a essa pressão é que tem orientação (direção e sentido).

Seja **p** um ponto do interior de um líquido em equilíbrio estático. A Figura 2 mostra esse mesmo ponto em duas circunstâncias distintas A e B. Na figura 2A, o ponto p está na fronteira de separação entre a face lateral de um cubo e o líquido, ao passo que, em B, ele está na fronteira de separação entre a face superior do corpo e o líquido.

Em cada caso, a pressão no ponto **p** está associada à força normal $\vec{F}$ que o líquido exerce sobre uma área infinitesimal dA da superfície em torno desse ponto. Como a pressão P no ponto é a mesma em cada caso, visto que se trata da pressão no mesmo ponto do líquido, tomando áreas infinitesimais dA idênticas em cada caso, podemos escrever:

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = P.\,dA$$

Porém, $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ têm orientações distintas, visto que são normais às respectivas superfícies em cada caso, ou seja $\vec{F}_1 \neq \vec{F}_2$. Assim, percebemos que a pressão num ponto p de um líquido não tem orientação mas, sim, a força associada a essa pressão. Essa força é sempre normal à superfície do corpo.



Para você entender isso facilmente, Claudete, suponha que isso não ocorra, ou seja, suponha que o líquido, em equilíbrio hidrostático em repouso no interior de um recipiente, exerça em suas paredes uma força F_1 que não seja normal a elas, como mostra a figura 3a.

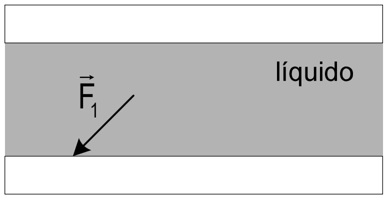


Figura 3a – força hipotética exercida pelo líquido sobre a parede do recipiente

Pela Lei da Ação e Reação, a parede causaria uma reação (figura 3b) igual e oposta F_2 sobre o líquido, que admitiria uma componente normal F_{2N} e uma componente tangencial F_{2T} à superfície do líquido.

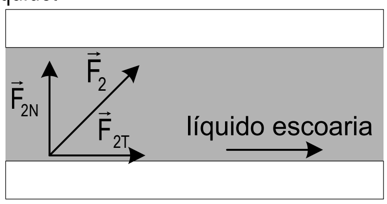


Figura 3b – a existência da componente tangencial F_{2T} levaria o líquido a escoar na direção da parede, o que violaria a hipótese de que o líquido estava em equilíbrio hidrostático.

Entretanto, a existência dessa componente tangencial F_{2T} agindo no líquido o aceleraria ao longo da superfície, provocando escoamento do mesmo, o que seria absurdo, visto que líquidos em equilíbrio hidrostático não escoam (o escoamento de líquidos é estudado em outro ramo da Física chamado Hidrodinâmica.).

Os gases ou líquidos não são capazes de resistir a esforços tangenciais sem fluírem. Assim, para que um fluido esteja em repouso, ele só pode trocar forças normais à sua fronteira de separação com outros corpos.

Essa propriedade dos fluidos pode ser verificada facilmente enchendo-se com água um recipiente de plástico ou uma bexiga (Figura 4) e em seguida fazendo alguns furos no recipiente.

Figura 4

Você perceberá que os pequenos jatos d'água abandonam o recipiente perpendicularmente a ele.

Propriedade 1
As forças exercidas pelo fluido sobre uma superfície com a qual esteja em contato são sempre perpendiculares à superfície.

Vamos agora considerar dois pontos X e Y situados no mesmo nível no interior do fluido (figura 5a). Qual seria a relação entre as pressões nesses pontos ? Para responder a essa questão, vamos tomar uma porção do fluido em forma de cilindro horizontal "muito fino" (figura 5b), de modo que os centros das bases sejam, os pontos X e Y.

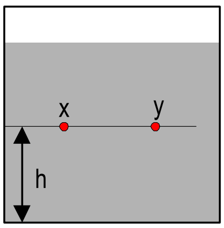


Figura 5 a

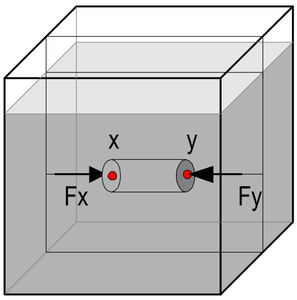


Figura 5 b

Na figura 5b, isolamos o cilindro. A pressão na face esquerda é Px e na face direita é Py. Portanto, sendo A a área de cada face, as forças horizontais exercidas pelo resto do fluido sobre o cilindro têm intensidades Fx e Fy dadas por:

$$Fx = Px.\,A \quad e \quad Fy = Py.\,A$$

Para que o cilindro esteja em equilíbrio, devemos ter:

$$Fx = Fy \;\Rightarrow\; Px.\,A = Py.A \;\Rightarrow\; Px = Py$$

Portanto:

Propriedade 2
Em um fluido em equilíbrio, isto é, que não estão escoando nem estão acelerados em relação à Terra, pontos que estejam num mesmo nível horizontal suportam a mesma pressão.

2 –Pressão exercida por uma coluna líquida

Seja uma coluna líquida de altura h exercendo pressão P_{col} sobre o fundo do seu recipiente. Admitindo que a densidade do líquido vale d e que a área da base do recipiente vale A, queremos determinar essa pressão P_{col}.

O volume da coluna líquida será V = A.h, onde A é a área do fundo do recipiente. Sendo d a densidade do líquido, a sua massa m será dada por m = d.V = d.A.h.

A força de contato que a coluna líquida exerce no fundo do recipiente é a normal N. Estando, a coluna líquida, em equilíbrio, essa normal N será numericamente igual ao seu peso m.g. Assim:

$$P_{col} = \frac{F}{A} = \frac{N}{A} = \frac{m.g}{A} = \frac{d.A.h.g}{A}$$

$$\boxed{P_{col} = d.g.h} \qquad \textbf{[eq-2a]}$$

Na expressão acima, as unidades físicas que devem ser usadas, no sistema internacional (SI), são:

[Pcol] = N / m² = Pascal, não pode ser usado **atm** nessa fórmula.
[d] = kg / m³ , lembrando que 1g / cm³ = 10³ kg / m³
[h] = m

A expressão [eq-2] mostra que a pressão P_{col} exercida por uma coluna liquida em sua base independe área A da sua secção transversal.

Suponha agora que os pontos X e Y estejam numa mesma vertical, sendo **h** o desnível entre eles. Tomemos uma porção do fluido em forma de cilindro vertical “muito fino”, cuja área da base é A, de modo que os pontos X e Y estejam nos centros das bases.

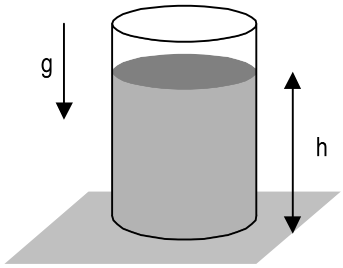


Figura 6a

Na face superior a pressão é p_y e na face inferior é p_x. Assim, as forças verticais que o resto do fluido exerce no cilindro têm intensidades $F_x = p_x.A$ e $F_y = p_y.A$ como mostra a figura 6b. Além dessas duas forças, devemos considerar o peso P do cilindro. Sendo V o seu volume e **d** a densidade do fluido, temos:

$$P = (m).g = (d.V).g = d.(A.h).\, g$$

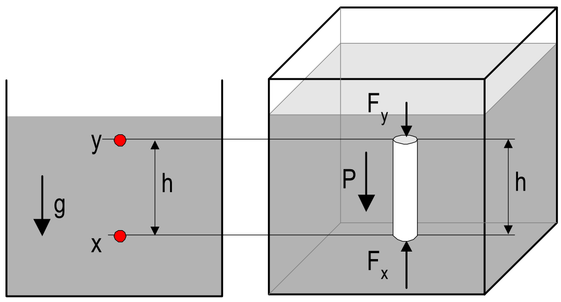


Figura 6 b

Como o “cilindro de fluido” certamente está em equilíbrio no fluido, devemos ter:

$$F_x = F_y + P$$

$$P_x.A = P_y.A + d.(A.h).\, g$$

$$\boxed{P_x = P_y + d.g.h} \qquad \textbf{(eq-2b)} \qquad \textbf{Lei de Stevin}$$

A expressão eq-2b é chamada de **Lei de Stevin**. Ela permite calcular a diferença de pressão entre dois pontos x e y de um líquido em equilíbrio, conhecendo o desnível vertical h entre eles.

Assim, considere a superfície de um lago, submetida à ação da pressão atmosférica P_{atm} (Figura 6c). Seja **y** um ponto da superfície do lago submetido à pressão atmosférica (Patm).

A relação eq-2b fornece a pressão P_x num ponto **x** genérico a uma profundidade **h** medida verticalmente, a partir da superfície do líquido (Figura 6c):

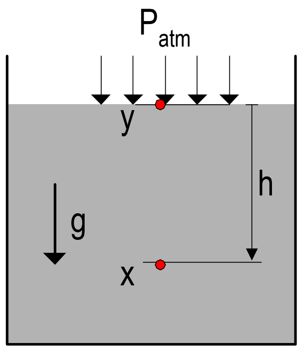


Figura 6 c

$P_x = d.g.h + P_y$, com $P_y = P_{atm}$

$\mathbf{P_x} = (d.g).\mathbf{h} + \mathbf{P_{atm}}$ **(eq–2c)**

$\mathbf{Y} = (a).\mathbf{x} + \mathbf{b}$

A expressão eq2c mostra que a pressão no interior de um líquido varia linearmente com a profundidade **h**.

Como se trata de uma função do 1º grau na variável **h**, o gráfico da pressão em função de **h** é uma reta cujo coeficiente angular ($tg\alpha$) vale **a** = d.g.

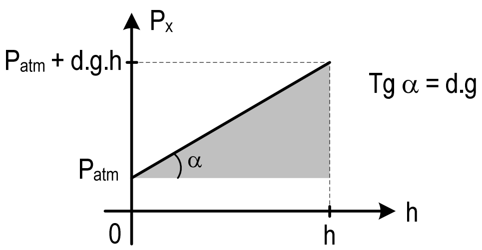
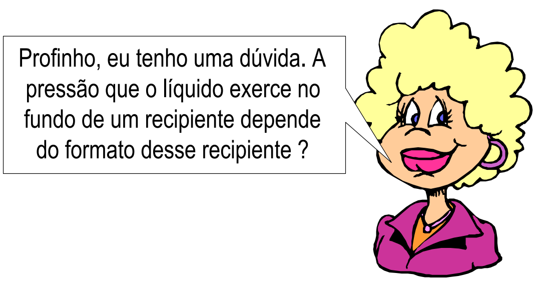


Figura 6 d

No gráfico da Figura 6d, vale a relação $tg\alpha = d.g$, onde $tg\alpha$ é a inclinação da reta (coeficiente angular na função dada por eq2), **d** é a densidade do líquido e **g** é a gravidade local. Assim, quanto maior for a densidade **d** de um líquido, maior será a inclinação α ($tg\alpha = \mathbf{d}.g$) do seu gráfico P x h.

Ao fazer referência à tg α no triângulo retângulo da figura 6d, estamos nos referindo à tangente geométrica, dada pelo quociente:

$$tg\alpha = \frac{cat.oposto}{cat.adjacente} = \frac{\Delta p}{\Delta h} = d.g$$



A figura mostra três recipientes com formatos diferentes contendo o mesmo líquido (água por exemplo) até a mesma altura h medida verticalmente. Denominamos **Pressão hidrostática** a pressão exercida exclusivamente pela água (ou qualquer líquido), sem contar o efeito da atmosfera.

Pode parecer inacreditável mas a *pressão hidrostática* que o líquido exerce (internamente) nos pontos **a, b, c** e **d** (figura 8) é a mesma e esse fato independe do formato do recipiente, conforme o prof Renato Brito explicará a seguir:

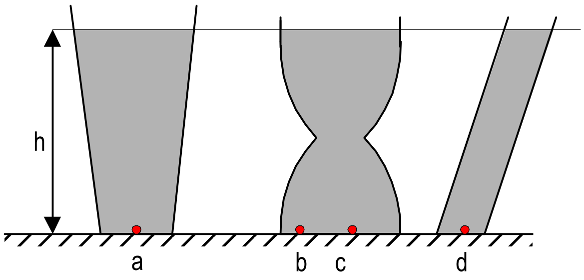


Figura 7 – a pressão hidrostática exercida pela água (internamente) no fundo de cada é exatamente a mesma, independente da forma do recipiente.

A pressão exercida pela água no fundo do 1º recipiente é a pressão no ponto **a.** Trata-se da pressão que a coluna 1 exerce sobre aquele ponto, ou seja, Pa = d.g.h.

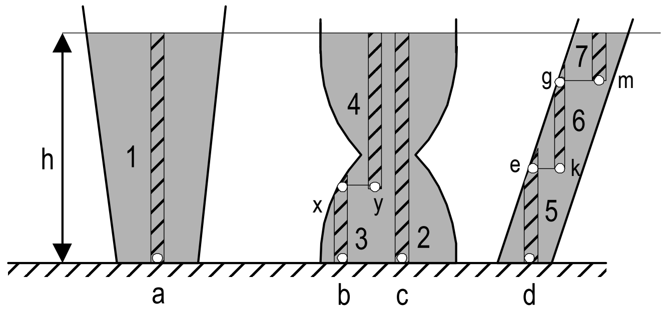
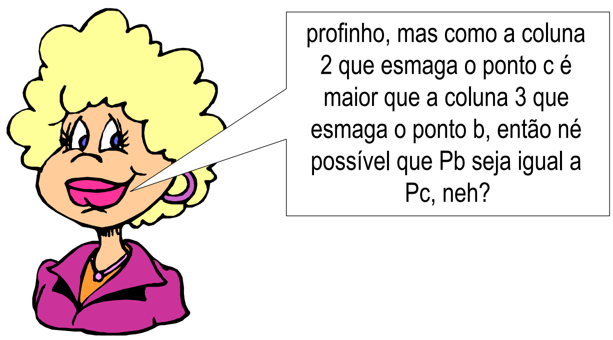


Figura 8

Claramente percebemos que a pressão Pc no fundo do 2º recipiente é causada pela coluna 2, que é idêntica à coluna 1, ou seja, Pc = d.g.h e, portanto, Pc = Pa.



Claudete, eu sei que parece inacreditável, mas Pc realmente é igual a Pb (figura 8), conforme indica a propriedade 2 vista anteriormente. Para entender isso, note que a pressão que esmaga o ponto b é a pressão exercida pela coluna 3 mais a pressão que a parede do recipiente exerce sobre a coluna 3, ou seja, mais a pressão Px no ponto x. Entretanto, temos que Px = Py (propriedade 2) e que Py é a pressão exercida pela coluna 4.

Pb = Pcol 3 + Px = Pcol 3 + Py = Pcol 3 + Pcol 4 = Pcol 2

Portanto, temos: Pb = Pc = Pa = d.g.h

Da mesma forma, é fácil ver que a pressão Pd exercida pela água (internamente) no fundo do 3º recipiente coincide com as pressões anteriores:

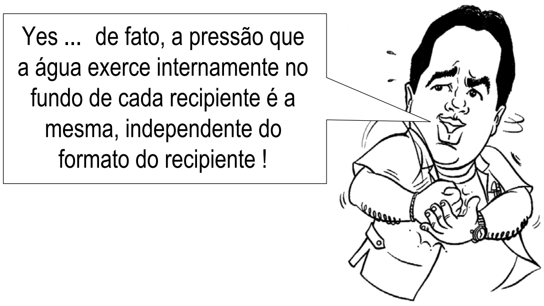
Pd = Pcol 5 + Pe = Pcol 5 + Pk = Pcol 5 + (Pcol 6 + Pg)

Mas Pg = Pm = Pcol 7, assim:

Pd = Pcol 5 + (Pcol 6 + Pg) = Pcol 5 + Pcol 6 + Pcol 7

Pd = Pcol 2 = d.g.h, ou seja: Pa = Pb = Pc = Pd = d.g.h.

É por isso que o cientista francês Blaise Pascal, no seu livro intitulado "***Tratado do equilíbrio dos Líquidos***", afirmou que "os líquidos pesam segundo a sua altura vertical" .



Exemplo resolvido 1 – O Paradoxo Hidrostático: a figura mostra três recipientes (de massa desprezível) com área das bases idênticas contendo água até a mesma altura h apoiados sobre uma mesa. o prof Renato Brito pede que você:

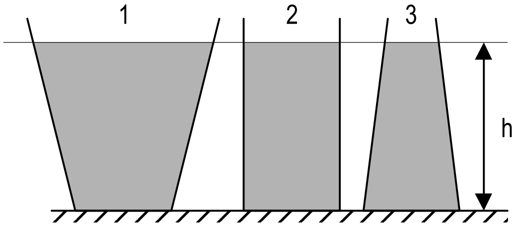


Figura 9

a) coloque em ordem crescente as pressões P que a água exerce internamente no fundo de cada recipiente (pressão hidrostática);
b) coloque em ordem crescente as forças F que a água exerce internamente no fundo de cada recipiente;
c) coloque em ordem crescente os pesos W da água contida em cada recipiente;
d) coloque em ordem crescente a pressões P* que o fundo de cada recipiente exerce sobre a mesa.

Solução:
Inicialmente, chamo a sua atenção para a diferença entre as forças F e F* mostradas na figura 10. F é a força que o líquido exerce (internamente) no fundo do recipiente, ao passo que F* é força que o fundo do recipiente exerce externamente sobre a mesa. Apesar de parecer que essas forças tem o mesmo valor, na verdade suas intensidades só irão coincidir em alguns casos, conforme veremos a seguir.

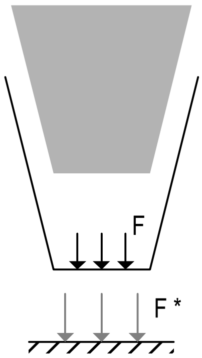


Figura 10

a) a pressão hidrostática exercida no fundo de cada recipiente (figura 11a) é exatamente a mesma pressão exercida por uma coluna líquida de altura h, ou seja, $P_1 = P_2 = P_3 =$ Pcol = d.g.h. Conforme vimos, essas pressões independem da área da base e do formato do recipiente.

Esse é exatamente o princípio que está por trás dos **vasos comunicantes**. Como a pressão hidrostática é exatamente a mesma no fundo de cada recipiente (figura 11b), se eles forem interligados através de canudos, a água não fluirá entre eles por não haver diferença de pressão entre as dos canudos.

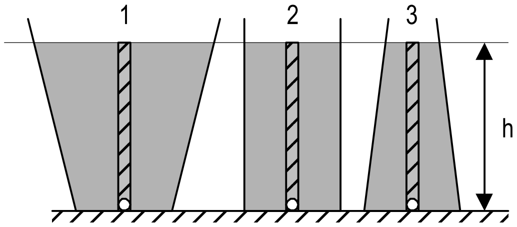


Figura 11 A

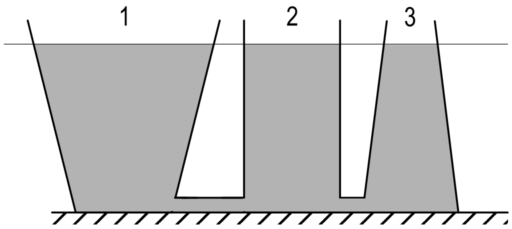


Figura 11 b

b) Se $P_1 = P_2 = P_3 =$ Pcol e todos os recipientes têm a mesma área A da base (figura 11a), então :

$P_1 = P_2 = P_3 =$ Pcol $\Rightarrow$ $P_1.A = P_2.A = P_3.A =$ Pcol . A

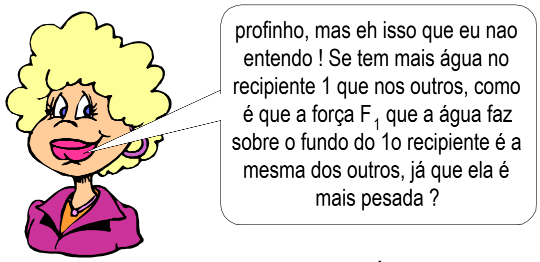
$P_1.A = P_2.A = P_3.A =$ Pcol . A $\Rightarrow$ $F_1 = F_2 = F_3 =$ Pcol . A

Assim, percebemos que as forças que os líquidos exercem no fundo de seus respectivos recipientes, que é a mesma força que o fundo desses recipientes aplicam sobre o líquido (ação e reação), têm a mesma intensidade F = Pcol . A.

Figura 11 C - os pedreiros utilizam o princípio dos Vasos Comunicantes para nivelar os azulejos da parede, durante uma obra.

c) Lembrando que estamos desprezando o peso do vaso, o recipiente que tiver maior volume de água terá o maior peso W (weight). Observando a Figura 9, é fácil perceber que:

$$W_1 > W_2 > W_3$$



A sua pergunta faz sentido, Claudete. É exatamente esse o paradoxo existente. Essa aparente contradição que você notou dá a esse problema o nome de Paradoxo Hidrostático. Esse paradoxo, entretanto, é facilmente solucionado. Veja:

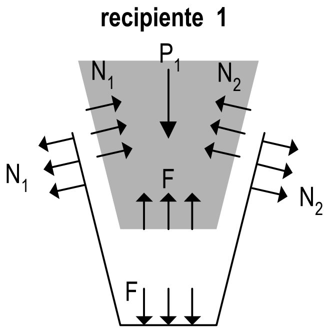


Figura 12 a

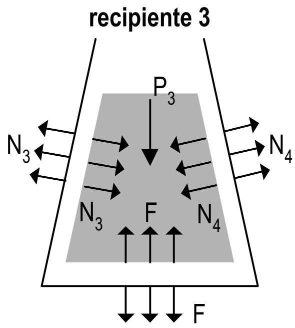
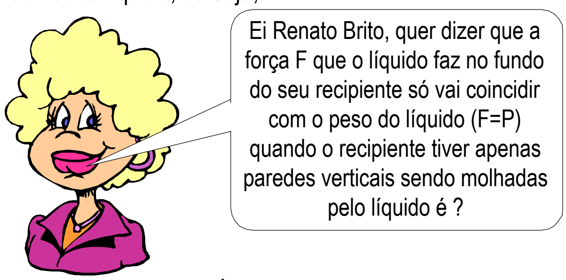


Figura 12 b

Na figura 12, o prof Renato Brito representou todas as forças (normais) que o líquido exerce nas paredes dos recipientes, assim como as suas reações. Chamou de P_1 e P_3 os pesos das águas em cada vaso.

É fácil perceber que as paredes do recipiente 1 (Figura 12a) ajudam a força F a sustentar o peso P_1 do conteúdo líquido, por isso que, no equilíbrio, observando apenas as forças que atuam no líquido, temos $P_1 = F + N_{1y} + N_{2y}$ e, portanto, $P_1 > F$, ou $F < P_1$. Assim, em recipientes com esse formato, a força F que água exerce no fundo do recipiente acaba sendo menor que o peso do seu conteúdo líquido.

Em contrapartida, as paredes do recipiente 3 (Figura 12B) pressionam o conteúdo líquido para baixo, contra o fundo do recipiente, que termina tendo que exercer sobre o líquido uma força F maior que o seu peso P_3, ou seja, $F > P_3$. Por esse motivo, em recipientes com esse formato, a força F que água exerce no fundo do recipiente acaba sendo maior que o peso do seu conteúdo líquido, ou seja, $F > P$.



Exatamente, Claudete ! É o caso do recipiente 2 (Figura 9) . Assim, dependendo do formato do recipiente, podemos ter $F > P$, $F < P$ ou $F = P$. Entretanto, para qualquer formato de recipiente, essa força F é sempre calculada por:

$$F = \left(\text{Pressão no fundo do recipiente}\right) \times \left(\text{área do fundo do recipiente}\right) = P_{col} \times A$$

[eq-3]

Propriedade 3

A força F que o líquido contido no interior de um recipiente exerce sobre a base desse recipiente só coincide com o peso P ($F = P$) desse líquido, caso este molhe apenas paredes verticais do recipiente.

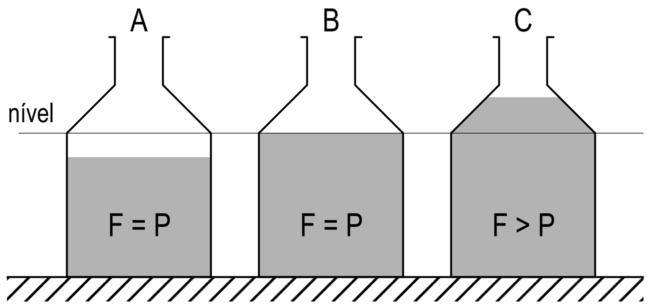


Figura 13 - Enchendo gradativamente de água o recipiente acima, teremos F= P enquanto a água não atingir o nível horizontal em destaque nas figuras A e B acima. A partir da figura B, se mais água for adicionada ao recipiente, a teremos F > P, devido ao efeito das paredes inclinadas pressionando o líquido para baixo contra o fundo do recipiente.

d) a pressão P * que o fundo do recipiente exerce externamente sobre a mesa está intimamente relacionada com a força normal F* (Figura 10) que o recipiente como um todo exerce sobre a mesa. A intensidade dessa força deve ser capaz de sustentar o peso de todo o recipiente, independente do seu formato, portanto temos F* = Peso = W em todos os recipientes da Figura 9. Assim, usando o resultado da letra c, vem:

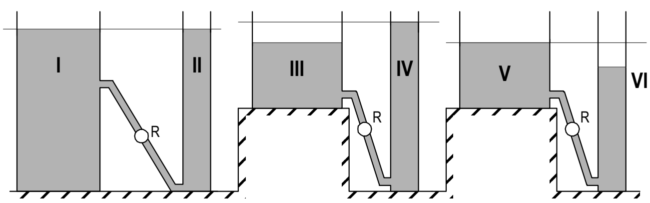
$$W_1 > W_2 > W_3 \quad \Rightarrow \quad F_1^* > F_2^* > F_3^* \quad \Rightarrow \quad \frac{F_1^*}{A} > \frac{F_2^*}{A} > \frac{F_3^*}{A}$$

$$\frac{F_1^*}{A} > \frac{F_2^*}{A} > \frac{F_3^*}{A} \quad \Rightarrow \quad P_1^* > P_2^* > P_3^*$$

O aluno deve comparar e entender bem a diferença entre a resposta da letra a e da letra d dessa questão.

Autoteste 1

A figura a seguir mostra seis reservatórios cheios de água e conectados entre si através tubos dotados de registros R que se encontram inicialmente fechado. Descreva o que ocorre a água que se encontra no tubo quando cada registro R for aberto, dizendo para qual lado a água passará ou se não haverá passagem de água.



Extraído do livro "Física Para o 2º Grau" - Mecânica – Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa – Editora Harbra

3 – A Pressão Atmosférica

A atmosfera é a camada gasosa que permanece ao redor da Terra devido ao seu campo gravitacional, exercendo pressão sobre sua superfície. Astros com campo gravitacional muito fraco, como a lua, não apresentam essa camada gasosa. Por isso, na Lua o ambiente é vácuo.

A atmosfera terrestre tem importância vital, pois, além de fornecer o suprimento de gases para a respiração, protege o planeta filtrando grande parte da radiação cósmica, raios infravermelho, ultravioleta etc. , mantendo a temperatura do planeta estável.

Pelo fato da Lua não ter atmosfera, lá o som não se propaga e o céu é permanentemente negro, de dia e de noite, semelhante ao céu noturno da Terra, apesar do solo lunar ficar iluminado de dia. A coloração variada do nosso céu é conseqüência do espalhamento da luz visível ao atravessar a atmosfera terrestre.

Devido à quase completa ausência de atmosfera na Lua, aliada à falta de água, há uma amplitude térmica considerável entre a parte iluminada e a não iluminada. Na primeira, o valor da temperatura é de +117 ºC, enquanto que, na segunda, é de –171 ºC, o que corresponde a uma amplitude térmica (diferença entre a máxima e a mínima temperatura) de quase 300 ºC.

Figura 14 a

Figura 14 b

A pressão que a atmosfera terrestre exerce sobre nós é colossal. Para que você possa fazer idéia de quão grande é essa pressão, observe a figura 14a em que uma pessoa faz uso de uma bomba de vácuo para extrair grande parte do ar atmosférico do interior da lata.

Após retirar parte do ar (figura 14b), a lata é esmagada pela pressão atmosférica externa. Antes dele retirar o ar, isto não acontecia porque a pressão atmosférica estava atuando tanto no interior quanto no exterior da lata. Ao ser ligada a bomba de vácuo, a pressão interna torna-se bem menor do que a externa e a lata é esmagada.

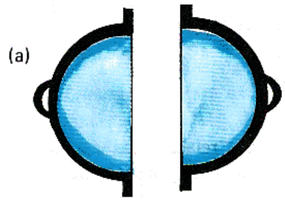


Figura 15 a

A primeira bomba de vácuo foi construída por Von Guericke, prefeito de Magdeburgo, uma cidade da Alemanha, permitindo que ele realizasse a famosa experiência dos "hemisférios de Magdeburgo" em praça pública.

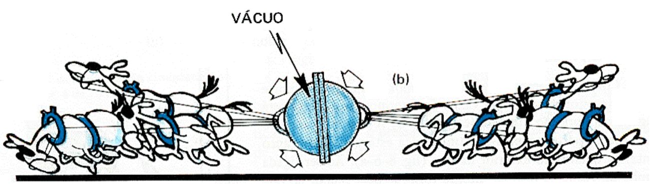
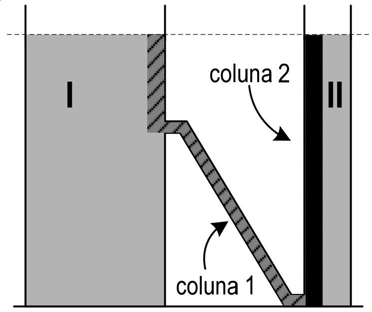


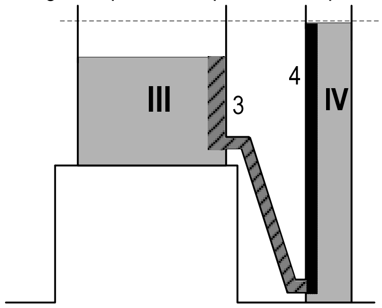
Figura 15 b

Autoteste Comentado 1

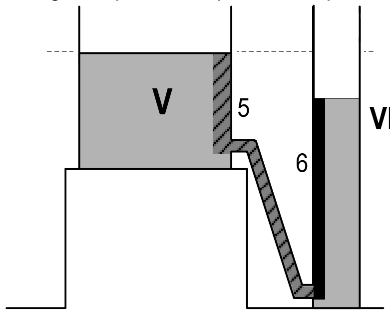
Como as colunas líquidas 1 e 2 apresentam a mesma altura vertical, elas exercem pressões hidrostáticas iguais na base do recipiente ($p_1 = p_2$), de forma que não haverá passagem de água ao abrir o registro R.



A coluna 4 exerce maior pressão em sua base que a coluna 3, por apresentar maior altura vertical que aquela. Assim, sendo $P_4 > P_3$, ao abrir o registro, passará líquido de IV para III



A coluna 5 exerce maior pressão em sua base que a coluna 6, por apresentar maior altura vertical que aquela. Assim, sendo $P_5 > P_6$, ao abrir o registro, passará líquido de V para VI.



Tomando dois hemisférios, bem adaptados um ao outro, formando, assim, uma esfera oca de cerca de 50 cm de diâmetro (figura 15a), Von Guericke extraiu o ar do interior desta esfera.

Como a pressão interna foi muito reduzida, a pressão externa (pressão atmosférica) forçou um hemisfério tão fortemente contra o outro que foram necessários 16 fortes cavalos (figura 15b) para separá-los e abrir novamente a esfera da figura 15a.

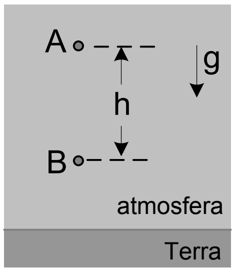
O aluno já pode fazer idéia de quão grande é a pressão que a atmosfera exerce sobre a superfície terrestre. Até a época de Galileu (século XVII), a existência da pressão atmosférica era desconhecida pela maioria das pessoas e, até mesmo, contestada por muitos estudiosos da Física. O físico italiano Evangelista Torricelli, contemporâneo e amigo de Galileu, realizou uma famosa experiência que, além de demonstrar que a pressão atmosférica existe realmente, permitiu a determinação de seu valor.

4 – A Variação da Pressão no interior de um gás

Considere a Lei de Stevin descrita pela relação eq2b abaixo:

Lei de Stevin: $\boxed{P_B = P_A + d.g.h}$ (eq2b)

Ela é válida para fluidos que tenham a mesma densidade em todos os seus pontos, como os líquidos, que são altamente incompressíveis. Porém, no caso dos gases, que são facilmente compressíveis, frequentemente a densidade não é uniforme, isto é, não é a mesma em todo o seio do gás, não sendo possível então aplicar a Lei de Stevin nesses casos.



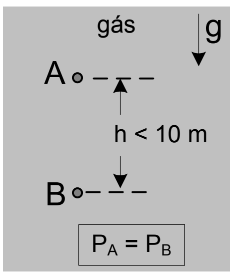
Na atmosfera, por exemplo, a densidade do ar vai diminuindo exponencialmente à medida que subimos, ficando o ar cada vez mais rarefeito (menos denso) à medida que a altitude vai aumentando. Assim, o comportamento linear da pressão descrito pela Lei de Stevin não é válido na atmosfera, onde a pressão diminui exponencialmente com o aumento da altitude h.

A Pressão atmosférica e a altitude	
Altitude (m)	**Pressão (atm)**
0	1,0
1000	0,89
3000	0,70
8848 (Everest)	0,30
10.000	0,26
25.000	0,026
40.000	0,003

Para desníveis **h** inferiores a 10 metros (h < 10m), a variação da densidade é pequena e, nesse caso, a Lei de Stevin é aproximadamente válida. Entretanto, como as densidades dos gases são muito "pequenas em comparação com a dos líquidos, para h < 10 m o termo d.g.h na lei de Stevin se torna desprezível (d.g.h ≅ 0), reduzindo a Lei de Stevin para:

$\boxed{\mathbf{P_B = P_A}}$ em gases, para h < 10 m

Assim, quando trabalhamos com gases contidos em recipientes com dimensões menores que 10 m (que é o usual), podemos admitir que a pressão do gás é praticamente a mesma em todos os pontos, e também podemos falar simplesmente **pressão do gás,** sem especificar o ponto.



Nesse caso, fazemos uso apenas da equação de Claperon:

$$\mathbf{P_A = P_B = n.R.T / V}$$

5 – A Experiência de Torricelli

Para realizar sua experiência, Torricelli tomou um tubo de vidro com cerca de 1 m de comprimento, fechado em uma de suas extremidades, enchendo-o completamente com mercúrio Hg, um metal líquido com densidade catorze vezes maior que a da água !

Tampando a extremidade livre (figura 16a) e invertendo o tubo, mergulhou essa extremidade em um recipiente contendo também mercúrio (figura 16b). Ao destampar o tubo, Torricelli verificou que a coluna líquida descia, até estacionar a uma altura de cerca de h = 76 cm acima do nível do mercúrio no recipiente (figura 16c).

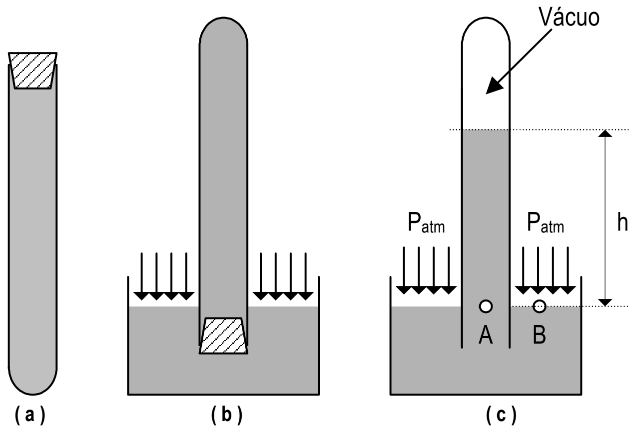


Figura 16

Concluiu, então, que a pressão atmosférica (figura 16c), atuando na superfície do mercúrio no recipiente (ponto B), conseguia equilibrar a coluna de mercúrio (ponto A). De fato, pela *propriedade 2*, os pontos A e B do mercúrio suportam a mesma pressão $P_A = P_B$, sendo que $P_A = Pcol$ e $P_B = P_{atm}$, portanto, $Pcol = P_{atm}$.

Assim, se a pressão atmosférica, ao nível do mar, exerce a mesma pressão que uma coluna de Hg de 76 cm de altura, calculemos essa pressão:

$P_{atm} = Pcol = d_{Hg}.g.h = 13{,}6 .10^3\ kg/m^3 . 9{,}81\ m/s^2 . 0{,}76\ m$

$P_{atm} = 101.325\ N/m^2 \cong 10^5\ N/m^2$

Essa é a pressão exercida pela atmosfera ao nível do mar e, por definição, chamada de 1 atm. Assim, podemos escrever:

$$P_{atm} = 1\ atm = 76\ cmHg \cong 10^5\ N/m^2$$

A unidade cmHg foi adotada como unidade de medida de pressão, pela sua praticidade. A pressão exercida por uma coluna de mercúrio (Hg) de 1 cm de altura, por definição, vale 1 cmHg.

É importante o aluno notar o efeito da transmissibilidade (figura 17) da pressão atmosférica através do líquido na experiência de

Torricelli. A pressão atmosférica que atua no ponto A é a mesma que se transmite pelo mercúrio, chega até o ponto B e equilibra a coluna de mercúrio no tubo.

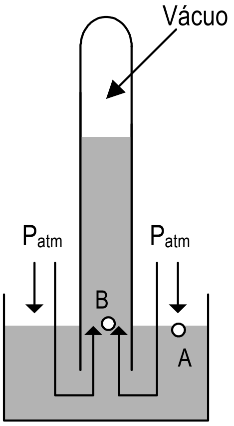
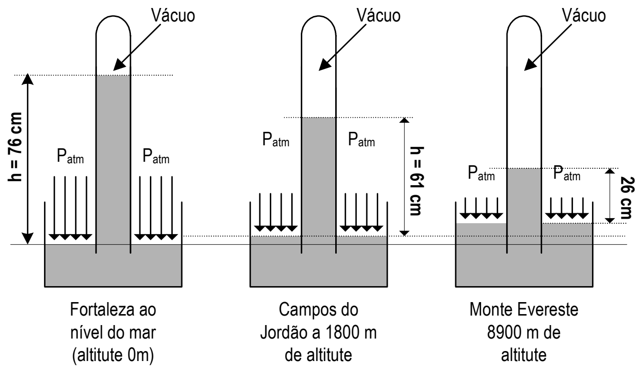


Figura 17

De fato, se uma grande pressão atmosférica comprimir a superfície livre do mercúrio, ela irá se transmitir e equilibrar uma grande coluna de mercúrio. Uma pressão atmosférica cada vez menor equilibrará uma coluna de mercúrio proporcionalmente menor.



(a) (b) (c)

Figura 18

É por esse motivo que, no alto do monte Everest a 8900 m de altitude, o ar é muito rarefeito, a pressão atmosférica é pequena (figura 18c) e só conseguirá sustentar uma coluna de mercúrio de 26 cm de altura. Na cidade de Campos do Jordão, a 1800 m de altitude em relação ao mar, a pressão atmosférica bem maior que no Everest (figura 18 b), e por isso equilibra uma coluna de mercúrio maior, de altura h = 61 cm. Finalmente na cidade de Fortaleza, que fica ao nível do mar (altitude nula) , a pressão atmosférica é ainda maior que em Campos do Jordão, exercendo uma pressão ainda maior sobre a superfície livre do mercúrio, equilibrando uma coluna (figura 18a) de mercúrio de altura h = 76 cm.

A experiência de Torricelli poderia ser realizada usando-se outros líquidos, em lugar do Hg (Pascal chegou a realizar a experiência com vinho !) Entretanto, o Hg é mais usado em virtude de sua grande densidade, o que acarreta uma coluna líquida de altura não muito grande.

As altura encontradas na experiência de Torricelli não mudam, caso você varie a área da secção do tubo, ou o incline em relação à vertical. As alturas são invariáveis e sempre tomadas verticalmente, conforme vimos na Figura 8. Efeitos como tensão superficial e capilaridade não estão sendo levados em consideração.

Vamos achar a sua resposta juntos, Claudete. Nós sabemos que a pressão atmosférica é capaz de equilibrar uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura, por exercer uma pressão igual à dessa coluna, ou seja, $P_{atm} = Pcol = d_{Hg} .g. h$.

Se a densidade da água é 14 vezes menor que a densidade do mercúrio Hg, qual a altura da coluna d'água que exerceria a mesma pressão de uma a coluna de mercúrio de 76 cm de altura ? A resposta é "uma altura 14 vezes maior" (aproximadamente , visto que a densidade do mercúrio vale 13,6 g/ cm^3). Efetuando o cálculo rigoroso, vem:

$P_{atm} = Pcol = d_{Hg} .g. H_{Hg} = d_{água} .g. H_{água}$ **[eq-4]**

$d_{Hg} .H_{Hg} = d_{água} .H_{água}$

$13{,}6 \text{ g/cm}^3 \times 76 \text{ cm} = 1{,}00 \text{ g/cm}^3 \times H_{água} \Rightarrow H_{água} \cong 10{,}3 \text{ m}$

Um cálculo alternativo (no SI) seria:

$P_{atm} = Pcol = d_{Hg} .g. H_{Hg} = d_{água} .g. H_{água} \cong 10^5 \text{ N/m}^2$

$d_{água} .g. H_{água} \cong 10^5$

$10^3 \text{ kg/m}^3 \,.\, 10 \text{ m/s}^2 \,.\, H_{água} \cong 10^5 \text{ N/m}^2$

$H_{água} \cong 10 \text{ m}$

Em outras palavras, percebemos que a pressão atmosférica é capaz de equilibrar a pressão exercida por uma coluna d'água de 10 m de altura, por exercer uma pressão equivalente à dessa coluna. Assim, valem as seguintes equivalências:

1 atm = 76 cmHg $\cong$ 10 m de água **[eq-5]**

Um mergulhador que se encontre ao nível do mar sentirá uma pressão de 1 atm. A cada 10m que ele descer abaixo no nível do mar, a pressão sobre ele aumentará em 1 atm. Assim, a 20 m de profundidade, ele estará sujeito a uma pressão de 1 atm + 2 atm = 3 atm.

6 – Bebendo água de canudinho

Muitas pessoas, inclusive a Claudete, acham que, ao beberem água de canudinho, o líquido sobe devido ao poder de sucção da pessoa, Na verdade, quem faz o líquido subir através do canudo é a pressão atmosférica. A seguir, o prof Renato Brito lhe explicará como se dá o processo:

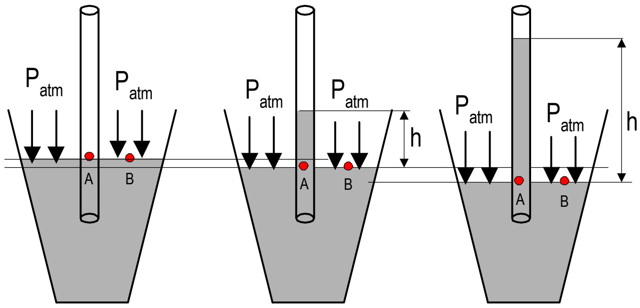


Figura 19a – seqüência mostrando a ação da pressão atmosférica, pressionando a superfície do líquido para baixo, forçando-o a subir gradativamente pelo canudo.

A pressão atmosférica que age na superfície livre do líquido o empurra para baixo, forçando que ele suba através do canudo. Entretanto, uma outra pressão atmosférica idêntica à anterior entra pela extremidade superior do canudo e força a sua descida.

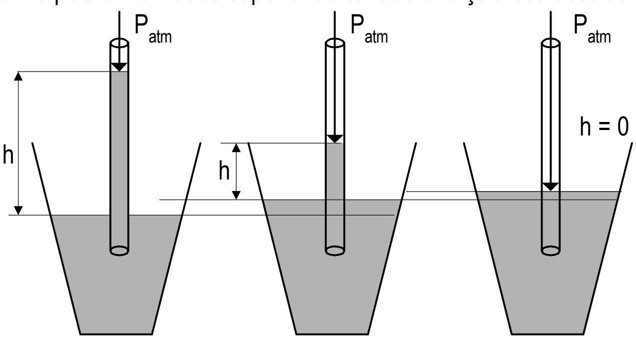


Figura 19b – seqüência mostrando a ação da pressão atmosférica, que entra pela extremidade superior do canudo, forçando a descida da coluna líquida gradativamente até a superfície do líquido.

O resultado é que, como essas duas pressões agem juntas, o líquido acaba não conseguindo subir pelo canudo espontaneamente. Assim, percebemos que a subida do líquido trata-se de um cabo de guerra: uma pressão atmosférica lutando contra a outra.

Nooossa ! Agora você me surpreendeu! É exatamente essa a tática, Claudete . E para ajudar a pressão de baixo P_{baixo} a ganhar da pressão de cima P_{cima}, precisamos reduzir esta última, fazendo sucção na extremidade superior do canudo para retirar parte do ar do seu interior. Assim, teremos $P_{baixo} > P_{cima}$, causando a diferença de pressão $P_{baixo} - P_{cima}$, necessária para que o líquido suba pelo canudo.

A altura h que o líquido atinge depende da diferença de pressão $P_{baixo} - P_{cima}$ causada pela pessoa durante a sucção, como veremos a seguir. Observando a figura 19c, tomando dois pontos **a** e **b** no mesmo nível, pela Propriedade 2, vem:

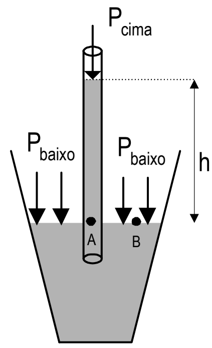


Figura 19c

$$P_A = P_B \quad \Rightarrow \quad P_{col\ agua} + P_{cima} = P_{baixo}$$

Como $P_{col} = d.g.h$ e $P_{baixo} = P_{atm}$, vem:

$$d.g.h + P_{cima} = P_{atm}$$

$$d.g.h = P_{atm} - P_{cima} \qquad \text{[eq-6]}$$

Figura 20

A expressão [eq-6], mostra que, de fato, a altura vertical h que o líquido sobe é função da diferença de pressão entre as extremidades do canudo.

Enquanto o garoto não põe a boca na extremidade superior do canudo, mantendo-a aberta, a pressão atmosférica P_{cima} entra por aquela extremidade ($P_{cima} = P_{atm}$) e, de acordo com [eq-6], teremos:

$$d.g.h = p_{atm} - P_{cima}, \quad \text{com} \quad P_{cima} = P_{atm}$$

$$d.g.h = p_{atm} - P_{atm} = 0$$

$$d.g.h = 0 \quad \Rightarrow \quad h = 0$$

ou seja, o líquido não sobe. A pressão P_{cima} na extremidade superior do canudo é controlada pela vontade da pessoa (veja figura 20). Quando a pessoa faz sucção, ela está reduzindo a pressão P_{cima}, aumentando a diferença de pressão ($P_{atm} - P_{cima}$) e, consequentemente [eq-6], a altura h da coluna líquida. Em outras palavras, ela está fazendo o líquido subir pelo canudo.

A maior altura **h** que a coluna d'água pode subir por sucção, empurrada pela pressão atmosférica P_{baixo}, é obtida obtendo-se a maior diferença de pressão entre as extremidades do canudo ($p_{atm} - P_{cima}$), ou seja, reduzindo-se P_{cima} ao menor valor possível para uma pressão: $P_{cima} = 0$. Esse puder de sucção para criar vácuo , entretanto, é para o super-homem ☺ . Se ele sugasse com esse tamanho poder, teríamos:

$$P_{col\ agua} = P_{atm} - P_{cima}$$

$$P_{col\ agua} = P_{atm} - 0$$

$$P_{col\ agua} = P_{atm}$$

Ou seja, a pressão Pcol $_{agua}$ da coluna d'água no canudo seria a mesma pressão P_{atm} exercida pela atmosfera ao nível do mar, resultado que já conhecemos anteriormente, ou seja, h = 10 m de altura.

Claudete, note que 10 m é a altura máxima que a água consegue subir "***por sucção***", ou seja, sustentada pela pressão atmosférica.

A estação que faz o abastecimento de água em sua cidade tem um reservatório que fica numa grande altitude H (figura 21). Se a caixa d'água de uma casa ficar a uma altitude $h \le H$, ela será simplesmente abastecida com base no Princípio dos Vasos Comunicantes, como mostra a figura 21.

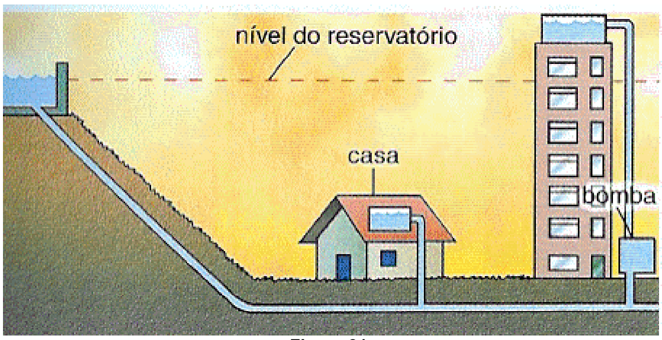


Figura 21

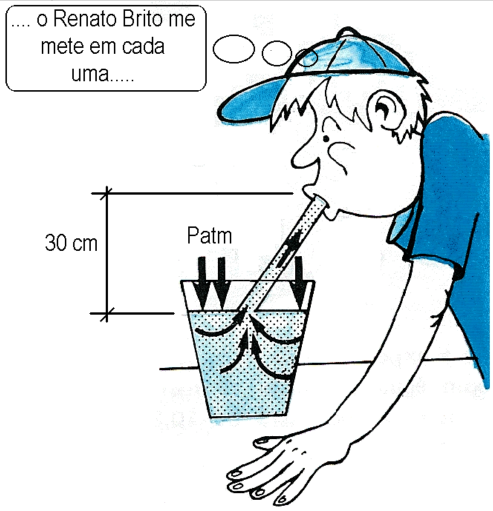
Entretanto, caso a caixa d'água do seu apartamento esteja a uma altura superior $h > H$ ao nível do reservatório da cidade, uma bomba compressora será necessária.

Esse tipo de bomba *não faz sucção*, mas, sim, *compressão*, empurrando a água para cima até a altura desejada. É como se, na figura 19c, a "*bomba compressora*" não se preocupasse em reduzir P_{cima} (como ocorre na sucção) mas, sim, em aumentar P_{baixo} a valores enormes, muito superiores a P_{atm}. Para isso, a bomba de compressão bombeia ar atmosférico extra para o interior do reservatório a fim de aumentar P_{baixo} até o valor necessário. Logicamente que, nesse caso, o reservatório precisa estar vedado. Quanto mais potente for a bomba, maior a altura H que ela poderá abastecer.

Autoteste 2

A substância mercúrio Hg é extremamente tóxica e perigosa, portanto é preciso muito cuidado ao manuseá-la. Imagine que uma pessoa maluca fosse tentar beber mercúrio a fim de cometer suicídio, fazendo uso de um canudo vertical de 1m de comprimento ao nível do mar. Se essa pessoa fosse o super-homem e usasse máxima sucção, ela teria êxito em sua tentativa ? Caso ela inclinasse esse canudo em um ângulo de 30° com a vertical, ela teria sucesso ? E com inclinação de 60° ? Explique.

Exemplo Resolvido 2 – Raul Brito deseja beber água de canudinho em Fortaleza, onde a pressão atmosférica é normal e vale 1 atm. O desnível vertical entre a superfície livre do líquido e a boca do rapaz é de 30 cm. Para isso, ele precisará fazer sucção, reduzindo a pressão na extremidade superior do canudo (P_{cima}) até, pelo menos, quantos atm ?



Solução: De acordo com o raciocínio mostrado em [eq-6], vem:

$P_A = P_B \Rightarrow$ Pcol $_{agua}$ + P_{cima} = P_{atm}

Pcol $_{30\,cm\,agua}$ + P_{cima} = 1 atm

Se uma coluna d'água de 10 m de altura exerce uma pressão de 1 atm, qual a pressão exercida por uma coluna d'água de 30 cm de altura em sua base ?

Regra de 3

1 atm $\rightarrow$ 10 m de água
X $\rightarrow$ 0,3 m de água $\Rightarrow$ X = 0,03 atm

Pcol $_{30\,cm\,agua}$ + P_{cima} = 1 atm

0,03 atm + P_{cima} = 1 atm $\Rightarrow$ P_{cima} = 1 atm – 0,03 atm

P_{cima} = 0,97 atm

Assim, basta o Raul reduzir a pressão no interior do canudo de 1 atm para 0,97 atm, causando uma diferença de pressão de 0,03 atm necessária para sustentar a coluna d'água de 30 cm de altura. Logicamente que, se ele causar uma diferença de pressão ainda maior (P_{cima} < 0,97 atm), mais alto a água subirá através do canudo.

Exemplo Resolvido 3 – Manômetro de mercúrio Hg em U

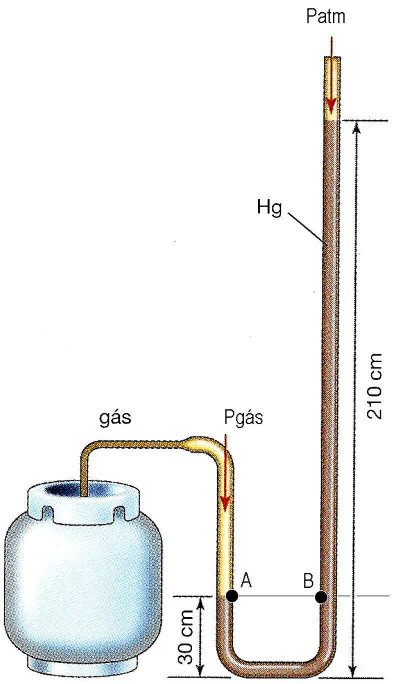
O aparelho que serve para medir a pressão de um gás é denominado manômetro. Um tipo de nanômetro muito usado consiste em um tubo em forma de U, contendo Hg, como mostra a figura. Desejando-se medir a pressão de um gás em um reservatório, adapta-se a extremidade do ramo menor do tubo ao reservatório e observa-se o desnível do Hg nos dois ramos do manômetro. Na figura, qual é a pressão P_{gas} do gás no reservatório, sabendo-se que a pressão atmosférica local vale Pa = 76 cmHg?

Solução: Com base na propriedade 2, temos que os pontos A e B do mercúrio (veja figura) encontram-se na mesma horizontal, portanto suportam a mesma pressão, ou seja:

$P_A = P_B \Rightarrow$ Pgás = Pcol-$_{Hg}$ + Patm

Sobre o ponto B, temos uma coluna de mercúrio de comprimento 210 – 30 = 180 cm e que, portanto, exerce uma pressão Pcol = 180 cmHg, por ser feita de mercúrio. Assim:

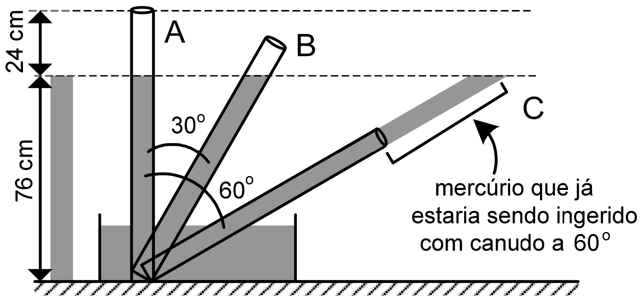
Pgás = Pcol-Hg + Patm
Pgás = 180 cmHg + 76 cmHg
Pgás = 256 cmHg



Caso você quisesse converter em atm o resultado obtido, bastaria lembrar que 1 atm ≡ 76 cmHg e efetuar uma regra de três. A resolução dessa questão mostra como é extremamente prático o uso da unidade cmHg para calcular a pressão Pcol exercida pela coluna de mercúrio sem fazer uso da expressão Pcol = d.g.h, que iria requerer conversão de unidades para o Sistema Internacional de unidades, isto é, densidade em **kg/m³**, gravidade g em **m/s²**, altura h em **m**, lembrando que 1 g/cm³ = 10^3 kg/m³ para qualquer substância.

AutoTeste Comentado 2

Conforme aprendemos, a pressão atmosférica é capaz de sustentar uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura medidos na vertical, quer ela esteja inclinada ou não.



Assim, estando o canudo de 100 cm na vertical (caso A), a Patm não é capaz de fazer o mercúrio sair pela extremidade superior do canudo. Inclinando o canudo em 30° com a vertical (casoB), temos que 100 cm .cos30° ≅ 86 cm e 76 cm < 86 cm, de forma que o mercúrio ainda não é capaz de sair pela extremidade superior do canudo. Finalmente, inclinando o canudo em 60° com a vertical, temos que 100 cm . cos60° = 50 cm e 76 cm > 50 cm, de forma que o mercúrio extravasará pela extremidade superior desse canudo, como mostra a figura acima.

7 – O Sifão

Você já deve ter visto uma cena como a mostrada na figura 22, em que está sendo retirado combustível do tanque de um automóvel. Primeiramente o motorista aspira pela borracha (como um canudinho de tomar refrigerante) até o combustível chegar à sua boca. Em seguida, tapa a extremidade com o dedo, levando-a a uma posição abaixo do nível do líquido. Assim, o combustível vai passando do tanque para o recipiente externo.

Figura 22

Para entender isso observemos a figura 23. Os pontos A e B, estando no mesmo nível, têm a mesma pressão, que é a pressão atmosférica ($P_A = P_B$ = Patm) . Assim, a pressão no ponto C do líquido será dada por:

$$P_C = P_B + dgh = P_{atm} + d.g.h > P_{atm} \Rightarrow P_C > P_{atm}$$

Portanto, na extremidade C do tubo, a pressão do líquido P_C (empurrando o líquido para fora do tubo) é maior que a pressão atmosférica (tentando impedir a saída do líquido). Desse modo, o líquido sai pela extremidade inferior, esvaziando o recipiente.

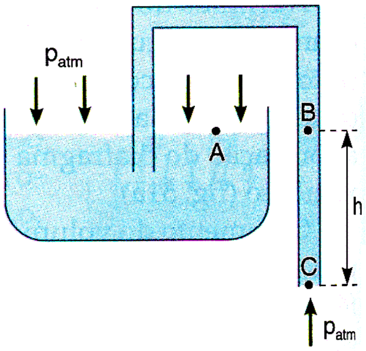


Figura 23

Outro ponto de vista que também explica o funcionamento do sifão é lembrar de um sistema simples composto de duas massas conectadas entre si através de um cordão vertical que passa por uma polia fixa, como mostra a figura 24. Certamente, a massa mais pesada acelera para baixo, puxando a mais leve para cima através do cordão. Na figura 23, a coluna d'água da direita é mais pesada que a da esquerda, por ter maior comprimento, por esse motivo ela acelera para baixo, fazendo a coluna d'água esquerda subir, sendo puxada pelas forças de atração intermoleculares (pontes de hidrogênio na água). De fato, se as coluna d'água tivessem o mesmo comprimento na figura 23, elas teriam massas iguais e não tenderiam a se mover. Como as forças intermoleculares não seriam capazes de manter o sistema equilibrado por muito tempo, cada coluna de água desceria

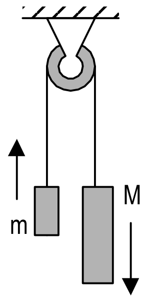


Figura 24

individualmente, parando o funcionamento do sifão.

Segundo o físico Jearl Walker, um sifão poderia funcionar mesmo sem pressão atmosférica, com base nesse último raciocínio. Desde que a mangueira já estivesse completamente preenchida com água, ao ser introduzida no recipiente, e que a coluna direita tenha comprimento inicialmente maior que a esquerda, o recipiente será automaticamente esvaziado, ainda que a pressão atmosférica seja desprezível.

A Física no seu Tempo

Arquimedes (287 – 212 A.C), considerado um dos três maiores matemáticos de todos os tempos – Newton e Gauss, em geral, sendo aceitos como seus pares.

O pensamento científico de Arquimedes era parte essencial de sua matemática. Ele revolucionou a Mecânica, criou a Hidrostática e estabeleceu o estudo rigoroso dos sólidos mais complexos. A matemática implícita em tudo isso levou-o a inventar uma forma inicial de Cálculo Diferencial e conduziu-o a um conhecimento avançado da numerologia. Ele também alcançou a excelência prática. Figuraram entre suas invenções roldanas e alavancas, uma bomba d'água e uma forma elementar de laser. E pode muito bem ter havido mais - as quais ou ele não cuidou de anotar ou que desapareceram para sempre entre suas obras perdidas. Arquimedes não avaliava a importância de seu trabalho prático, raramente se preocupando em registrá-lo. Não obstante, os tratados que se conservaram, e que de fato são a memória de sua obra, permanecem tão extraordinários e lúcidos quanto à época em que foram escritos. Felizmente, a maioria deles é também fácil de compreender, mesmo por não-matemáticos. Essas obras propiciam uma percepção invulgar do trabalho de um espírito invulgar.

Paul Strathern – Arquimedes e a Alavanca em 90 minutos
Jorge Zahar editor

8 – O Princípio de Arquimedes do Empuxo

Vimos anteriormente que, quando um corpo está no interior de um fluido em equilíbrio e sob a ação da gravidade, recebe do fluido "forças de pressão" perpendiculares à sua superfície (figura 25a) cujas intensidades aumentam com a profundidade, visto que a pressão que o fluido exerce na superfície do corpo também aumenta com a profundidade (lei de Stevin).

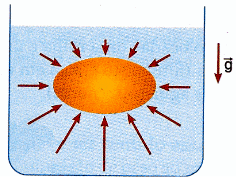


Figura 25 a

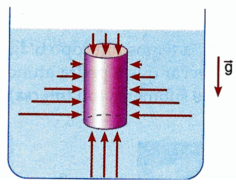


Figura 25 b

Assim, a resultante dessas "forças de pressão" exercidas pelo fluido no corpo mergulhado será *vertical* e *apontará para cima*, sendo denominada Empuxo do líquido sobre o corpo mergulhado.

Você certamente já experimentou essa força no seu dia-a-dia. É essa força que tenta impedir, por exemplo, que um corpo afunde num líquido, ou que faz uma pedra parecer mais leve que o de costume quando mergulhada numa piscina.

No século III a.C., o grande filósofo, matemático e físico *Arquimedes*, realizando experiências cuidadosas, descobriu uma maneira de calcular o empuxo que atua em corpos mergulhados em líquidos. Suas conclusões foram expressas através de um princípio denominado *princípio de Arquimedes* cujo enunciado é o seguinte:

" Todo corpo mergulhado num líquido recebe um empuxo vertical, para cima ↑ E igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo "

Em outras palavras, o empuxo que age num corpo é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.

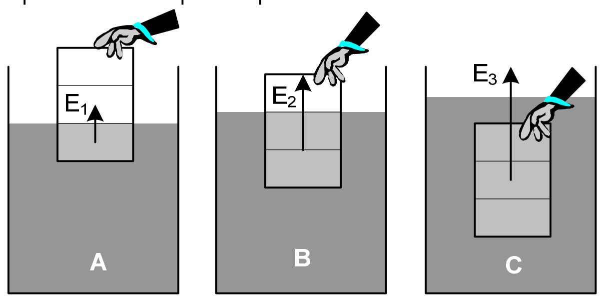


Figura 26 – o empuxo que age num corpo é tão maior quanto maior for o volume de líquido que ele desloca

Para que você possa compreender melhor o princípio de Arquimedes, suponha que um bloco de madeira de volume 6L seja parcialmente introduzido em um recipiente com água, como mostra a figura 26A. Como ele está deslocando um certo volume de água, receberá um empuxo E ↑ igual ao peso da água deslocada por ele.

Por exemplo, na figura 26A apenas 1/3 do bloco encontra-se submerso, de forma que ele está deslocando 2L d'água e, portanto sofrerá um empuxo igual ao peso destes 2L de água, ou seja, E = 2 kgf ↑.

Se mergulharmos ainda mais o bloco na água, o volume de água que ele desloca aumentará, o mesmo ocorrendo ao empuxo que age nele. Por exemplo, na figura 26B, 2/3 do bloco agora encontram-se imersos na água, deslocando um volume de (2/3).6L = 4L de água e, portanto, recebendo um empuxo ↑ E = 4 kgf pois 4L de água pesam 4 kgf. Você perceberá este aumento do empuxo porque terá que fazer mais força para conseguir mergulhar mais o bloco na água.

Quanto maior for o volume de água deslocado pelo corpo, maior será o empuxo que ele receberá. Na figura 26C, o bloco encontra-se completamente mergulhado na água e, portanto, está deslocando a máxima quantidade de água possível. Neste caso, o volume de água deslocado é igual ao volume do próprio corpo, isto é, 6L de água e está recebendo um empuxo $\uparrow$ E = 6 kgf (peso da água deslocada).

Depois que o corpo estiver totalmente mergulhado, mesmo que aprofundemos um pouco mais, o valor do empuxo não aumentará mais, pois o volume do líquido deslocado permanece constante, igual ao volume do próprio corpo.

Assim, por exemplo, quando uma bola de madeira maciça de volume 5L é completamente mergulhada em água, qual o valor do empuxo que age nela ? E se ela fosse de isopor ? E se ela fosse de ferro ?

Ora, qualquer corpo de volume 5L, quando completamente mergulhado em água, deslocará um volume de 5L de água e, portanto, sofrerá um empuxo de 5 kgf ou 50 N (que é o peso de 5L de água), independente do material de que ele é feito.

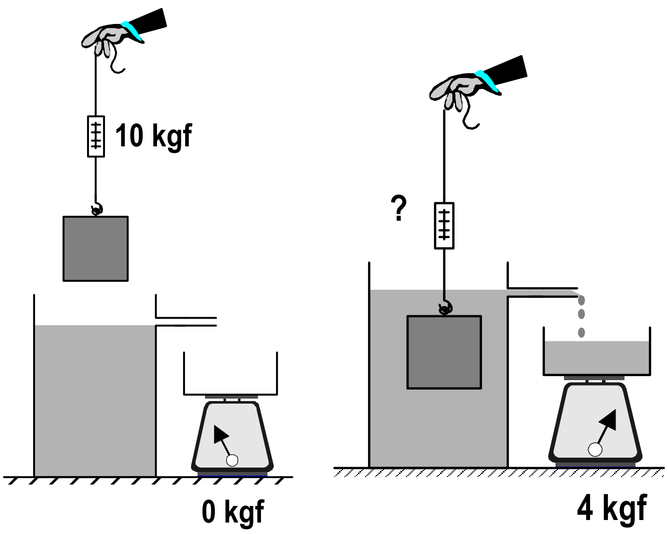
Afinal de contas, como vimos na figura 25, o empuxo surge como uma conseqüência da diferença de pressão exercida pelo líquido nas faces inferior e superior do corpo, pressão esta que está relacionada com as características do líquido (densidade) e, não, com o material do qual o corpo é feito.

Propriedade 4

Corpos de mesmo volume, totalmente imersos num mesmo líquido, ocupam o mesmo espaço no interior desse líquido e, portanto, sofrem obrigatoriamente o mesmo empuxo, de acordo com o Princípio de Arquimedes.

Autoteste 3

As figuras abaixo mostram um bloco de ferro suspenso por um fio em equilíbrio em duas situações distintas. Observando atentamente as situações físicas, determine mentalmente: (a) o peso do bloco; (b) o empuxo que age no bloco; (c) a marcação final do dinamômetro.



9 – A lógica por trás do Princípio de Arquimedes

No interior de um tanque com água em equilíbrio (e sob a ação da gravidade), vamos imaginar uma porção de água num formato qualquer, limitada por uma superfície S que ocupa um volume V qualquer, digamos, 5 litros. (figura 27).

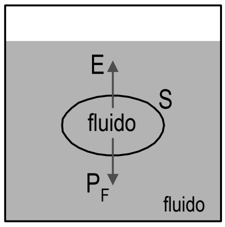


figura 27

Uma das forças que atuam sobre essa porção de água é o seu peso $\mathbf{P_F}$ (5 litros dágua, 5 kg de água, peso igual a 5 kgf) cuja direção é vertical e aponta para baixo. Mas essa porção de 5 litros de água não afunda no restante de água do tanque e, portanto, deve haver outra força vertical, apontando para cima, que cancele o efeito do peso.

Essa força é o empuxo E, a resultante de todas as "*forças de pressão*" exercidas sobre S, por toda a água que se encontra fora da fronteira S, como mostra a figura 28.

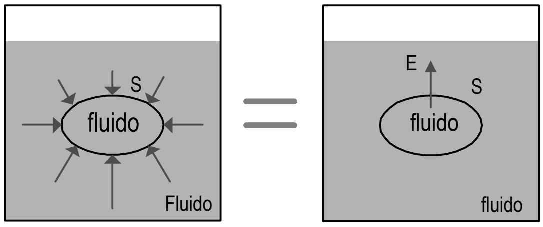


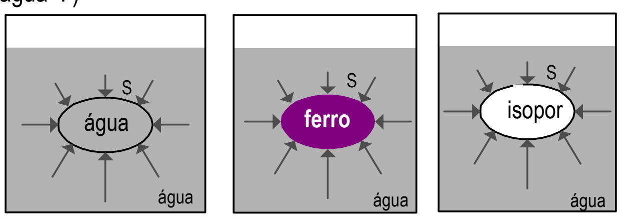
Figura 28 a **Figura 28 b**

Em suma, a água que se encontra fora da fronteira S aplica uma força total de 5 kgf vertical e para cima na fronteira S, de forma a equilibrar o peso dos 5 litros de água ali contidos.

Por que a natureza age dessa forma ? Ora, por um motivo muito simples: água não pode afundar na própria água ☺, assim como álcool não pode afundar no próprio álcool e assim por diante. Um líquido qualquer não pode afundar nele mesmo, não lhe parece lógico ?

Admita agora que um corpo de ferro ou de isopor, com a mesma forma da porção de água (mesmo volume de 5 L), seja colocado em seu lugar, sem que o restante da água sofra qualquer alteração (veja figura 29). Consequentemente, as forças de pressão que agem na fronteira S não serão alteradas, porque elas são exercidas pelo restante da água.

Concluímos, então, que atuará sobre os corpos das figuras 29b e 29c o mesmo empuxo $\uparrow$ E que atuava na porção líquida da figura 29a, empuxo este que é igual ao peso daquela porção líquida, isto é, 5 kgf (afinal, a porção líquida certamente está em equilíbrio sob ação das forças peso e empuxo, água não afunda na água !)



(a) **(b)** **(c)**

Figura 29

Em outras palavras: *Quando um corpo é mergulhado em um líquido, atua sobre ele um empuxo vertical, dirigido para cima, de valor igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.*

Essa conclusão é exatamente o resultado obtido experimentalmente por Arquimedes, constituindo o princípio enunciado por ele muito antes da época que Newton viveu. É possível chegar a esse princípio exclusivamente pelas leis de Newton, aplicando-as a um líquido em equilíbrio, como faremos detalhadamente na seção 9.

Para os que gostam de matematiquês, o princípio de Arquimedes pode ser facilmente escrito em linguagem matemática:

Empuxo = Peso do líquido deslocado pelo corpo

$E = M_{\text{Liquido deslocado}} \cdot g$

$E = (\text{densidade}_{\text{Liquido deslocado}} \cdot \text{Volume}_{\text{Liquido deslocado}}) \cdot g$

$$\boxed{E = d_{\text{Liquido}} \cdot V_{\text{submerso}} \cdot g} \qquad \textbf{[eq-8]}$$

onde V_{submerso} trata-se apenas do volume do corpo que está efetivamente mergulhado no líquido, não coincidindo necessariamente com o volume total do corpo, exceto nos casos em que ele se encontre completamente imerso.

Há uma lenda envolvendo a descoberta desse princípio, segundo a qual o rei de Siracusa, cidade onde nasceu Arquimedes, estaria desconfiado de que quem construíra sua coroa havia substituído uma parte do ouro por prata. Assim, o rei teria pedido a Arquimedes que descobrisse um modo de verificar se houvera trapaça (sem derreter a coroa, obviamente ☺.

Arquimedes teria descoberto esse modo quando tomava banho numa casa de banhos, hábito comum nessa época, da seguinte forma:

1) Mergulhou um bloco de ouro puro, de massa igual à massa da coroa, em um recipiente completamente cheio d'água e recolheu a água que transbordou (figura 30 a).

2) Encheu novamente o recipiente com água e mergulhou nele outro objeto também de massa igual à da coroa, só que de feito de prata pura, recolhendo a água que transbordou. Como a densidade da prata é menor do que a do ouro, é fácil perceber que o volume de água recolhido, nesta 2ª operação, era maior do que na 1a (figura 30 b).

3) Finalmente, mergulhando a coroa em questão no recipiente cheio d'água, constatou que o volume de água recolhido tinha um valor intermediário entre aqueles recolhidos na 1ª e na 2ª operações (figura 30 c).

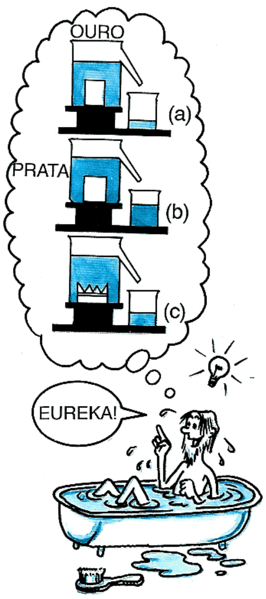


Figura 30

Ficou, assim, evidenciado que a coroa não era realmente de ouro puro. Comparando os três volumes de água recolhidos, Arquimedes conseguiu, até mesmo, calcular a quantidade de ouro que o ourives substituiu por prata.

Arquimedes teria ficado tão entusiasmado com a descoberta, que teria voltado nu para casa, gritando "heureca, heureca ! " , que significa "descobri, descobri !" .

Exemplo Resolvido 4 – A figura mostra três bolas de mesmo volume V = 6 litros (mesmo raio) mergulhadas num tanque cheio d'água de densidade 1 kg/ℓ. Uma delas é de madeira e a outra feita de ferro. O prof Renato Brito pede para você determinar a tração no fio da bola de madeira e na bola de ferro.

Dado: densidade da madeira = 0,5 kg/L
densidade dágua = 1,0 kg/L
densidade do ferro = 10 kg/L

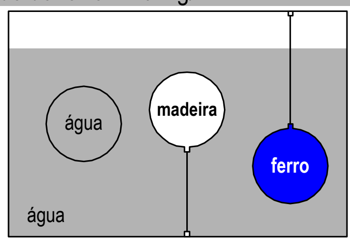
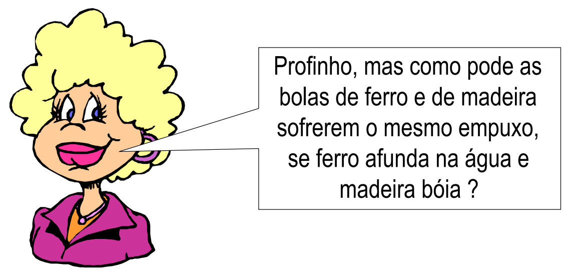


Figura 31

Solução:

- *A bola de água tem volume 6 litros e 1,0* kg/L, *portanto, uma massa de 6 kg e um peso* $P_{água} = 6$ *kgf.*
- *A bola de madeira tem volume 6L e 0,5* kg/ℓ, portanto sua massa vale 3 kg e seu peso, $P_{madeira} = 3$ kgf.
- *A bola de ferro tem volume 6L e 10* kg/L, portanto sua massa vale 60 kg e seu peso, $P_{ferro} = 60$ kgf.
- *Pelo princípio de Arquimedes, o empuxo que age em qualquer uma dessas bolas, quando imersas num líquido, é igual ao peso do líquido deslocado, ou seja, é igual ao peso de 6 litros de água nesse caso, portanto:*

$$E_{ferro} = E_{madeira} = E_{água} = P_{agua} = 6 \text{ kgf}$$



Claudete, entenda o seguinte:

- As bolas sofrem empuxos iguais somente pelo fato de terem volumes iguais (mesmo raio) e, assim, deslocarem a mesma quantidade de líquido.
- Entretanto, para ver se um corpo bóia ou afunda, temos que levar em conta não apenas o empuxo que age sobre ele, mas também o seu peso.

Portanto, apesar das 3 bolas sofrerem empuxos iguais, elas têm pesos diferentes (massas e densidades diferentes). Observando atentamente a figura 32, você facilmente o porquê da bola de ferro afundar na água, da bola de isopor subir e da bola de água permanecer imponderável em qualquer lugar dentro da água do tanque.

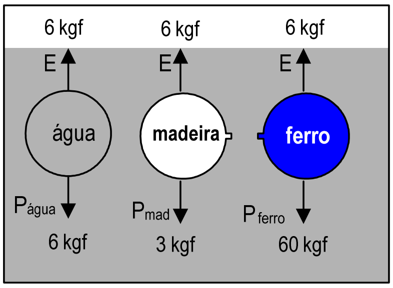


Figura 32 – Apesar das 3 bolas sofrerem empuxos iguais (volumes iguais), elas têm pesos diferentes (massas e densidades diferentes).

Retornando à figura 31, sobre a bola de madeira atuam as forças $P_{madeira}$, $E_{madeira}$ e a tração $T_{madeira}$. Estando em equilíbrio, vem:

$$\uparrow E_{madeira} = \downarrow P_{madeira} + \downarrow T_{madeira}$$

$$6\text{ kgf} = 3\text{ kgf} + T_{madeira}$$

$$T_{madeira} = 3\text{ kgf}$$

Da mesma forma, na bola de ferro, escrevemos:

$$\uparrow E_{ferro} + \uparrow T_{ferro} = \downarrow P_{ferro}$$

$$6\text{ kgf} + \uparrow T_{ferro} = 60\text{ kgf}$$

$$T_{ferro} = 54\text{ kgf}$$

10 – Calculando o Empuxo a partir das leis de Newton

Para um corpo de formato especial como o da figura 33, podemos facilmente calcular o empuxo $E = F_2 - F_1$ que atua sobre ele de outra forma. Veja:

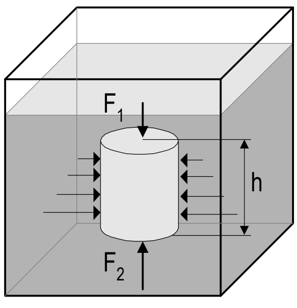


Figura 33

O empuxo é a resultante das forças de pressão que atuam sobre esse prisma cilíndrico, ou seja, $E = F_2 - F_1$. Se o cilindro tem altura h e está imerso num líquido de densidade d_{Liq}, as pressões P_1 e P_2 nas bases do cilindro se relacionam pela Lei de Stevin:

$$P_2 = P_1 + d_{Liq}.g.h \quad \Rightarrow \quad P_2 - P_1 = d_{Liq}.g.h$$

Assim, calculando o empuxo, vem:

$$E = F_2 - F_1 = P_2.A - P_1.A = A.(P_2 - P_1) = A.(d_{Liq}.g.h)$$

Sendo A a área da base do cilindro, o seu volume V é dado por V = A.h, assim, escrevemos:

$$E = A.d_{Liq}.g.h = d_{Liq}.(A.h).g = d_{Liq}.V.g$$

que coincide com [eq-8].

A determinação analítica do Empuxo, a partir das leis de Newton e Stevin, confirma que, em última análise, a diferença de pressão entre as bases do cilindro é a causa do empuxo que age sobre ele.

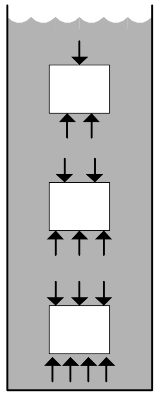


Figura 34

Pela Lei de Stevin, a pressão aumenta com a profundidade, mas a diferença de pressão $P_2 - P_1 = d.g.h$ independe da profundidade em que se encontra o corpo.

É por esse motivo que o empuxo independente da profundidade em que o corpo se encontre (figura 34), desde que ele se encontre completamente imerso e mantenha seu volume (Vsub) constante.

Um balão de aniversário cheio de ar, por exemplo, ao ser levado até o fundo de uma piscina, sofre gradativa redução de volume, devido ao aumento da pressão hidrostática sobre ele e, consequentemente, um empuxo cada vez menor.

11 – Empuxo e Densidade

Vamos sintetizar algumas observações feitas ao longo das páginas anteriores, envolvendo a relação entre empuxo e densidade. Abandonemos um corpo qualquer, de densidade d_c, no interior de um líquido de densidade d_{Liq} (figura 35).

Estando, o corpo, totalmente imerso, o volume do líquido deslocado é igual ao próprio volume do corpo: $V_F = V_c = V$. As intensidades do peso e do empuxo serão dadas, então, por:

$$P_c = d_c\,V.g \qquad e \qquad E = d_{Líq}.V.g$$

Sobre as densidades d_{Liq} e d_c, podemos considerar três casos:

Caso 1: O corpo afunda

Para isso, na figura 35, deveremos ter:

$$P_c > E \;\Rightarrow\; d_c\,V.g > d_{Líq}.V.g \;\Rightarrow\; d_c > d_{Líq}$$

Assim, vemos que um corpo completamente mergulhado em um líquido afundará caso a sua densidade seja maior que a do líquido. Exemplo: bola de ferro afunda numa piscina d'água.

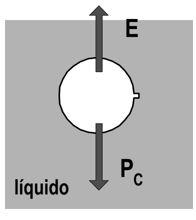


Figura 35

Caso 2: O corpo permanece em equilíbrio completamente imerso

Para isso, na figura 35, deveremos ter:

$$P_c = E \;\Rightarrow\; d_c\,V.g = d_{Líq}.V.g \;\Rightarrow\; d_c = d_{Líq}$$

Assim, vemos que um corpo completamente mergulhado em um líquido permanecerá em equilíbrio em qualquer posição no interior do líquido caso sua densidade seja igual à do líquido. Ele poderá ficar em equilíbrio até mesmo no fundo do recipiente, situação em que não exerceria normal N = 0. Exemplo: Um saco de plástico cheio dágua, fechado, mergulhado numa piscina d'água.

Caso 3: O corpo acelera para cima e passa a boiar
Para isso, na figura 35, deveremos ter:

$$P_c < E \Rightarrow d_c\,V.\,g < d_{Líq}.V.\,g \Rightarrow \boxed{d_c < d_{Líq}}$$

Assim, vemos que um corpo completamente mergulhado em um líquido acelerará para cima, caso a sua densidade seja menor que a do líquido, fazendo com que o corpo suba até ficar flutuando parcialmente submerso. Logicamente que, ao sair parcialmente do líquido, o empuxo que age sobre o corpo se reduzirá até empatar com o seu peso, quando ele passar a flutuar em equilíbrio.

$$E = P_{corpo\ todo}$$

$$d_{Liq}.\,V_{sub}.\,g = d_{corpo}.\,V_{corpo\ todo}\,.\,g$$

Assim, encontramos a relação:

$$\frac{d_{corpo}}{d_{liq}} = \frac{V_{sub}}{V_{corpo\ todo}} = \frac{x.A}{h.A} = \frac{x}{h}$$

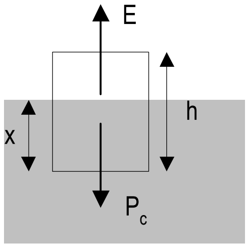


Figura 36

Simplificando, vem:

$$\frac{d_{corpo}}{d_{liq}} = \frac{V_{sub}}{V_{corpo\ todo}} = \frac{x}{h} \qquad \textbf{[eq-9]}$$

A relação [eq-9] nos mostra um resultado interessante: Por exemplo, se a densidade de um corpo for 80% da densidade de um líquido, que fração desse corpo permanecerá submersa, quando ele boiar nesse líquido ?

A resposta é imediata, usando [eq-9] :

$$\frac{d_{corpo}}{d_{liq}} = \frac{0{,}8}{1{,}0} = \frac{V_{sub}}{V_{corpo\ todo}} = \frac{x}{h} \Rightarrow \begin{matrix} V_{sub} = 0{,}8.\,V_{corpo} \\ x = 0{,}8.h \end{matrix}$$

O seu volume submerso será 80% do seu volume total (V_{sub} = 0,8. V_{corpo}). Adicionalmente, se o corpo tiver o formato de um prisma reto como na figura 36 (cilindro, caixa), 80% da sua extensão vertical h estará embaixo d'água (x = 0,8 h). O mais interessante é que essa proporção fornecida pela relação [eq-9] independe da gravidade g e, portanto, não varia de planeta para planeta.

Figura 37

Admitindo que a densidade de um iceberg valha 0,93 e que a densidade água do mar possa ser aproximada por 1,0 , isso significa que todo iceberg sempre bóia com 93% do seu volume imerso no mar. O que se consegue ver, fora da água, são meros 7% desse gigante de gelo (figura 37). Essa proporção, segundo a relação [eq-9], independe da gravidade g.

Todo esse estudo nos leva, finalmente, a entender a condição de flutuação de um corpo em equilíbrio na superfície de um líquido (como um navio, por exemplo), o chamado ***princípio de flutuação***, que se baseia em dois argumentos simples :

- para estar boiando na superfície do líquido em equilíbrio, devemos ter:
  EMPUXO = PESO DO NAVIO
- pelo princípio de Arquimedes:
  EMPUXO = PESO DA ÁGUA DESLOCADA PELO NAVIO

Juntando esses dois argumentos acima, concluímos que a condição para a flutuação de um navio é:

PESO DA ÁGUA DESLOCADA PELO NAVIO = PESO DO NAVIO

Figura 38 - Um corpo flutuante desloca um peso de fluido igual ao seu próprio peso

Todo navio deve ser projetado de modo a deslocar um peso de água igual ao seu peso . Portanto, um navio de 10.000 toneladas deve ser construído grande o bastante para deslocar 10.000 toneladas de água antes o que seu casco afunde completamente nela.

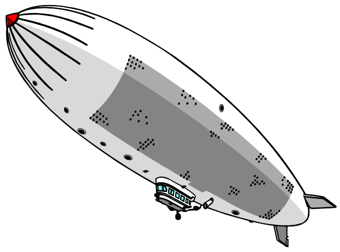


Figura 39 – um dirigível

O mesmo vale para naves aéreas. Um dirigível que pesa 100 toneladas desloca, no mínimo, 100 toneladas de ar. Se deslocar mais do que isso, ele subirá. se deslocar menos, ele descerá. E se deslocar exatamente o seu peso, ele flutuará a uma altitude constante.

Para o mesmo volume de água deslocada (volume submerso), os fluidos mais densos exercem uma força de empuxo maior que os menos densos. Um navio, portanto, flutua mais alto em água salgada do que em água doce, porque água salgada é ligeiramente mais densa. Analogamente, um bloco de ferro (d_{Fe} = 7,8 g/cm³) flutuará em mercúrio (d_{Hg} = 13,6 g/cm³) , ainda que não flutue em água (d_{Hg} = 1,0 g/cm³).

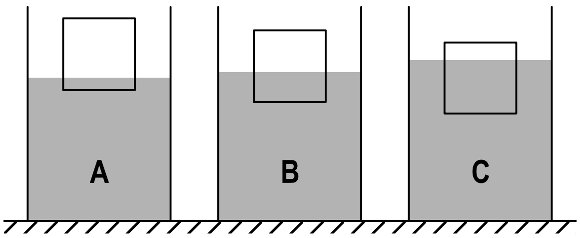
Autoteste 3 Comentado

a) Na 1ª situação, o bloco está em equilíbrio sob ação do seu peso P e da tração T = 10 kgf registrada pelo dinamômetro, portanto, seu peso vale P = T = 10 kgf.
b) A balança da 2ª situação mede o peso do líquido que foi deslocado pelo bloco (4 kgf) que, conforme o princípio de Arquimedes, é o valor do empuxo que age no bloco (E = 4 kgf).
c) Do equilíbrio do bloco, na situação final, podemos escrever T + E = P, donde se conclui que a marcação final do dinamômetro vale T = 6 kgf .

É fácil perceber que a lei do empuxo é mais facilmente aplicada a partir do enunciado original do Arquimedes (o empuxo é igual ao peso do líquido deslocado) que usando a sua formulação matemática $E = d_{Liq}.V_{sub}.g$. Se ligue nesse fato ! ☺

Autoteste 4

Um mesmo bloco de madeira é posto a boiar em três recipientes distintos, sendo que um deles continha água, o outro continha óleo de cozinha, e o último continha mercúrio Hg. Identifique, na figura a seguir, o líquido contido em cada recipiente.



12 – Calculando o Empuxo Duplo

A seguir, mostraremos que o empuxo duplo que atua sobre um cilindro em equilíbrio, parcialmente mergulhado no óleo e na água, como mostra a figura 40, pode ser calculado como a soma dos empuxos parciais E_1 e E_2 feitos pelo óleo e pela água sobre ele, ou seja:

$$E\uparrow \;=\; \uparrow E_1 \;+\; \uparrow E_2$$

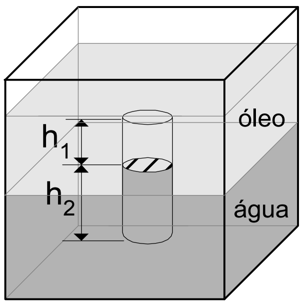


Figura 40

Claudete, eu também pensava assim, quando era estudante de Física. Agora que virei prof Renato Brito, vou lhe mostrar que, de fato, o óleo está empurrando a caixa para cima, assim como a água também o faz.

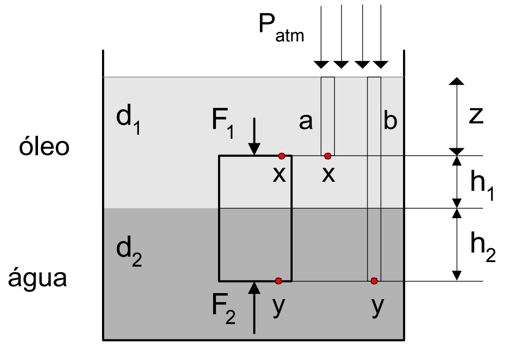


Figura 41

Para isso, considere a seguinte legenda:

A = área das bases do cilindro.

P_X = pressão na face superior do cilindro

P_Y = pressão na face inferior do cilindro

P_{atm} = pressão atmosférica

A figura 41 revela que a força de pressão F_2 , que age na base inferior da caixa, está relacionada com a pressão no ponto Y, que é dada pela pressão da coluna **b** mais a pressão atmosférica:

$$P_Y = P_{col\,b} + P_{atm} = d_2.g.h_2 + d_1.g.(h_1 + z) + P_{atm} \quad \textbf{[eq-10]}$$

Já a força de pressão F_1, que age na base superior da caixa, está relacionada com a pressão no ponto X, que é dada pela pressão da coluna **a** mais a pressão atmosférica:

$$P_X = P_{col\,a} + P_{atm} = d_1.g.z + P_{atm} \quad \textbf{[eq-11]}$$

Afinal, o óleo, na figura 41, está empurrando a caixa para cima ou para baixo ?

O leitor atento a essa figura perceberá que, enquanto toda a coluna de óleo de altura "$h_1 + z$" está contribuindo para a pressão P_Y no ponto Y e, consequentemente, para a força ascendente $F_2\uparrow$, apenas a pequena coluna de óleo de altura "z" está contribuindo para a pressão P_X no ponto X, ou seja, para a força descendente $F_1\downarrow$. Dessa forma, vemos que, no geral, o óleo (na figura 41) está aplicando na caixa uma força para cima ↑☺, ao contrário do que muitas pessoas pensariam à primeira vista.

A seguir, determinaremos a resultante das forças de pressão agindo na caixa, ou seja, o empuxo dado por $E = F_2 - F_1$:

$$E = F_2 - F_1 = P_Y.A - P_X.A = (P_Y - P_X).A$$

Substituindo eq-10 e eq-11 na expressão acima, vem:

$$E = (P_Y - P_X).A = (d_2.g.h_2 + d_1.g.h_1).A$$

$$E = d_2.g.(A.h_2) + d_1.g.(A.h_1) = d_2.g.V_2 + d_1.g.V_1$$

Fazendo $E_1 = d_1.V_1.g$ e $E_2 = d_2.V_2.g$, vem :

$$\boxed{E = E_2 + E_1} \quad \textbf{[eq-12]}$$

Podemos, em poucas palavras, enunciar dizendo que, nesses casos, o empuxo total é simplesmente a soma dos empuxos parciais exercidos por cada líquido sobre o corpo.

Exemplo Resolvido 5: Um bloco homogêneo flutua parcialmente imerso na água e parcialmente imerso no óleo, como ilustra a figura a seguir. Conhecendo a densidade $\mathbf{d_1}$ do óleo e $\mathbf{d_2}$ da água, bem como as alturas $\mathbf{h_1}$ e $\mathbf{h_2}$ que o cilindro ocupa em cada líquido, pede-se determinar a densidade **d** do cilindro.

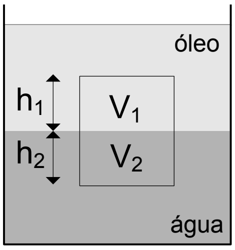


Figura 42

Solução:
Como o cilindro está em equilíbrio, vem:

$$\uparrow E_1 + \uparrow E_2 = \text{Peso}\downarrow$$

Se o cilindro tem densidade **d** e volume **V** $= V_1 + V_2$, a sua massa **m** é dada por $m = d.V = d.(V_1 + V_2)$ e seu peso **P** $= m.g$ é dado por **P** $= d.(V_1 + V_2).g$. Substituindo na condição de equilíbrio, vem:

$$\uparrow E_1 + \uparrow E_2 = \text{Peso}\downarrow$$

$$d_2.g.V_2 + d_1.g.V_1 = d.(V_1 + V_2).g$$

$$d = \frac{d_1.V_1 + d_2.V_2}{V_1 + V_2}$$

A expressão acima fornece a densidade do corpo em função dos volumes V_1 e V_2 que ele ocupa, respectivamente, no óleo e na água. Substituindo $V_1 = h_1.A$ e $V_2 = h_2.A$ na expressão encontrada, temos:

$$d = \frac{d_1.V_1 + d_2.V_2}{V_1 + V_2} = \frac{d_1.A.h_1 + d_2.A.h_2}{A.h_1 + A.h_2} = \frac{d_1.h_1 + d_2.h_2}{h_1 + h_2}$$

Em suma, a densidade do corpo pode ser calculada por qualquer uma das expressões abaixo:

$$\boxed{d = \frac{d_1.V_1 + d_2.V_2}{V_1 + V_2} = \frac{d_1.h_1 + d_2.h_2}{h_1 + h_2}} \quad \textbf{[eq13]}$$

A relação [eq-13] pode ser muito útil para poupar trabalho na resolução de questões ainda mais complexas.

Exemplo Resolvido 6: Dentro de um recipiente cilíndrico há um corpo boiando em equilíbrio na fronteira de separação entre o ar e a água contida no seu interior. Um êmbolo que pode se mover sem atrito impede que o ar contido no cilindro escape. Se aplicarmos uma força F ao êmbolo, aumentando a pressão do ar aprisionado, que ocorrerá às alturas h_1 e h_2 ? Aumentam, diminuem ou permanecem constantes ?

Solução: Ainda seguindo o raciocínio do exemplo resolvido 5, considere os seguintes parâmetros:

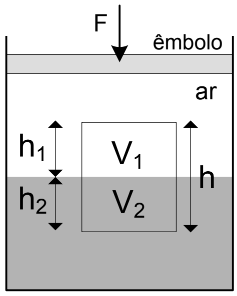
d = densidade do corpo

$\mathbf{d_1}$ = densidade do ar

$\mathbf{d_2}$ = densidade da água

$\mathbf{h_1}$ = altura que a caixa ocupa no ar

$\mathbf{h_2}$ = altura que a caixa ocupa na água



Estando o corpo em equilíbrio na fronteira entre os 2 fluidos (ar e água), é válida a relação eq13. Dividindo tanto o numerador quanto o denominador da relação eq13 pelo fator h2, temos:

$$d = \frac{d_1.h_1 + d_2.h_2}{h_1 + h_2} = = \frac{d_1.\left(\frac{h_1}{h_2}\right) + d_2.\left(\frac{h_2}{h_2}\right)}{\left(\frac{h_1}{h_2}\right) + \left(\frac{h_2}{h_2}\right)} = \frac{d_1.k + d_2}{k+1} \Rightarrow$$

$d = \dfrac{d_1.k + d_2}{k+1}$, onde k é simplesmente o quociente $k = h_1 / h_2$

Isolando o valor de k na expressão acima, vem:

$$d = \frac{d_1.k + d_2}{k+1} \Rightarrow d_1.k + d_2 = d.k + d \Rightarrow k.(d - d_1) = d_2 - d$$

$$\boxed{k = \frac{d_2 - d}{d - d_1}} \quad \textbf{[eq14]}$$

Com base na relação eq14 acima, o que ocorre ao quociente k quando aplicamos a força F ao êmbolo ?

Ora, sendo o corpo e o líquido incompressíveis, suas densidades **d** e $\mathbf{d_2}$ permanecem constantes. O ar aprisionado, sendo compressível, sofre um aumento de densidade (seu volume diminui mas sua massa permanece constante) devido à compressão aplicada ao êmbolo. Com o aumento de $\mathbf{d_1}\uparrow$ na relação eq14, vemos que o denominador diminui, embora o numerador permaneça constante, levando ao aumento do quociente $\mathbf{k}\uparrow$.

Note que a soma $h_1 + h_2$ é constante e vale a altura total **h** da caixa ($h_1 + h_2 = h =$ constante), ou seja, se h_1 aumentar, h_2 diminuirá, e vice-versa. Mas como o quociente $k = h_1 / h_2$ aumentou, certamente houve aumento da altura h_1 e, consequentemente, diminuição da altura h_2. ☺ Legal, né ?

13 – Empuxos Não-Arquimedianos

Quando um corpo é mergulhando num líquido, sofrerá por parte deste uma força que aponta na mesma direção e sentido contrário da gravidade, denominada **Empuxo** ou **Empuxo de Arquimedes.**

O Empuxo é a resultante das "forças de pressão" que o fluido exerce no corpo e surge devido à diferença de pressão que a gravidade impõe no interior do fluido. Conforme a Lei de Stevin, a pressão aumenta à medida que nos deslocamos no interior do fluido, na mesma direção e sentido da gravidade. Por esse motivo, a "resultante das forças de pressão" que agem num corpo mergulhado no interior desse fluido está na mesma direção e sentido contrário ao do campo gravitacional.

Entretanto, em algumas situações bastante raras, é possível que a "resultante das forças de pressão" que o líquido exerce sobre o corpo imerso **não** seja vertical ↑ apontando para cima, como de costume. Para que isso ocorra, é suficiente que uma das faces do corpo deixe de ser molhada pelo líquido.

O **bloco A** de borracha mostrado na figura 43a, por exemplo, está perfeitamente adaptado a um buraco na parede lateral de um tanque de água. Assim, como a face direita do bloco A não é molhada pelo líquido, é fácil ver que a resultante das forças de pressão que atuam sobre o **bloco A** será o empuxo **E_A** ↗ .

Outro exemplo clássico é o do bloco B que adere perfeitamente ao fundo do tanque de água, de tal forma que "nenhuma água" molhará a face (plana) inferior desse corpo (veja figura 43a). Nesse caso, é fácil ver que a "<u>resultante das forças de pressão</u>" que agem sobre o bloco B será o empuxo E_B vertical ↓ e apontando para baixo. Portanto, mesmo que a densidade do corpo seja menor que a do líquido (isopor na água, por exemplo), esse corpo B, ainda assim, ficará em equilíbrio no fundo do tanque, sob ação das forças empuxo E_B ↓, peso P↓ e normal N↑.

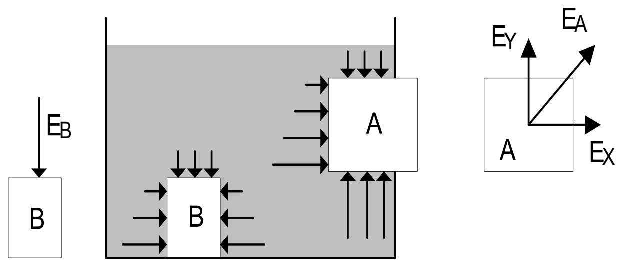


Figura 43a – Um bloco de borracha A sofrendo um empuxo inclinado, e um bloco B sofrendo empuxo vertical para baixo.

Esses casos especiais de empuxo são denominados Empuxos **Não-Arquimedianos** por não seguirem o Princípio de Arquimedes ou, em outras palavras, pelo fato "do valor desses esses empuxos **não** ser igual ao valor do peso do líquido deslocado pelo corpo ($E \neq d_{Liq}.V.g$)".

Para se calcular o valor do empuxo não-arquimediano, devemos seguir a definição de empuxo, isto é, devemos calcular "a resultante das forças de pressão que agem no corpo". Para isso, é preciso determinar individualmente cada uma das forças de pressão (F = pressão x área) que atuam sobre o corpo e, em seguida, determinar a resultante dessas forças .

Claudete, era isso que eu temia .....rsrsrs.

A maioria das pessoas, à primeira vista, é levada a pensar dessa forma, entretanto, é preciso atentar para o fato de que empuxos não-arquimedianos são raríssimos.

Por exemplo, para que o empuxo na **caixa B** da figura 43a seja, de fato, vertical e para baixo ↓ E_B (não-arquimediano), o prof Renato Brito afirma que as duas condições abaixo devem ser satisfeitas ao mesmo tempo :

1) a face debaixo da caixa B (figura 43a) **deve ser plana**, portanto, não pode ser nem côncava nem convexa. Por esse motivo, bolas ou esferas encostadas no fundo de um recipiente sempre sofrerão empuxos arquimedianos (convencionais) ↑E. Essa condição número 1 é necessária para que "forças de pressão" ascendentes ↑ <u>não atuem</u> sobre o corpo.

2) É necessário que haja uma **perfeita adesão** entre a face inferior da caixa B (figura 43a) e o fundo do recipiente, de forma que esta face não tenha <u>nenhum contato</u> com o líquido. Essa condição número 2 é necessária pelo fato de que, mesmo superfícies planas, quando vistas a olho nu, às vezes apresentam rugosidades, irregularidades que permitem a penetração do liquido por baixo do corpo (por capilaridade) fazendo com que, mesmo que a face inferior seja plana, o empuxo agindo sobre o corpo ainda seja o convencional ↑ E, isto é, ainda siga o Princípio de Arquimedes.

Assim, numa questão sobre Empuxo não-arquimediano <u>bem formulada</u>, o enunciado deve, de alguma forma, deixar claro que as duas condições acima estão sendo satisfeitas. Do contrário, sempre ficará no ar uma ambigüidade, uma dupla interpretação do enunciado. Essas ambigüidades ocorrem frequentemente, com esse tema, portanto, é preciso estar muito atento.

Nunca esqueça que, por exemplo, quando uma esfera (ou qualquer corpo com superfície convexa) encostar no fundo de um recipiente com água (Figura 43b), o empuxo que a esfera receberá será para cima. Afinal, a água conseguirá molhar a face inferior da esfera, não é verdade? ☺

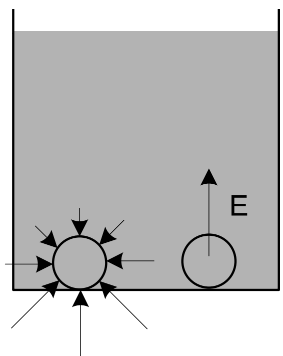
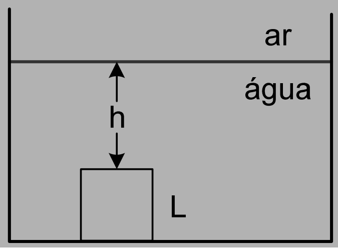


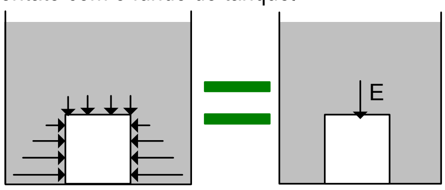
Figura 43b

Exemplo Resolvido 7 – UECE 2005 – 1ª fase
Um bloco cúbico, de massa M e aresta L, repousa no fundo de um tanque com água parada, como mostra a figura. O valor da força normal N que a parede do fundo exerce sobre o bloco, considerando g a aceleração da gravidade, ρ a massa específica da água e desprezível a ação da atmosfera, é:

a) $Mg - (\rho gh)L^2$
b) ρgL^3
c) Zero
d) $Mg + (\rho gh)L^2$

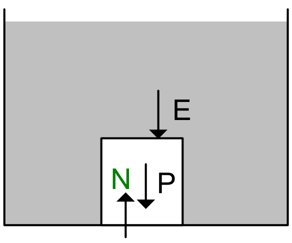


Solução:
Ainda que o enunciado não deixe claro que se trata de empuxo não-arquimediano, nenhuma das opções de resposta (a, b, c, d) dessa questão seria correta caso o empuxo seguisse o Princípio de Arquimedes.
Por esse motivo, o estudante deduzirá que está sendo considerado o raro caso em que nem todas as faces do corpo encontram-se "molhadas" pelo fluido, no caso, a face inferior do cubo em contato com o fundo do tanque.



Assim, o empuxo E, que é a resultante das "forças de pressão" que o líquido exerce sobre o bloco, será vertical e apontará para baixo, conforme a figura acima. Trata-se de um empuxo Não-Arquimediano e o seu valor, nesse caso, será meramente a força de pressão que a água exerce sobre a face superior do cubo, ou seja:

$$E = (\text{pressão}) \times (\text{área}) = (\rho.g.H) \times (L^2) = \rho.g.H.L^2$$



A figura acima mostra o diagrama de forças que agem sobre o bloco. A questão sugere que o bloco está em repouso permanente no fundo do tanque, ou seja, em equilíbrio, o que permite escrever:

$N = E + P = \rho.g.H.L^2 + M.g$
$N = \rho.g.H.L^2 + M.g$

Resposta Correta – Letra D

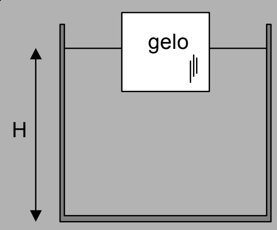
Observação importante:

A rigor, nesses casos não-arquimedianos, a pressão exercida sobre a face superior da caixa também deve levar em conta a pressão atmosférica Patm exercida na superfície da água. Assim, teríamos:

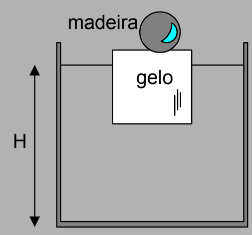
$E = (\text{pressão}) \times (\text{área}) = (\rho.g.H + Patm) \times (L^2)$
$E = \rho.g.H.L^2 + Patm.L^2$

Exemplo Resolvido 8 - Em cada um das seguintes situações físicas, o professor Renato Brito pede para você determinar se o nível H da água no tanque subirá, descerá ou permanecerá o mesmo após o completo derretimento do gelo:

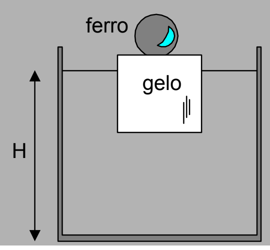
a)



b)



c)



Comentários Preliminares do Professor Renato Brito :

Inicialmente, vejamos alguns princípios gerais que se aplicam às três situações propostas:

❖ Na situação da letra **a**, por exemplo, se o gelo fosse empurrado para baixo ↓ pela mão de uma pessoa, o que ocorreria ?
 - o volume de água deslocado pelo gelo *aumentaria*;
 - o empuxo E↑ que age no gelo *aumentaria*;
 - O gelo passaria a ocupar mais espaço embaixo da água do tanque que, portanto, seria obrigada a se deslocar *para cima*, fazendo o nível H *subir*.

❖ Por outro lado, se o gelo do item **a** fosse suavemente levantado ↑ pela mão de uma pessoa, o que ocorreria ?
 - o volume de água deslocado pelo gelo *diminuiria*;
 - o empuxo E↑ que age no gelo *diminuiria*;
 - O gelo passaria a ocupar menos espaço embaixo da água do tanque que, portanto, seria obrigada *a descer* para preencher o espaço vazio deixado pelo gelo que subiu.
 - O nível H da água do tanque *desceria*.

As idéias expostas acima podem ser sintetizadas no quadro a seguir.

Conclusões Gerais :

1) O nível H da água no tanque sempre **sobe** ↑ quando o empuxo que age no corpo **aumenta**;
2) O nível H da água no tanque sempre **desce** ↓ quando o empuxo que age no corpo **diminui**;
3) O nível da água no tanque **permanece inalterado** se o empuxo que age no corpo **não sofre alteração**, isto é, se o volume de água deslocado pelo corpo (vsub) nem aumenta nem diminui.

A seguir, aplicaremos nossas três conclusões gerais para solucionar as situações a, b e c propostas nesse exemplo 8.

Resolução do item a: Considere um bloco de gelo de massa 100 g, envolto por um saco plástico (o famoso saco de dindin, sacolé, ou como queiram.....), boiando em equilíbrio, parcialmente mergulhado na superfície na água, como mostra a figura 44 (afinal, gelo é menos denso que água líquida).

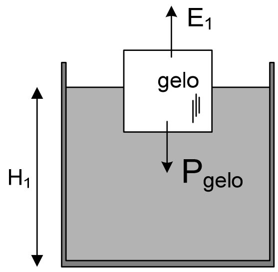


Figura 44

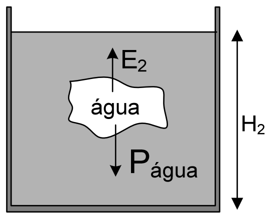


Figura 45

O <u>equilíbrio</u> do gelo permite escrever:

- o empuxo $E_1 \uparrow$ é igual ao peso de 100 g de água sólida (gelo);

Em seguida, os 100 g de gelo se derretem e, portanto, o saco de dindin (contendo a água proveniente do derretimento do gelo) passa a flutuar em equilíbrio totalmente imerso no seio da água do tanque (figura 45).

O <u>equilíbrio</u> da água contida no saco de dindin permite escrever:

- o empuxo $E_2 \uparrow$ é igual ao peso de 100 g de água líquida proveniente do derretimento do gelo (figura 45);

Portanto, se o empuxo inicial (E_1) é igual ao peso de "100 g de água sólida" e o empuxo final (E_2) é igual ao peso de "100 g de água líquida", temos que:

$$\underbrace{E_1 = \overbrace{P_{gelo} = P_{água}}^{\text{massas iguais}}}_{\substack{\text{equilíbrio do gelo} \\ \text{(figura 44)}}} \!\!\!\underbrace{\phantom{P_{água}} = E_2}_{\substack{\text{equilíbrio da água} \\ \text{(figura 45)}}}$$

Portanto, o empuxo que age no saco de dindin nem aumentou, nem diminuiu ($E_1 = E_2$), durante o derretimento do gelo. Isso significa que o volume de água do tanque deslocada pela parte do corpo imersa (Vsub) não mudou e, assim, **o nível H da água do tanque permanece exatamente o mesmo de antes $H_1 = H_2$** (figuras 44 e 45), conforme explicado no *item 3* das *Conclusões Gerais*.

Vale ressaltar que, durante o derretimento do gelo, o seu volume total diminui (*embora o seu volume imerso Vsub permaneça inalterado, já que o empuxo permanece constante*), a sua densidade aumenta, mas a sua massa (suposta 100 g) permanece a mesma, pois se trata de uma mera mudança de estado físico.

Resolução do item b: Quando o gelo, novamente envolto num saco de dindin (figura 46), derreter completamente, o saco permanecerá em equilíbrio completamente imerso no seio do líquido (figura 47). A bola de madeira, que estava inicialmente em equilíbrio sobre o gelo, permanecerá em equilíbrio agora parcialmente imersa na superfície da água (figura 47).

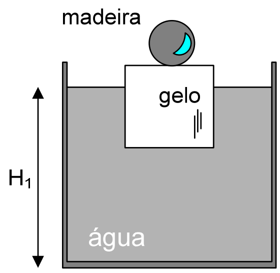


Figura 46

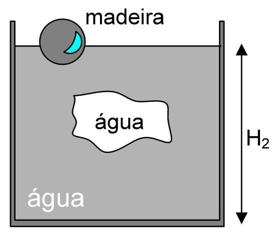


Figura 47

Apesar da tentação que o leitor deve sentir em dizer que o nível H da água sobe ☺ nesse caso, devido à imersão da bola de madeira, é importante não se deixar levar por "volumes". Fique atento é ao peso total e ao empuxo total :

- Na figura 46, o empuxo $E\uparrow$ que age no sistema "bola+gelo" é igual ao peso total do sistema "bola+gelo", já que ele se encontra em equilíbrio;
- Na figura 47, o sistema "bola + saco de dindin" continua em equilíbrio, apesar de a bola e o "saco de dindin" estarem separados entre si. O peso de cada um deles e, portanto, "o peso total do sistema" não varia em razão do derretimento do gelo, sendo ainda equilibrado pelo empuxo total que a água do tanque aplica na bola e no saco de dindin.
- Em suma, empuxos iguais são requeridos para equilibrar o peso total do sistema "bola + saco de dindin", <u>tanto antes quanto após</u> o derretimento do gelo contido no saco, visto que a massa do sistema não varia na mudança de estado físico do gelo.

Portanto, podemos concluir que:

$$\underbrace{E_{total\ antes} = (P_{gelo} + P_{bola})}_{\substack{\text{equilíbrio sistema bola+gelo} \\ \text{(figura 46)}}} \overbrace{}^{\text{massas iguais}} \underbrace{= (P_{saco} + P_{bola}) = E_{total\ depois}}_{\substack{\text{equilíbrio sistema bola+saco} \\ \text{(figura 47)}}}$$

O empuxo total que age no sistema em questão nem aumentou nem diminuiu, durante o derretimento do gelo. Isso significa que o volume de água do tanque deslocada pela parte imersa do sistema (Vsub) não mudou e, assim, **o nível H da água do tanque permanece exatamente o mesmo de antes** $H_1 = H_2$ (figuras 46 e 47), conforme explicado ao lado no *item 3* das *Conclusões Gerais*. Se necessário, leia novamente.

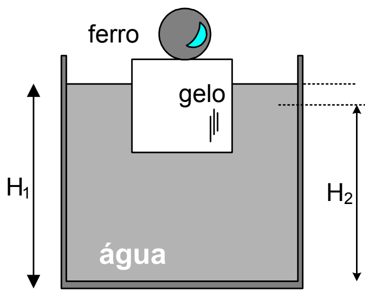


Figura 48

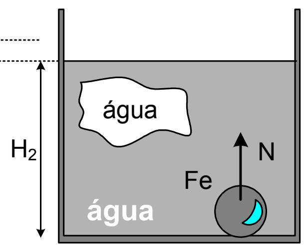


Figura 49

Resolução do item c: Quando o gelo, novamente envolto num saco de dindin (figura 48), derreter completamente, o saco permanecerá em equilíbrio completamente imerso no seio do líquido (figura 49). A bola de ferro, que estava inicialmente em equilíbrio sobre o gelo (figura 48), permanecerá em equilíbrio agora completamente imersa, tocando o fundo do recipiente (afinal ferro é mais denso que água), recebendo deste uma força de contato ↑N normal (figura 49).

Assim, comparando o item **c** com o item **b**, vemos que houve o acréscimo de uma nova força agindo no sistema "bola+gelo" **:** a força normal N (figura 49).

Na figura 48, o equilíbrio inicial do sistema "gelo+bola ferro" permite escrever:

$$\downarrow P_{\text{bola Ferro}} + \downarrow P_{\text{gelo}} = \text{Empuxo total inicial} \uparrow$$

Após o derretimento do gelo, mais uma vez o "peso total do sistema" não se altera. Entretanto, na figura 49 este "peso total" não será equilibrado apenas pela ação dos empuxos, mas também pela ação da normal N ↑ acrescentada ao sistema.

Assim, o equilíbrio final do sistema "saco de dindin + bola ferro" (figura 49) permite escrever:

$$\downarrow P_{\text{bola Ferro}} + \downarrow P_{\text{saco de dindin}} = \text{Empuxo total final} \uparrow + N\uparrow$$

As duas expressões acima nos permitem concluir que:

$$\text{Empuxo total inicial} \uparrow = \text{Empuxo total final} \uparrow + N \uparrow$$

Assim, o empuxo E ↑ requerido para equilibrar o peso total do sistema é maior na situação inicial (figura 48) que na situação final (figura 49). Afinal de contas, apesar do peso total do sistema "bola + saco de dindin" não ser alterado pela mera fusão do gelo, o empuxo E↑ na figura 49 conta com a ajuda na normal N↑ para equilibrar o mesmo peso total de antes, sendo requerido, portanto, um empuxo menor que na situação inicial.

Uma redução do valor do empuxo que age no sistema implica uma redução do volume de água deslocada pelo mesmo (vsub), **obrigando o nível da água do tanque a descer** ($H_2 < H_1$, nas figuras 48 e 49) , a fim de ocupar o espaço vazio que o sistema deixou no seio da água do tanque, ao diminuir sua porção imersa (V_{sub} diminuiu).

A diminuição do empuxo total que age no sistema implica a *descida* ☺ do nível H da água do tanque, conforme explicado no item 2 das *Conclusões Gerais.*

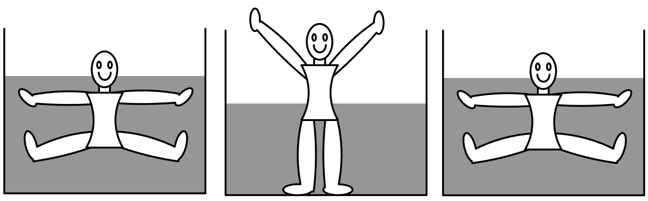


figura 50 a figura 50 b figura 50 c

A descida do nível H da água, no caso da bola de ferro, em geral é surpreendente à primeira vista, parecendo até mesmo ir contra a intuição. No entanto, as figuras 50 a, b e c acima mostram que, de fato, tudo faz sentido.

Na figura 50a, um adulto (numa piscina rasa) abre bem as pernas de forma a perder o contato com o solo (N = 0), deslocando uma grande quantidade de água, obtendo assim um empuxo suficiente grande para equilibrar todo o seu peso.

Na figura 50b, o adulto fica em pé sobre o fundo da piscina, deslocando menos água que antes, sofrendo menor empuxo. O nível H da água na piscina claramente desce. O empuxo E↑ agora conta com a ajuda da normal N↑ sob seus pés para equilibrar todo o peso da pessoa.

Na figura 50c, o adulto novamente molda seu corpo de forma a perder o contato com o fundo da piscina (N = 0), passando a deslocar mais água que antes, obtendo novamente um empuxo suficientemente grande para equilibrar todo o seu peso. Novamente, o aumento do empuxo leva ao aumento do nível H da água da piscina, como esperado ☺.

O derretimento das calotas polares da Terra levaria sim ao aumento do nível dos oceanos. O raciocínio que usaremos para justificar esse fato segue o mesmo raciocínio do adulto na piscina. Veja:

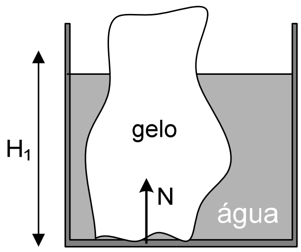


Figura 51

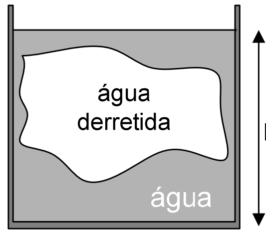


Figura 52

Inicialmente, o enorme bloco de gelo (figura 51) encontra um apoio (uma normal N ↑) agindo em sua face inferior, ajudando o empuxo E↑ a equilibrar o peso total do gelo.

$$\text{E inicial} \uparrow + N \uparrow = \text{Peso total} \downarrow \qquad \text{(figura 51)}$$

À medida que o blocão de gelo vai derretendo, essa normal N vai diminuindo gradativamente de valor até que, ao final, o blocão de "água derretida" agora estará em equilíbrio sem nenhuma normal N ↑ (figura 52), sendo o seu peso total (que não mudou durante a mudança de estado físico) agora equilibrado exclusivamente pelo empuxo final.

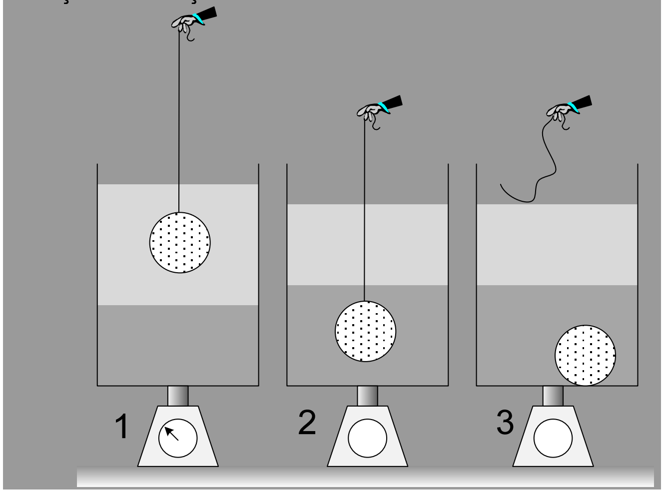
$$\text{E final} \uparrow = \text{Peso total} \downarrow \qquad \text{(figura 52)}$$

Assim, é fácil perceber que, na situação final (figura 52), o empuxo requerido para equilibrar o peso total sozinho, sem ajuda da normal, é maior que o empuxo inicial da figura 51, que contava com a ajuda da normal N para equilibrar o mesmo peso total.

Se o empuxo aumenta, isso implica que na figura 52 o corpo desloca mais água do tanque que inicialmente (Vsub aumentou), água deslocada essa que é obrigada a subir, levantando o nível H da água do tanque (que representa a água dos oceanos).

Assim, conforme explicado no item 1 das Conclusões Gerais (página 221), o aumento do o empuxo implica o aumento do nível H da água do recipiente (o nível dos oceanos subiria gradativamente, à medida que as calotas polares fossem derretendo).

Exemplo Resolvido 9: Seja um recipiente parcialmente preenchido com água e óleo sobre uma balança. Uma bola de ferro maciça de volume 1 litro, presa a um fio, é inicialmente posicionada em equilíbrio no óleo (situação 1), situação em que a balança registra um peso de 10 kgf. Em seguida, a bola é posicionada em equilíbrio no interior da água (situação 2) e, finalmente, o fio se rompe, passando a esfera a repousar no fundo do recipiente. Considerando as massas específicas de cada líquido, dadas pela tabela abaixo, determine as marcações das balanças nas situações 2 e 3.



Substância	Massa específica
água líquida	1 g/cm^3
Óleo	0,8 g/cm^3
Ferro	8 g/cm^3

O prof Renato Brito Comenta:
A figura 4 mostra as forças que agem no líquido no caso 1. Note que o óleo exerce um empuxo Eo ↑ na bola de ferro que, por sua vez, exerce a reação Eo↓ no óleo, empurrando os líquidos para baixo.

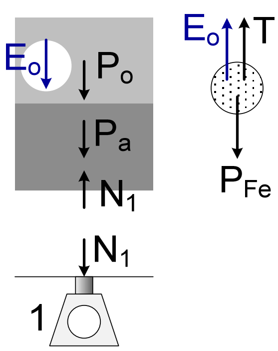


figura 53

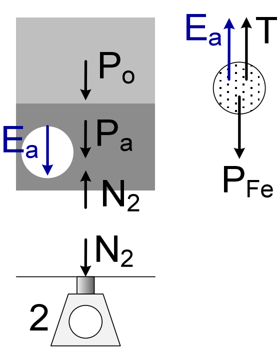


figura 54

Todas as forças que agem no líquido devem se equilibrar (Figura 53), visto que o líquido encontra-se em equilíbrio:

$$N_1 = P_a + P_o + E_o \qquad \textbf{(eq15)}$$

Como a balança é um aparelho que marca a força de contato exercida sobre ela, na figura 53 ela marcará N_1 = 10 kgf.

Segundo o Princípio de Arquimedes, o empuxo E_o trocado entre a bola de ferro e o óleo é igual ao peso do óleo deslocado pela bola (ou seja, é igual ao peso de 1 litro de óleo), sendo, portanto, **E_o = 0,8 kgf**. Substituindo em eq15, temos:

$$N_1 = P_a + P_o + E_o$$
$$10\text{ kgf} = P_a + P_o + 0{,}8\text{ kgf}$$
$$\mathbf{P_a + P_o = 9{,}2\text{ kgf}}$$

Da mesma forma, a figura 54 mostra as forças que agem no líquido no caso 2. Note que a água exerce um empuxo Ea ↑ na bola de ferro que, por sua vez, exerce a reação Ea↓ na água, empurrando os líquidos para baixo.

Todas as forças que agem no líquido devem se equilibrar (figura 54), visto que o líquido encontra-se em equilíbrio:

$$N_2 = P_a + P_o + E_a \qquad \textbf{(eq16)}$$

Segundo o Princípio de Arquimedes, o empuxo E_a trocado entre a água e a bola de ferro é igual ao peso da água deslocada pela bola (ou seja, igual ao peso de 1 litro de água), sendo, portanto, **E_a = 1 kgf**. Substituindo em eq16, temos:

$$N_2 = P_a + P_o + E_a$$
$$N_2 = (P_a + P_o) + E_a$$
$$N_2 = (9{,}2\text{ kgf}) + 1\text{ kgf} = 10{,}2\text{ kgf}$$

Assim, no caso 2, a balança marca **N_2 = 10,2, kgf.**

Finalmente, no caso 3, como não houve derramamento de líquido, a balança marcará tão somente o peso total do sistema, isto é, Pa + Po + Pfe. Pela densidade da bola de ferro, vemos que sua massa vale 8 kg e seu peso, Pfe = 8 kgf.

Assim, no caso 3, a marcação da balança será:

Pa + Po + Pbola = (Pa + Po) + Pfe = (9,2 kgf) + 8 kgf

Pa + Po + Pfe = **17,2 kgf**

Ah ! Você não se convenceu ? Achou que eu desconsiderei o empuxo no caso 3 ? Então posso detalhar ainda mais. Veja:

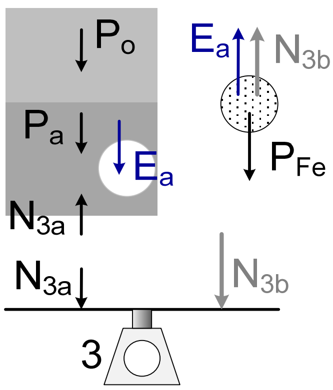


figura 55

A figura 55 mostra o diagrama de forças do caso 3 em que tanto a bola quanto a água estão em contato com a balança. Seja N_{3a} a força de contato entre a água e a balança e N_{3b} a força de contato entre a bola e a balança.

A balança marca a força total $N_{3a} + N_{3b}$ exercida sobre ela.

Do equilíbrio do líquido, temos:

$$N_{3a} = Pa + Po + Ea \qquad \textbf{(eq17)}$$

Do equilíbrio da bola de ferro, temos:

$$N_{3b} + Ea = Pfe \qquad \textbf{(eq18)}$$

Somando eq17 e eq18, membro a membro, temos:

$N_{3a} + N_{3b} + \cancel{Ea} = Pa + Po + Pfe + \cancel{Ea}$

$N_{3a} + N_{3b} = Pa + Po + Pfe$

$N_{3a} + N_{3b} = (Pa + Po) + Pfe = (9{,}2\text{ kgf}) + 8\text{ kgf}$

$N_{3a} + N_{3b} = \mathbf{17{,}2\text{ kgf}}$

Assim, como se pôde ver, não havíamos desconsiderado o empuxo. Na verdade, no cálculo da marcação da balança, ele se cancela por se tratar de uma força interna ao sistema.

14 – Referenciais não-Inerciais na Hidrostática

No interior de um trem que tanto pode estar em repouso como em MRU, temos uma bola de ferro e um balão de aniversário, respectivamente fixos ao teto e ao piso de um vagão.

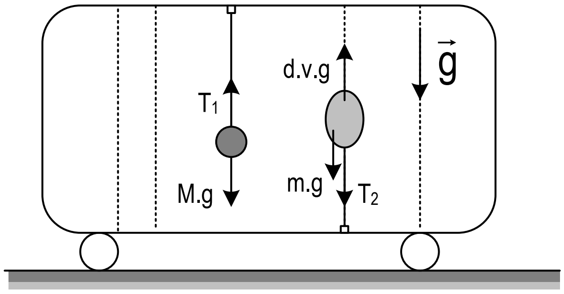


Figura 56

A bola de ferro se "alinha à direção vertical" sob ação das forças tração T_1 e peso M.g , ao passo que o balão de aniversário faz o mesmo sob ação do empuxo E = d.v.g, da tração T_2 e do seu peso m.g. O empuxo do ar agindo na bola de ferro é muito pequeno comparado ao peso da bola de ferro e, por esse motivo, ele é desprezado.

Estando ambos em equilíbrio, podemos escrever:

$$T_1 = M.g \qquad \textbf{(eq19)}$$

$$T_2 + m.g = d.v.g \qquad \textbf{(eq20)}$$

Assim, cada um à sua maneira, ambos os corpos ficam "alinhados" à direção vertical, dada pela direção da gravidade g, como mostram as figuras 56 e 57. Esse fato independe do vagão estar parado ou em MRU, pois estas situações são equivalentes do ponto de vista dinâmico: ambas são situações de equilíbrio, como aprendemos no capítulo 2.

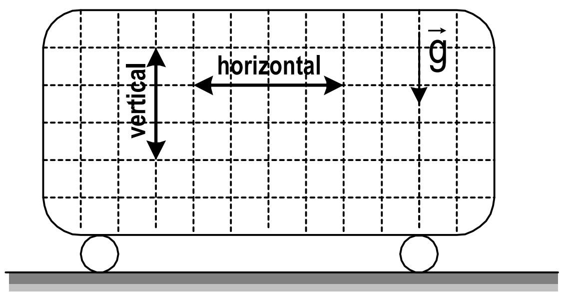
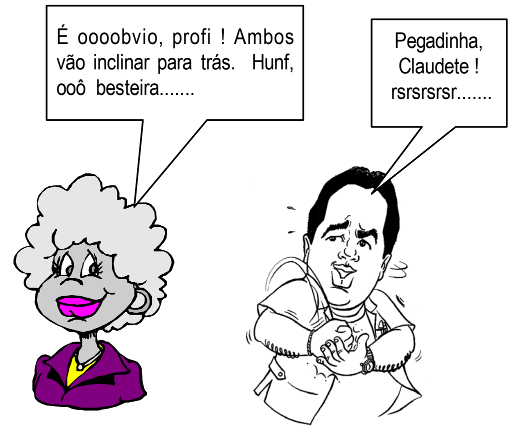


Figura 57

Entretanto, se esse vagão passar a se mover para a direita (v→) aceleradamente (a→) , qual será o comportamento desses corpos ?



O vagão da figura 58 encontra-se acelerado em relação à Terra e, portanto, as leis de Newton não são válidas para um observador fixo no seu interior.

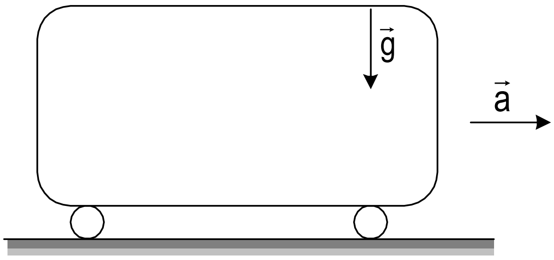


Figura 58

Para contornar esse inconveniente, fazemos uso do Princípio da equivalência, a fim de "eliminarmos" a aceleração $\vec{a}$ do vagão, revertendo-a numa gravidade extra $-\vec{a}$ no seu interior , de forma a validar as leis de Newton para um observador que esteja fixo ao vagão (veja página 124, seção 8 – *Vagão acelerando horizontalmente)*.

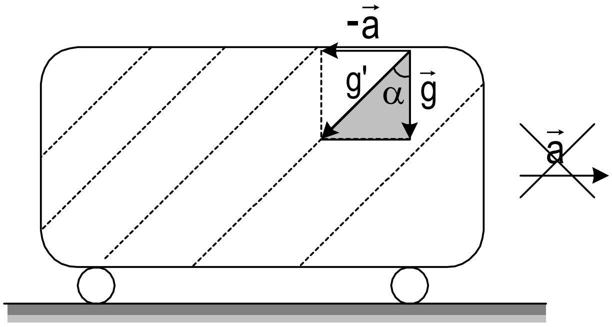


Figura 59

O vagão não terá mais a aceleração $\vec{a}$ (em relação a quem está no seu interior, logicamente) e, portanto, poderá ser interpretado com um pseudo referencial inercial ☺.

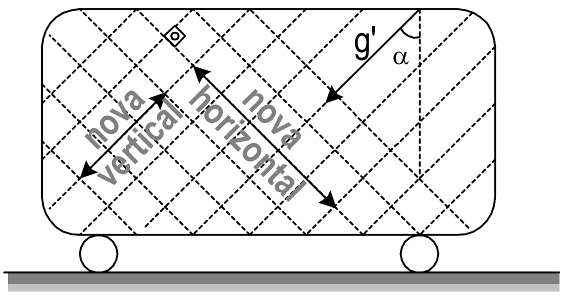


Figura 60

A figura 60 mostra o que o sistema cartesiano original, simplesmente, terá seu par de eixos rotacionados em um ângulo α tal que $tg\alpha = a/g$ para dar origem ao "novo sistema cartesiano" cuja **nova direção vertical** estará na direção da gravidade g' resultante no interior do vagão, ao passo que a **nova direção horizontal** é perpendicular à direção do de g**'.**

Aceitando-se esse novo sistema de coordenadas, o comportamento dos corpos em seu interior é exatamente o mesmo de antes, no sistema cartesiano original, quando o vagão estava em equilíbrio no campo gravitacional g **:** ambos os corpos permanecem alinhados à nova direção vertical, como se nada de esquisito estivesse acontecendo. De fato, se você aceitou e se imbuiu do Princípio da Equivalência, prontamente perceberá que o comportamento da natureza sob ação dos campos gravitacionais g e g' deve ser exatamente o mesmo, visto que esses campos têm exatamente a mesma natureza.

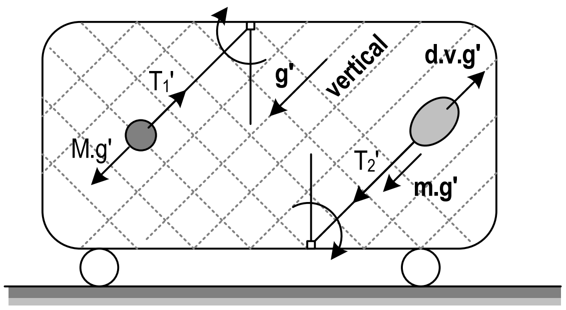


Figura 61

Os corpos no interior do vagão encontram-se em equilíbrio (relativo ao observador fixo ao interior do vagão) e, portanto, podemos escrever:

$T_1' = M.g'$ **(eq21)**
$T_2' + m.g' = d.v.g'$ **(eq22)**

O triângulo retângulo na figura 59 mostra que $g' = g/\cos\alpha$, de forma que os "pesos" dos corpos, antes e após o vagão ser acelerado, se relacionam por:

$P = m.g$

$P' = m.g' = m.(g/\cos\alpha) = m.g/\cos\alpha = P/\cos\alpha$ **(eq23)**

Analogamente, o empuxos, antes e após o vagão ser acelerado, se relacionam por :

$E = d.v.g$

$E' = d.v.g' = d.v.(g/\cos\alpha) = d.v.g/\cos\alpha = E/\cos\alpha$ **(eq24)**

Com base nas relações eq20 e eq22, é fácil ver que as trações no fio do balão, antes e após o vagão ser acelerado, se relacionam da mesma forma. Se não, vejamos:

$T_2 = d.v.g - m.g$ **(eq20)**

$T_2' = d.v.g' - m.g'$ **(eq22)**

$T_2' = d.v.(g/\cos\alpha) - m.(g/\cos\alpha) = (d.v.g - m.g)/\cos\alpha$

$T_2' = T_2/\cos\alpha$ **(eq25)**

Assim, vemos que, ao passarmos "do mundo normal" para o "adorável mundo linha", basicamente o valor de todas as forças fica dividido por $\cos\alpha$.

Em outras palavras, as equações 21 e 22 são, exatamente, as mesmas equações 19 e 20, só que divididas pelo fator $\cos\alpha$. Note que, sendo $0 < \cos\alpha < 1$, o valor de todas as forças aumenta quando o vagão é acelerado !

A **nova direção horizontal**, no adorável mundo "linha", também se comporta exatamente da mesma forma que antes. Por exemplo, sabemos que, se um vagão contendo água estiver parado ou em MRU, a superfície da água em seu interior repousará na direção horizontal.

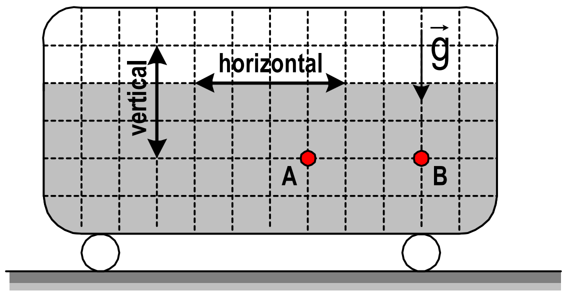


Figura 62

Entretanto, quando esse vagão é acelerado para a direita, o sistema cartesiano gira α e, portanto, a nova direção horizontal passa a formar um ângulo α com a horizontal original ($tg\alpha = a/g$). O nível da água, no interior desse vagão acelerado em relação à Terra, se adapta a essa nova direção horizontal, se alinhando a ela, como se nada tivesse ocorrido de esquisito.

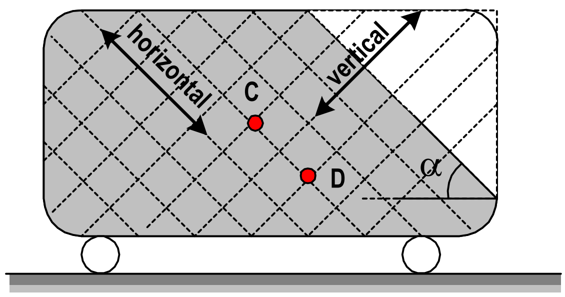


Figura 63

A Hidrostática toda, também, se adapta a esse novo estado de coisas. Por exemplo, uma das conseqüências da Lei de Stevin é que quaisquer dois pontos, na mesma horizontal de um mesmo líquido em equilíbrio, estão submetidos à mesma pressão hidrostática, ou seja, $P_A = P_B$, como mostra a figura 62. As linhas de pressão constante são sempre horizontais e o "Empuxo de Arquimedes" está sempre perpendicular a essas linhas e, portanto, na direção vertical.

Quando o vagão é acelerado (figura 63), a propriedade se adapta ao "adorável mundo linha" e teremos $P_C = P_D$, onde C e D são dois pontos quaisquer na nova direção horizontal. No adorável mundo linha, as linhas de pressão constante estão, novamente, na nova direção horizontal, assim como o "Empuxo de Arquimedes" continua agindo na mesma direção e sentido contrário ao da gravidade, no caso, g' .

A equivalência entre os sistemas cartesianos é um dos aspectos mais atraentes do Princípio da Equivalência e a natureza se comporta exatamente da forma prevista, ratificando as idéias esboçadas nesse texto original escrito pelo prof Renato Brito.

15 – O Princípio de Pascal

Em 1651, o matemático e físico francês Blaise Pascal (1623-1662), em um importante trabalho denominado **Sobre o equilíbrio dos líquidos**, enunciou o seguinte princípio, que leva seu nome:

Uma pressão externa aplicada a um fluido dentro de um recipiente se transmite sem diminuição a todo o fluido e às paredes do recipiente. Não é a força que é transmitida igualmente a todos os pontos do fluido, mas sim, a pressão.

Na figura 64, temos uma ilustração do próprio Pascal, a seringa de Pascal. Ao se comprimir o êmbolo, a água dentro da seringa jorra pelos orifícios.

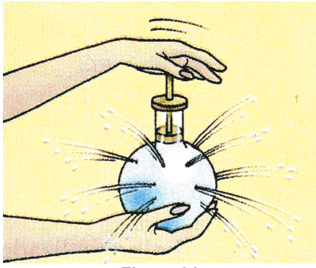


Figura 64

Figura 65

Ao apertar um tubo de pasta de dente, estamos fazendo uso desse princípio. Na figura 65, temos um exemplo análogo ao que ocorre com os aerossóis, O gás aplica uma pressão à superfície do líquido; essa pressão se transmite a todo o líquido, fazendo com que ele saia do recipiente.

No caso da figura 66, ao aplicarmos ao êmbolo de área A uma força de intensidade F, estamos transmitindo ao fluido uma pressão $\Delta p = F / A$. Esse será o aumento de pressão em todos os pontos do líquido, bem como das paredes do recipiente. A melhor aplicação do Princípio de Pascal é a amplificação de forças.

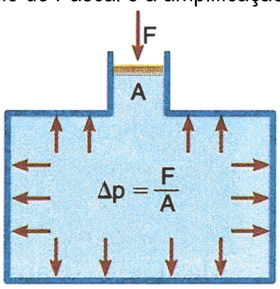


Figura 66

16 - Mecanismos Hidráulicos

Uma das aplicações do Princípio de Pascal é a "multiplicação" de forças por meio dos chamados mecanismos hidráulicos. Consideremos, por exemplo, a situação mostrada na figura 67. Um líquido está dentro de um tubo de seção variável, tendo um êmbolo de área A_1 e um êmbolo de área A_2.

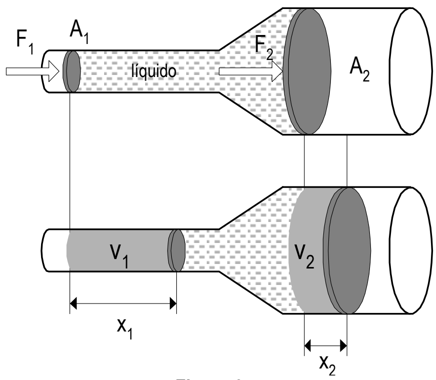


Figura 67

Aplicando-se ao êmbolo da esquerda uma força de intensidade F_1, estamos transmitindo ao líquido uma pressão que se transmite sem diminuição a todo o fluido, inclusive ao êmbolo da direita, de modo que, sobre este, aparece uma força de intensidade F_2. Como a pressão deve ser a mesma nos dois êmbolos, devemos ter:

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \qquad \textbf{(eq-29)}$$

Sendo $A_2 > A_1$, pela equação acima concluímos que $F_2 > F_1$, Assim, aplicando uma força de "pequena" intensidade, podemos obter uma força de "grande" intensidade, como mostra a figura 68 ☺.

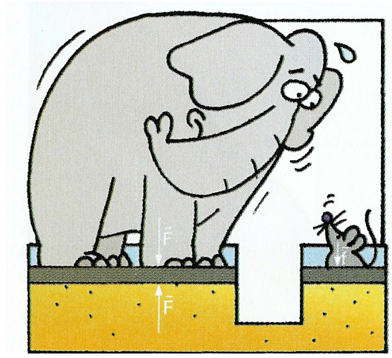


Figura 68

Claudete, vejamos como tudo isso está de acordo com a conservação de energia. Comparemos as figura 67 **a** e **b**: enquanto o êmbolo da esquerda faz um percurso x_1 sob ação de uma força F_1, o êmbolo da direita faz um percurso x_2 sob ação da força F_2 transmitida pelo líquido até ele. Porém, sendo o líquido incompressível, os volumes $V_1 = A_1 . x_1$ e $V_2 = A_2 . x_2$ devem ser iguais temos:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 . x_1 = A_2 . x_2 \qquad \textbf{(eq-30)}$$

Obtendo o razão A_1 / A_2, a partir de eq29 e eq30, vem:

$$\frac{A_1}{A2} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{x_2}{x_1} \Rightarrow F_1 . x_1 = F_2 . x_2 \Rightarrow \tau_1 = \tau_2 \qquad \textbf{(eq-31)}$$

onde τ_1 e τ_2 são os trabalhos realizados ao empurrar, respectivamente, os êmbolos 1 e 2. Assim, eq31 mostra que a energia empreendida (o trabalho realizado) para fazer o êmbolo mover x_1 é exatamente a energia que foi transmitida até o êmbolo 2 , causando nele um deslocamento x_2 .

Percebemos que esse sistema trabalha de forma análoga a um sistema com várias polias móveis. Ele permite a redução da força necessária, mas causa um proporcional aumento do deslocamento, de forma que o trabalho realizado permanece o mesmo.

Os mecanismos hidráulicos são usados, por exemplo, em freios de automóveis, na famosa direção hidráulica e nos elevadores usados em postos de gasolina (figura 69). No caso do elevador hidráulico, um compressor envia ar sob grande pressão que comprime o óleo de um reservatório, o qual comprime o pistão.

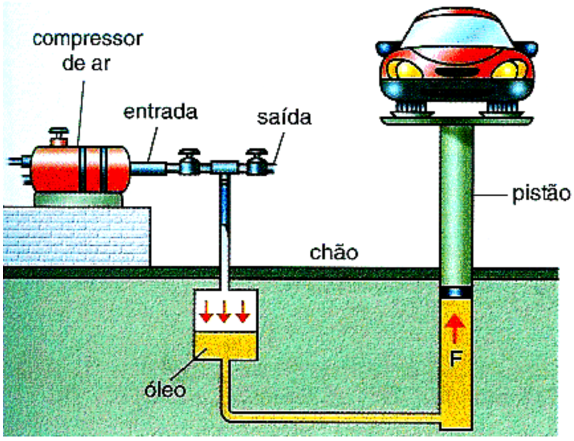
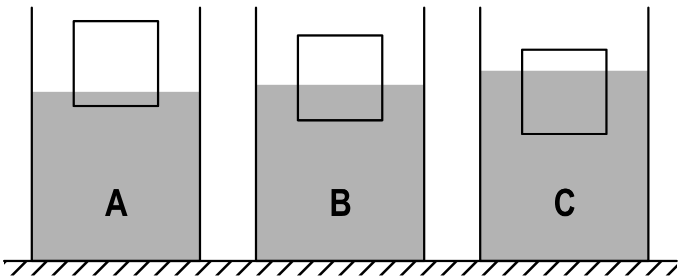


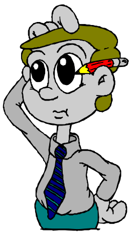
Figura 69 - Elevador hidráulico - um compressor envia ar sob grande pressão que comprime o óleo de um reservatório, o qual comprime o pistão.

Autoteste Comentado 4

Para que um corpo flutue em equilíbrio na superfície de um líquido, o peso do líquido que ele desloca (ou seja, o empuxo) deve ser igual ao seu peso próprio peso. Assim, sendo $d_{óleo} < d_{água} < d_{Hg}$, para obtermos um mesmo peso a partir de 3 substâncias distintas, precisaremos de um volume maior da substância que tiver menor densidade (1 kg de isopor é mais volumoso que 1 kg de ferro). Assim, no caso do corpo flutuar no óleo, será necessário deslocar maior volume desse líquido (óleo), a fim de que o peso do óleo deslocado se equipare ao peso do corpo. No caso do mercúrio, como ele é denso demais, uma pequena quantidade de mercúrio deslocada já pesa o suficiente para equilibrar o peso do corpo. Assim o mercúrio é o líquido do recipiente A, e o óleo é o do recipiente C.

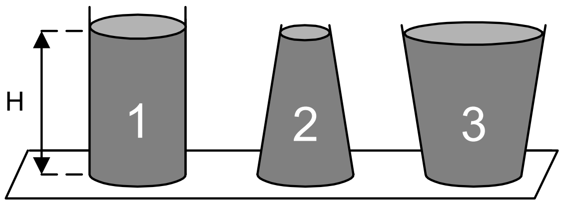


Anotações



Pensando em Classe
Pensando em Classe

Os recipientes da figura possuem a mesma área da base A e contêm o mesmo líquido até a mesma altura H. Os 4 testes a seguir se referem a essa figura.



Questão 01

Sejam P_1, P_2, e P_3 as pressões exercidas pela água no fundo de cada recipiente. Pode-se afirmar que:

a) $P_1 > P_2 > P_3$ b) $P_1 < P_2 < P_3$ c) $P_1 = P_2 > P_3$ d) $P_1 > P_2 = P_3$ e) $P_1 = P_2 = P_3$

Questão 02

Sobre a força exercida pela água no fundo de cada recipiente, vale a relação:

a) $F_1 > F_2 > F_3$ b) $F_1 < F_2 < F_3$ c) $F_1 = F_2 > F_3$ d) $F_1 > F_2 = F_3$ e) $F_1 = F_2 = F_3$

Questão 03

Sobre os pesos dos líquidos contidos em cada recipiente, vale a relação:

a) $W_1 > W_2 > W_3$ b) $W_1 < W_2 < W_3$ c) $W_3 > W_1 > W_2$ d) $W_1 > W_2 = W_3$ e) $W_1 = W_2 = W_3$

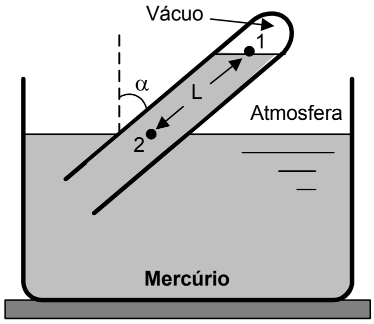
Questão 04

Consideremos que os três recipientes estão apoiados sobre uma mesma mesa. Sobre a pressão que o fundo de cada recipiente exerce sobre a mesa, vale a relação:

a) $P_1' > P_2' > P_3'$ b) $P_1' < P_2' < P_3'$ c) $P_1' = P_2' > P_3'$ d) $P_3' > P_1' > P_2'$ e) $P_1' = P_2' = P_3'$

Questão 05

Numa região ao nível do mar, a pressão atmosférica vale 101.325 N/m² e g = 9,81 m/s². Repete-se a experiência de Torricelli, dispondo-se o tubo do barômetro conforme representa a figura. A distância L entre os pontos 1 e 2 vale 152 cm e a massa específica do mercúrio é μ = 13,6 g/cm³. Estando o sistema em equilíbrio, calcule o valor aproximado do ângulo α que o tubo forma com a direção vertical.



Questão 06

Se a experiência de Torricelli para a determinação da pressão atmosférica (p_o) fosse realizada com óleo (densidade 0,8) em lugar de mercúrio, qual seria a altura da coluna de óleo medida no barômetro ? Desprezar a pressão exercida pelo vapor d'óleo e adotar, nos cálculos, g = 9,81 m/s², d_{Hg} = 13,6 g/cm³.

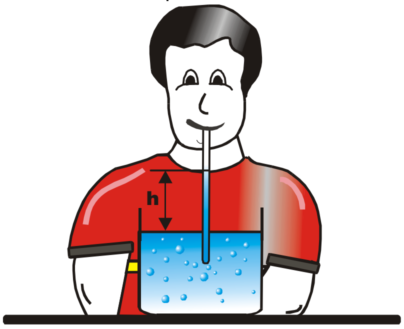
a) 11 m
b) 12,5 m
c) 15 m
d) 14,5 m
e) 16 m

Anotações

Questão 07

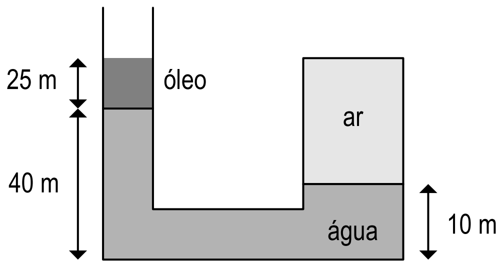
Suponha que Juquinha deseje beber água num canudinho, numa cidade onde a pressão atmosférica vale 1 atm. Para que o líquido consiga subir até a boca do menino, através do canudo, a uma altura H = 40 cm acima da superfície livre do líquido, o garoto precisa fazer sucção, diminuindo a pressão do ar dentro do canudinho até pelo menos:

a) 0,99 atm
b) 0,94 atm
c) 0,98 atm
d) 0,92 atm
e) 0,96 atm



Questão 8

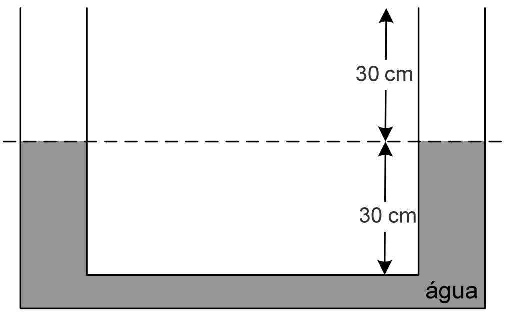
O reservatório indicado na figura contém ar seco e água. O tubo que sai do reservatório contém água e óleo. Sendo a pressão atmosférica normal, determine a pressão do ar no reservatório. (Dar a resposta em atm.) São dados: densidade do óleo = 0,80 g/cm³ .



Questão 9

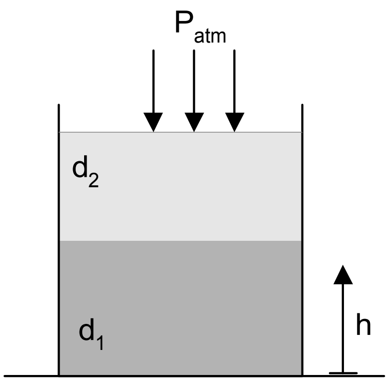
A figura mostra um tubo em U cuja secção transversal tem área constante A = 4 cm². O tubo contém, inicialmente água em equilíbrio $d_{água}$ = 1 g/cm³). Determine o máximo volume de óleo ($d_{óleo}$ = 0,8 g/cm³) que pode ser colocado no ramo esquerdo.

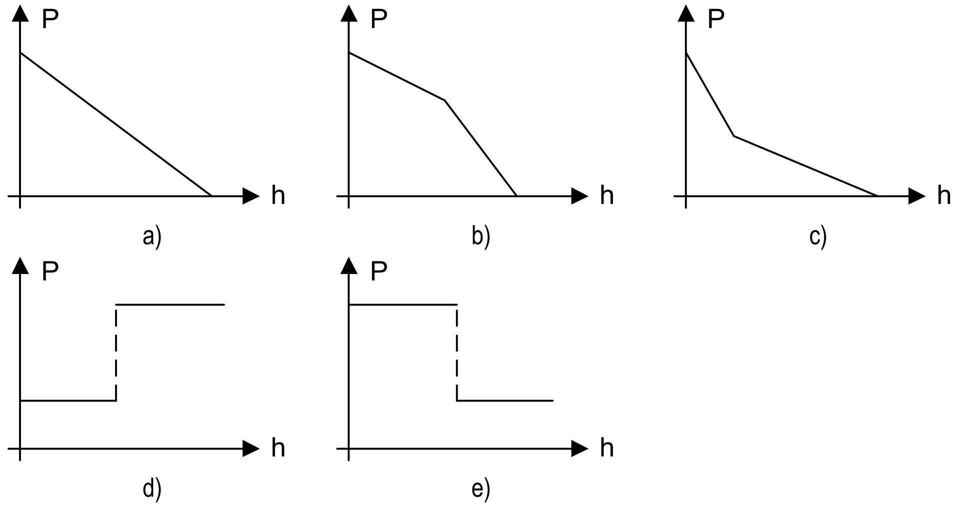
a) 120 cm³ b) 150 cm³ c) 180 cm³ d) 200 cm³



Questão 10

(Cesgranrio) Dois líquidos imiscíveis (água e óleo, por exemplo, estão em equilíbrio, como mostra a figura. Qual dos gráficos a seguir melhor representa a variação da pressão hidrostática com a altura h, medida a partir do fundo do copo





Anotações

Questão 11

(UFRS) Duas esferas maciças **A** e **B** de massas iguais, flutuam em equilíbrio na água. O volume de **A** é maior do que o de **B**. Conclui-se que:

a) **A** desloca mais líquido que **B**
b) **A** desloca menos líquido que **B**
c) **A** e **B** tem pesos diferentes
d) **A** e **B** tem densidades iguais
e) **A** e **B** sofrem empuxos iguais

Questão 12

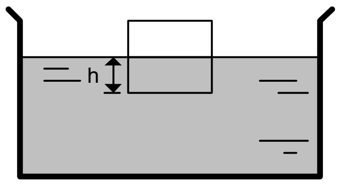
Duas esferas maciças **A** e **B** , respectivamente feitas de ferro e isopor, apresentam raios iguais e estão em equilíbrio numa piscina cheia dágua. Qual a alternativa errada ?

a) **A** desloca mais líquido que **B**
b) **A** sofre maior empuxo que B
c) o peso da bola B tem o mesmo valor do empuxo que ela recebe da água.
d) **A** e **B** sofrem empuxos iguais
e) O empuxo que age na bola de ferro é menor que o seu peso.

Questão 13

(PUC-SP) A figura mostra um bloco maciço e homogêneo em forma de cubo, com aresta 2 metros e massa 800 kg, flutuando em água de densidade 10^3 kg/m^3, contida num recipiente retangular de faces paralelas ao bloco. Nestas circunstâncias, a distância **h** entre o fundo do bloco e a superfície da água é:

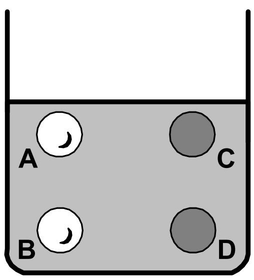
a) 2 metros;
b) 1 metro;
c) 0,2 metro;
d) 0,1 metro;
e) zero.



Questão 14

Um balão de aniversário, cheio de ar, e esfera de isopor encontram-se num líquido mantido a temperatura constante e uniforme. O balão, inicialmente a posição A, foi deslocado para posição B, mais o fundo. Da mesma forma, a esfera de isopor, inicialmente na posição C, foi movida até a posição D. Comparando-se a intensidade do empuxo E que o líquido exerce sobre esses corpos, antes e após serem levados ao fundo do recipiente, pode-se afirmar que:

a) $E_A = E_B$ e $E_c = E_D$
b) $E_A < E_B$ e $E_c = E_D$
c) $E_A = E_B$ e $E_c < E_D$
d) $E_A < E_B$ e $E_c > E_D$
e) $E_A > E_B$ e $E_c = E_D$



Questão 15

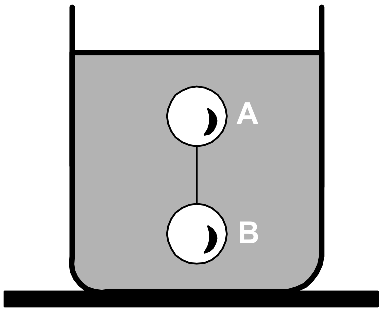
Um bloco cúbico de metal tem peso de 3 N e volume de 100 cm^3. Se for completamente mergulhado num líquido de densidade 0,6 g/cm^3 num local onde g = 10 m/s^2, seu peso será, aparentemente, de:

a) 2,6 N b) 2,4 N c) 2,0 N d) 1,4 N e) 1,2 N

Questão 16

(UFPB) Dois corpos maciços e uniformes, ligados por um fio de massa e volume desprezíveis, estão em equilíbrio totalmente imersos em água, conforme ilustra a figura abaixo. Sabendo-se que o volume do corpo **A** é 3 litros, que sua densidade é 0,6 g/cm^3 e que a intensidade do empuxo sobre o corpo **B** vale 8,0 N, determine:

a) a intensidade do empuxo sobre o corpo **A**;
b) a intensidade da força que traciona ao fio;
c) a massa do corpo **B**.



Questão 17

Uma caixa de madeira de peso 30 N bóia num recipiente com líquido, com apenas 1/3 do seu volume imerso. Em seguida, a caixa é mergulhada no líquido através de um fio ideal. A tração nesse fio vale:

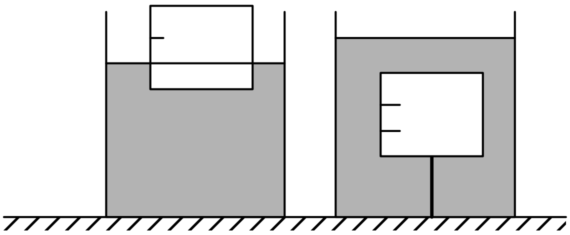
a) 20 N

b) 40N

c) 60 N

d) 90 N

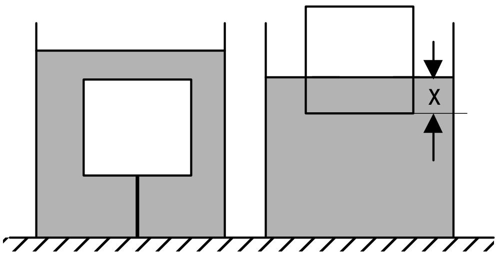
e) 50N



Questão 18

Um cubo de madeira de 60 cm de aresta e de peso P e encontra-se inicialmente preso ao fundo de uma piscina através de um fio submetido a uma tração T = 5.P. Cortando-se o fio, o bloco submerge e permanece em equilíbrio flutuando. Determine o valor da extensão x imersa.

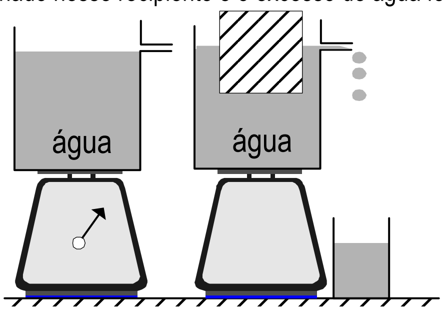
a) 4 cm
b) 5 cm
c) 6 cm
d) 8 cm
e) 10 cm



Questão 19

A figura mostra um recipiente cheio de água sobre uma balança que registra um peso inicial de 100 kgf. Um bloco de madeira de 40 kg foi mergulhado nesse recipiente e o excesso de água foi recolhido por uma vasilha.

a) qual a nova marcação da balança após esse episódio ?
b) quantos litros d'água foram derramados ?

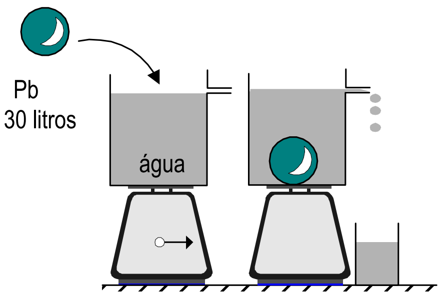


Anotações

Questão 20

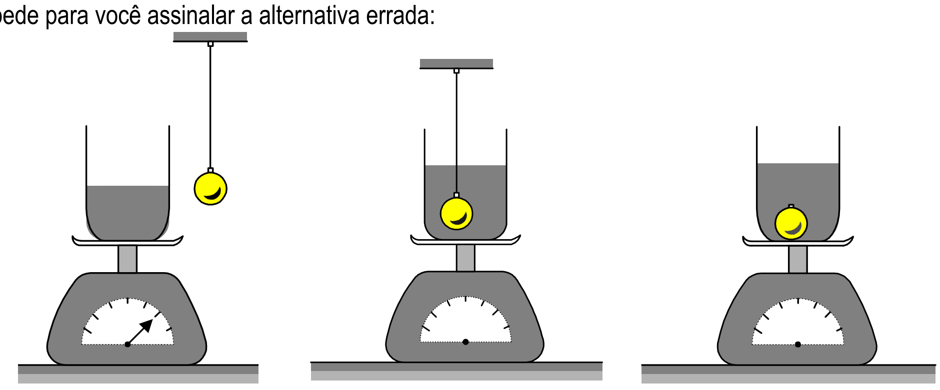
A figura mostra um recipiente cheio de água sobre uma balança que registra um peso inicial de 100 kgf. Uma esfera de chumbo (densidade 10 kg/litro) e volume 30 litros, foi mergulhada nesse recipiente e o excesso de água foi recolhido por uma vasilha.

a) qual a nova marcação da balança após esse episódio ?
b) quantos litros d'água foram derramados ?
c) quanto vale a normal exercida pela esfera no fundo do recipiente ?



Questão 21

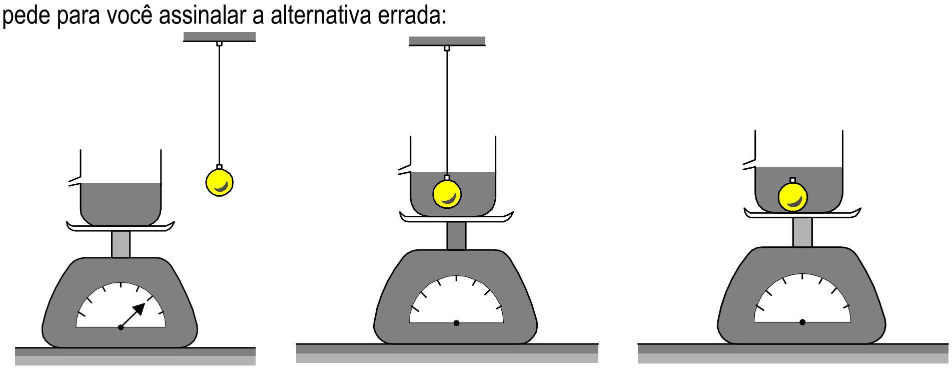
A figura **a** mostra um recipiente contendo água em equilíbrio sobre uma balança graduada em newtons, que acusa um peso Pa. Uma bola de ferro, de peso Pf, está pendurada ao teto em equilíbrio por um fio de nylon. Em seguida (figura **b**), a esfera é mergulhada completamente no recipiente com água, sem tocar o fundo do recipiente, permanecendo em equilíbrio sob ação de uma força empuxo de intensidade E. Finalmente (figura **c**) o fio é cortado e a esfera de ferro passa a repousar em equilíbrio no fundo do recipiente. Sobre esse episódio, o prof RenatoBrito pede para você assinalar a alternativa errada:



a) As trações T no fio, nas figuras **a** e **b** , valem respectivamente, Ta = Pf e Tb = Pf – E
b) O empuxo E que o líquido exerce na esfera de ferro tem o mesmo valor nas figuras **b** e **c**
c) A balança acusa um peso Pa + E na figura **b**
d) A balança indica um peso P_A + Pf na figura **c**
e) Na figura c, a força N que o fundo do recipiente exerce sobre a esfera vale N = Pf

Questão 22

A figura **d** mostra um recipiente contendo água em equilíbrio sobre uma balança graduada em newtons, que acusa um peso Pa. O recipiente contém um dreno lateral que permite que qualquer excesso de água escoe por ele. Uma bola de ferro, de peso Pf, está pendurada ao teto em equilíbrio por um fio de nylon. Em seguida (figura **e**), a esfera é mergulhada completamente no recipiente com água, sem tocar o fundo do recipiente, permanecendo em equilíbrio sob ação de uma força empuxo de intensidade E. Finalmente (figura **f**) o fio é cortado e a esfera de ferro passa a repousar em equilíbrio no fundo do recipiente. Sobre esse episódio, o prof Renato Brito pede para você assinalar a alternativa errada:

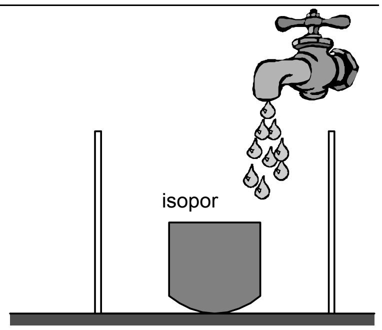


Anotações

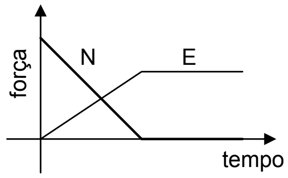
a) As trações T no fio, nas figuras **d** e **e** , valem respectivamente, Td = Pf e Te = Pf – E
b) O peso da água que escoa pelo dreno (figura e) tem a mesma intensidade do empuxo que age sobre a esfera;
c) O volume de água que escoa pelo dreno é igual ao volume da esfera;
d) A indicação da balança não muda da figura **d** para a figura **e** ;
e) Na figura **f**, a balança indica Pa + Pf

Questão 23

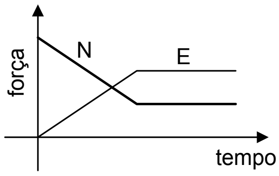
A figura ilustra um bloco de isopor em repouso no fundo de um tanque inicialmente vazio num local onde a gravidade vale g. Uma torneira foi aberta e está, gradativamente enchendo o tanque com água. Seja F força que o bloco de isopor exerce sobre o fundo do recipiente e E o empuxo que a água exerce sobre o bloco, o gráfico que melhor representa o comportamento dessas forças, em função do tempo, é:



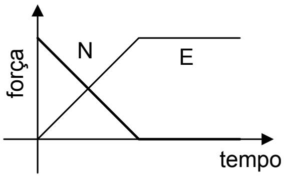
a)



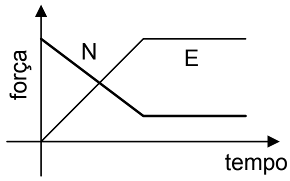
b)



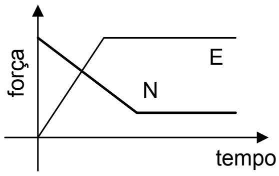
c)



d)

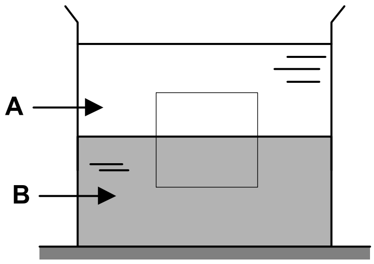


e)



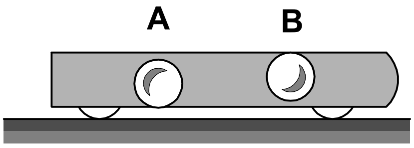
Questão 24

Os líquidos imiscíveis **A** e **B**, representados na figura, têm densidades $d_A = 2$ g/cm³ e $d_B = 3$ g/cm³. Um cubo flutua entre os dois líquidos com 40% do seu volume imerso no líquido A, e o restante no líquido B. Determine a densidade do cubo.



Questão 25

A figura ilustra um tubo de vidro totalmente vedado, completamente preenchido com um líquido de densidade **d.** inicialmente em repouso. Em seu interior, foram colocadas duas bolas A e B, de densidades respectivamente iguais a d_A e d_B tais que $d_A > d > d_B$. Quando o tubo passar a se mover para a direita com aceleração a, pode-se afirmar que:

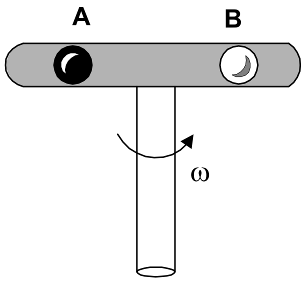


a) a bola A se moverá para a esquerda e a bola B se moverá para a direita, em relação ao tubo;
b) a bola B se moverá para a esquerda e a bola A se moverá para a direita, em relação ao tubo;
c) ambas as bolas se moverão para a esquerda, em relação ao tubo;
d) ambas as bolas se moverão para a direita, em relação ao tubo;
e) as bolas permanecerão em repouso em relação ao tubo.

Anotações

Questão 26

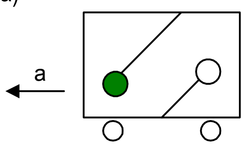
A figura ilustra um tubo de vidro totalmente vedado, completamente preenchido com um líquido de densidade **d.** inicialmente em repouso. Em seu interior, foram colocadas duas bolas A e B, de densidades respectivamentes d_A e d_B tais que $d_A < d < d_B$. Quando o tubo passa a girar com velocidade angular ω constante em torno do seu eixo central, pode-se afirmar que:

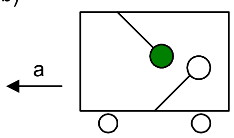


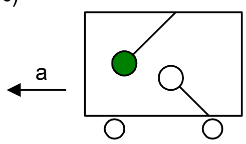
a) a) ambas as bolas se movem em direção ao centro do tubo;
b) ambas as bolas se movem se afastando do centro do tubo;
c) a bola B se move em direção ao centro, enquanto a bola A se move se afastando do centro;
d) a bola A se move em direção ao centro, enquanto a bola B se move se afastando do centro;
e) como o tubo gira com velocidade angular constante, ambas as molas permanecem em repouso em relação ao tubo.

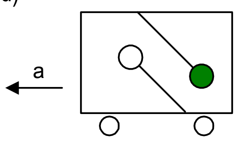
Questão 27

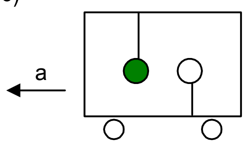
Utilizando fios ideais, uma esfera de ferro e uma bexiga de gás hélio foram amarradas, respectivamente, ao teto e ao chão de uma locomotiva que se desloca em movimento retilíneo para a esquerda. De repente, o maquinista percebe que está atrasado e passa a se mover acelerado. Qual dos desenhos a seguir melhor representa a posição da esfera e da bexiga, quando o balão se move acelerado ?

a)


b)


c)


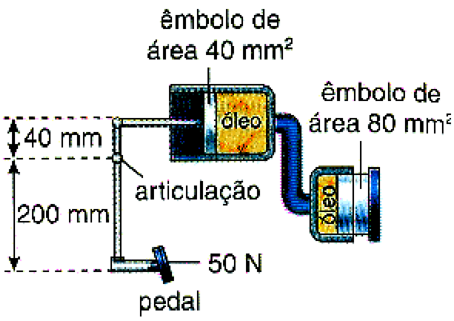
d)


e)


Questão 28

(Mackenzie-SP) O diagrama mostra o princípio do sistema hidráulico do freio de um automóvel. Quando uma força de 50 N é exercida no pedal, a força aplicada pelo êmbolo de área 80 mm² é de:

a) 100 N d) 400 N
b) 250 N e) 500 N
c) 350 N



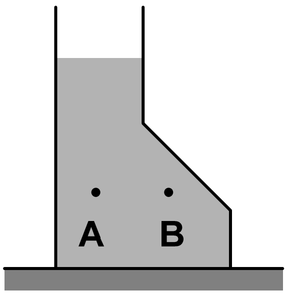
Pensando em Casa
Pensando em Casa

ATENÇÃO: É absolutamente necessário ler a teoria desse capítulo antes de resolver as questões referentes a ele. As questões que se seguem não são mera aplicação de fórmulas, requerem uma real compreensão dos aspectos teóricos do assunto. Se você não leu TODA A TEORIA relativa ao assunto já abordado em sala de aula, NÃO INICIE A TAREFA DE CASA AGORA.

Questão 01

A figura ilustra um recipiente contendo água em equilíbrio estático. Sejam P_A e P_B as pressões hidrostáticas exercidas (pela água apenas) respectivamente nos pontos A e B desse líquido, F a força que o líquido exerce internamente no fundo do recipiente e m.g o peso desse líquido. O prof Renato Brito pede para você marcar a opção correta:

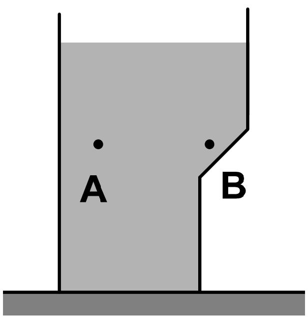
a) $P_A > P_B$ e $F > m.g$
b) $P_A = P_B$ e $F = m.g$
c) $P_A < P_B$ e $F = m.g$
d) $P_A = P_B$ e $F > m.g$
e) $P_A = P_B$ e $F < m.g$



Questão 02

A figura ilustra um recipiente contendo água em equilíbrio estático. Sejam P_A e P_B as pressões hidrostáticas (pela água apenas) respectivamente nos pontos A e B desse líquido, F a força que o líquido exerce internamente no fundo do recipiente e m.g o peso desse líquido. O prof Renato Brito pede para você marcar a opção correta:

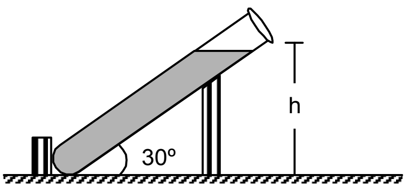
a) $P_A > P_B$ e $F > m.g$
b) $P_A = P_B$ e $F = m.g$
c) $P_A < P_B$ e $F = m.g$
d) $P_A = P_B$ e $F > m.g$
e) $P_A = P_B$ e $F < m.g$



Questão 03

O tubo da figura contém um líquido de massa específica μ e está fixo, formando 30º com a horizontal. A pressão exercida pelo líquido na face interna do fundo do recipiente, sendo g a aceleração da gravidade , vale:

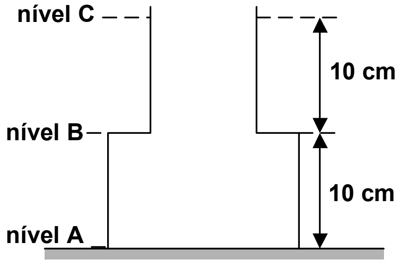
a) $2\ \mu gh$
b) μgh
c) $\mu gh / 2$
d) $\mu gh / 4$
e) $\mu gh / 6$



Questão 04

(UFRS) Observe a figura. A área da seção transversal na parte mais larga do recipiente é quatro vezes maior do que a da parte mais estreita. Quando o recipiente está cheio de água até o nível B, existe uma pressão hidrostática **p** no nível A. Acrescentando-se água até atingir o nível C, a pressão hidrostática no nível A passará a ser:

a) p / 2
b) 1,5 p
c) 2 p
d) 3 p
e) 4 p



Questão 05 -

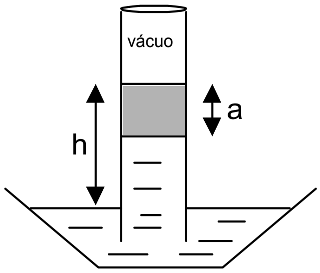
Se a experiência de Torricelli para a determinação da pressão atmosférica (p_o) fosse realizada com Cajuína em lugar de mercúrio, qual seria a altura da coluna de óleo medida no barômetro ? Desprezar a pressão exercida pelo vapor da cajuína e adotar, nos cálculos, $g = 9{,}81\ m/s^2$, $d_{Hg} = 13{,}6\ g/cm^3$, $d_{cajuína} = 0{,}625\ g/cm^3$)

a) 11 m b) 12,5 m c) 15 m d) 14,5 m e) 16 m

Questão 06 -

Numa região onde a pressão atmosférica vale 2 atm, foi realizada a famosa experiência de Torricelli. Entretanto, além do mercúrio, um líquido de densidade igual à metade da densidade do mercúrio foi adicionado, ocupando uma coluna de altura **a** = 64 cm. A altura **h**, então, vale:

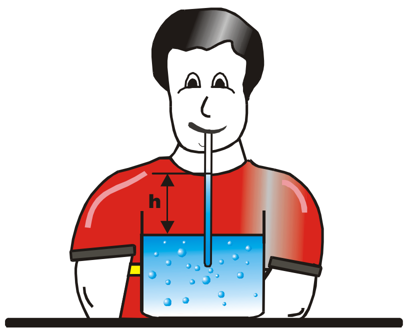
a) 152 cm b) 76 cm c) 92 cm d) 184 cm e) 140 cm



Dica: a pressão de 2 atm equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de altura 76 + 76 = 152 cm de altura em sua base.

Questão 07

Quando uma pessoa toma água de canudinho, o que faz o líquido subir através do canudo ?



a) a força de sucção que os pulmões da pessoa impõem ao líquido;
b) as forças de atração gravitacional entre o líquido e a boca da pessoa;
c) o fato de que o peso do líquido dentro do copo é maior que o

peso do líquido dentro do canudo;

d) a pressão no fundo copo é maior que a pressão na superfície do líquido;

e) durante a sucção, a pressão do ar dentro do canudo diminui, ficando menor que a pressão atmosférica. Assim, a pressão atmosférica pressiona a superfície do líquido que está fora do canudo para baixo, forçando-o a subir canudo acima.

Questão 8

Suponha que Juquinha deseje beber água num canudinho, numa cidade onde a pressão atmosférica vale 1 atm. Para que o líquido consiga subir até a boca do menino, através do canudo, a uma altura H = 20 cm acima da superfície livre do líquido, o garoto precisa fazer sucção, diminuindo a pressão do ar dentro do canudinho até pelo menos:

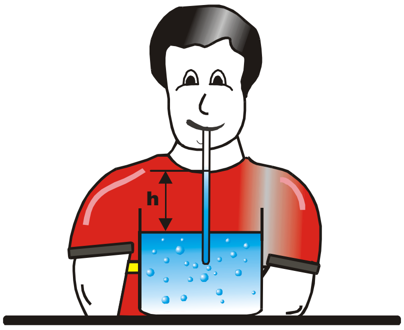
a) 0,99 atm

b) 0,98 atm

c) 0,96 atm

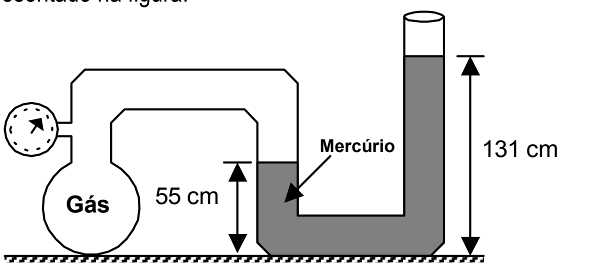
d) 0,94 atm

e) 0,92 atm



Questão 9

A medição da pressão atmosférica reinante no interior de um laboratório de Física foi realizada utilizando-se o dispositivo representado na figura:



Sabendo que a pressão exercida pelo gás, lida no medidor, é de 136 cmHg, determine o valor da pressão atmosférica no local.

Dica: veja Exemplo Resolvido 3, página 211

Questão 10 -

(Vunesp-SP) Emborca-se um tubo de ensaio numa vasilha com água, conforme a figura. Com respeito à pressão nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, qual das opções abaixo é válida?

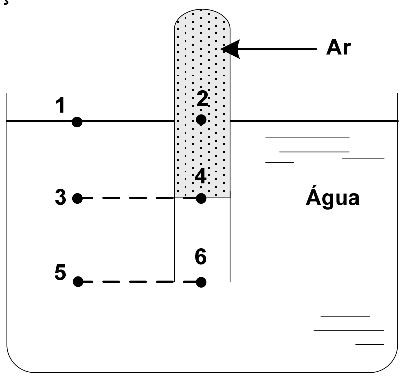
a) $p_1 = p_4$

b) $p_1 = p_6$

c) $p_5 = p_4$

d) $p_3 = p_2$

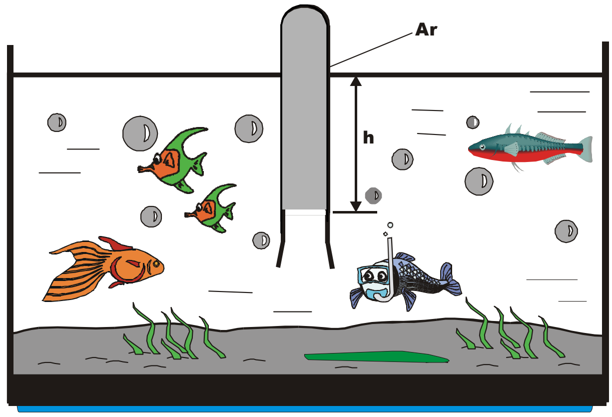
e) $p_3 = p_6$



Dica: Leia a seção 4 – A variação da Pressão no interior de um gás - página 208

Questão 11

Um longo tubo de vidro fechado em sua extremidade superior, é cuidadosamente mergulhado nas águas de um lago com seu eixo longitudinal coincidente com a direção vertical, conforme representa a figura.



No local, a pressão atmosférica vale $p_o = 1$ atm e adota-se $g = 10$ m/s². Se o nível de ar no interior do tubo se estende até uma profundidade h = 5 m, medida em relação à superfície livre do lago, qual é a pressão do ar contido no interior do tubo?

a) 1 atm b) 1,5 atm c) 2 atm d) 2,5 atm e) 3 atm

Dica: 1 atm equivale à pressão de 10m de água vertical, isso é melhor que usar Pcol = d.g.H, tudo no sistema internacional de unidades (eca!) ☺

Questão 12

(UF-PR) Em um manômetro de tubo aberto, a diferença de alturas entre as colunas de mercúrio é 38 cm. Sendo a experiência realizada ao nível do mar, pode-se afirmar que a pressão do gás é:

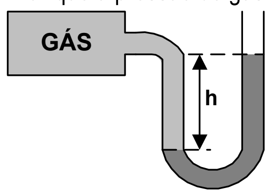
a) 0,50 atm

b) 1 atm

c) 1,5 atm

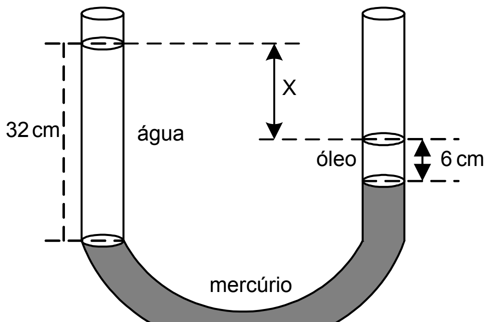
d) 1,9 atm

e) 3,8 atm



Questão 13 -

(UEL-PR) Um tubo em **U**, longo, aberto nas extremidades, contém mercúrio, de densidade 13,6 g/cm³. Em um dos ramos, coloca-se água, de densidade 1,0 g/cm³, até ocupar uma altura de 32 cm. No outro ramo coloca-se óleo, de densidade 0,8 g/cm³, que ocupa 6,0 cm de altura.



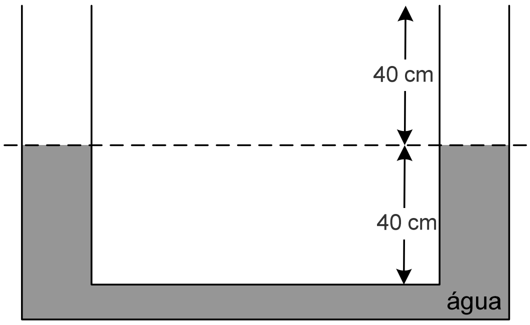
O desnível x entre as superfícies livres nos dois ramos, é de:

a) 38 cm b) 28 cm c) 24 cm d) 20 cm e) 15 cm

Questão 14

A figura mostra um tubo em U cuja secção transversal tem área constante A = 6 cm^2. O tubo contém, inicialmente água em equilíbrio ($d_{água}$ = 1 g/cm^3). Determine o máximo volume de óleo ($d_{óleo}$ = 0,8 g/cm^3) que pode ser colocado no ramo direito.

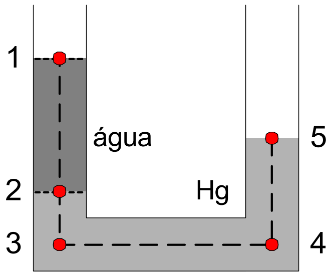
a) 200 cm^3 b) 260 cm^3 c) 380 cm^3 d) 400 cm^3

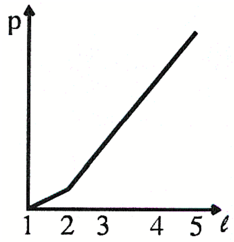


Dica: veja questão 9 de classe

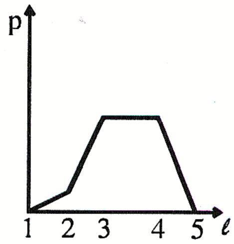
Questão 15

(CESGRANRIO-RJ) O tubo em U contém mercúrio e água como mostra a figura. Ambos os ramos estão abertos para a atmosfera. Qual dos gráficos propostos a seguir mostra como varia a pressão hidrostática p em função da posição e ao longo do caminho 1-2-3-4-5 ?

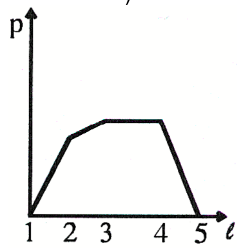




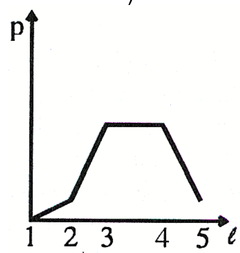
a)



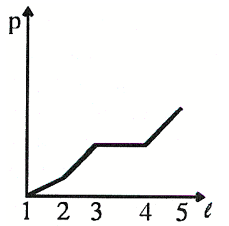
b)



c)



d)



e)

Dica: veja a questão 10 de classe

Questão 16

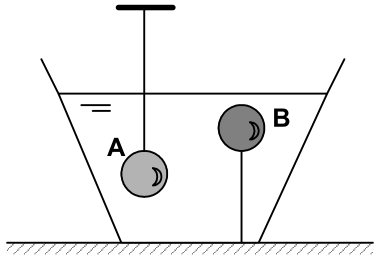
(UERJ) Duas esferas, A e B, de pesos P_A e P_B, de mesmo volume, de materiais distintos e presas a fios ideais, encontram-se flutuando em equilíbrio no interior de um vaso cheio de água, conforme o desenho. A força que o líquido exerce em A (empuxo) é F_A e a exercida em B é F_B. Sendo assim, as relações entre os pesos P_A e P_B e as forças F_A e F_B são:

a) $P_A > P_B$ e $F_A = F_B$

b) $P_A = P_B$ e $F_A = F_B$

c) $P_A > P_B$ e $F_A > F_B$

d) $P_A = P_B$ e $F_A > F_B$



Questão 17

(UNESP-SP) Três esferas maciças e mesmo tamanho, de isopor(1), alumínio(2) e chumbo(3), são depositadas num recipiente com água. A esfera 1 flutua, porque a massa específica do isopor é menor que a da água, mas as outras duas vão ao fundo (veja a figura) porque, embora a massa específica do alumínio seja menor do que a do chumbo, ambas são maiores que a massa específica da água.Se as intensidades dos empuxos exercidos pela água nas esferas forem, respectivamente E_1, E_2 e E_3, tem-se

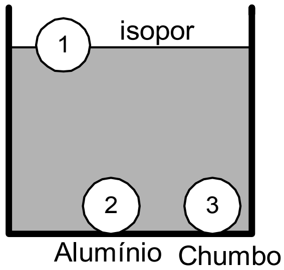
a) $E_1 = E_2 = E_3$

b) $E_1 < E_2 < E_3$

c) $E_1 > E_2 > E_3$

d) $E_1 < E_2 = E_3$

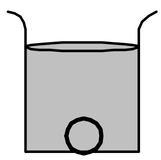
e) $E_1 = E_2 < E_3$



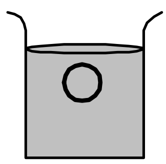
Questão 18

(UFPE) Uma esfera maciça é colocada dentro de um recipiente contendo água. A densidade da esfera é 0,8 g/cm^3. Qual das figuras representa a posição de equilíbrio?

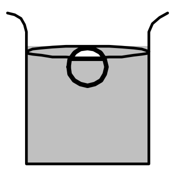
a)



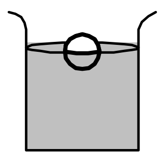
b)



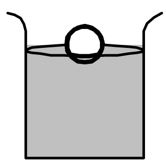
c)



d)



e)



Questão 19

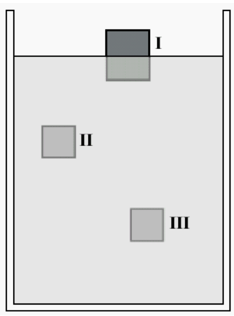
UFMG - Ana lança três caixas – **I** , **II** e **III** –, de mesma massa, dentro de um poço com água. Elas ficam em **equilíbrio** nas posições indicadas na figura dessa questão. Sejam E_I , E_{II} e E_{III} os módulos dos empuxos sobre, respectivamente, as caixas **I**, **II** e **III**. Com base nessas informações, é **CORRETO** afirmar que

a) $E_I > E_{II} > E_{III}$.

b) $E_I < E_{II} = E_{III}$.

c) $E_I = E_{II} = E_{III}$.

d) $E_I > E_{II} = E_{III}$.



Questão 20

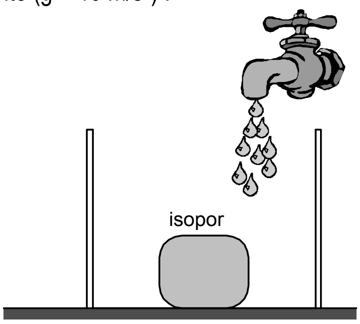
(ITA-SP) Um astronauta, antes de partir para uma viagem até a Lua, observa um copo de água contendo uma pedra de gelo e verifica que 9/10 do volume da pedra estão submersos na água. Como está de partida para a Lua, ele pensa em fazer a mesma experiência dentro da sua base na Lua. Sabendo que o valor da aceleração da gravidade na superfície da Lua é 1/6 do seu valor na Terra, qual seria a porcentagem do volume da pedra de gelo que estaria submersa no copo de água, na superfície da Lua?

a) 7% b) 15% c) 74% d) 90% e) 96%

Questão 21 -

A figura ilustra um bloco de isopor na forma de um cubo de aresta a = 4 cm em repouso no fundo de um recipiente vazio. Gradativamente, uma torneira vai derramando água no interior do recipiente. Se a densidade do isopor vale 0,4 g/cm³ , o prof Renato Brito pede para você determinar a partir de qual altura atingida pelo nível da água na parede o bloco de isopor perderá o contato com o fundo do recipiente (g = 10 m/s²) :

a) 1 cm
b) 1,4 cm
c) 1,6 cm
d) 2 cm
e) 2,4 cm



Questão 22

(UEL-PR) Uma esfera de massa 180 g é colocada num recipiente contendo um líquido de densidade 1,2 g/cm³. O volume da esfera é de 200 cm³. A densidade da esfera, em g/cm³, e o volume de líquido deslocado pela esfera, em cm³, valem, respectivamente:

a) 0,90 e 150.
b) 0,90 e 180.
c) 0,90 e 200.
d) 0,32 e 180.
e) 0,32 e 200.

Questão 23

(Unitau-SP) Um bloco cúbico de metal tem peso de 2 N e volume de 100 cm³. Se for mergulhado num líquido de densidade 0,8 g/cm³ num local onde g = 10 m/s², densidade do líquido, seu peso será, aparentemente, de:

a) 1,9 N b) 1,8 N c) 1,6 N d) 1,4 N e) 1,2 N

Questão 24

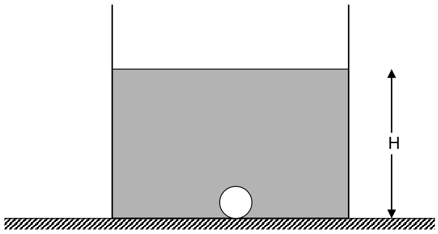
(UNIFOR-CE) Um corpo, constituído de um metal cuja densidade é 7,5 g/cm³, é abandonado no interior de um líquido de densidade 1,5 g/cm³. A aceleração que o corpo adquire no interior desse liquido, desprezando quaisquer atritos, vale, em m/s² :

a) 8 b) 6 c) 5 d) 4 e) 2

Dica: $F_R = P_{corpo} - E = m_{corpo} . a$, $m_{corpo} = d_{corpo}.V$

Questão 25

Uma esfera de isopor foi abandonada em repouso no fundo de um poço contendo água em equilíbrio. Desprezando o atrito viscoso, o tempo que a esfera leva para atingir a superfície da água depende de vários fatores, exceto:



a) da aceleração da gravidade
b) da altura H da água
c) da densidade da água
d) do volume da esfera
e) da densidade do isopor

Dica: use a idéia da questão anterior, fazendo literal, veja quem cancela.

Questão 26

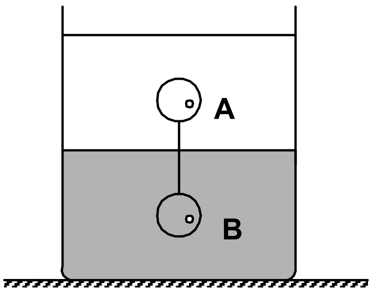
Uma das conseqüências interessantes da lei de Arquimedes é o chamado ***princípio da flutuação***, segundo o qual um navio bóia na água quando a quantidade de água deslocada por ele tem :

a) massa menor que a do navio
b) densidade menor que a do navio
c) peso igual ao do navio
d) volume igual ao do navio
e) cor igual à do navio ☺

Dica: veja página 217

Questão 27 -

(UNIP-SP) Na figura, as esferas maciças **A** e **B** estão ligadas por um fio ideal e o sistema está em equilíbrio. A esfera **A** está no interior de um líquido homogêneo de densidade 2d e a esfera **B** está no interior de outro líquido homogêneo de densidade 3d.



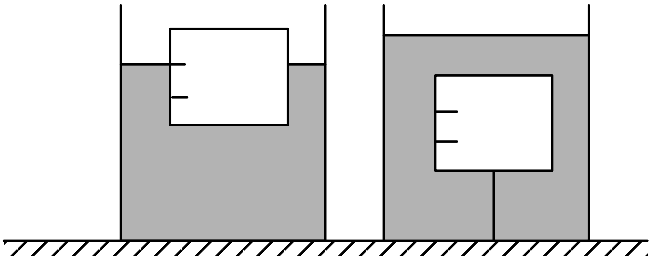
Sabendo que as esferas têm raios iguais e que a esfera **A** tem densidade **d**, podemos concluir que a densidade da esfera **B** vale:

a) d b) 2d c) 3d d) 4d e) 5d

Questão 28

Uma caixa de madeira de peso 40 N bóia num recipiente com líquido, com apenas 2/3 do seu volume imerso. Em seguida, a caixa é completamente mergulhada no líquido através de um fio ideal. A tração nesse fio vale:

a) 20 N b) 30N c) 45 N
d) 90 N e) 50N

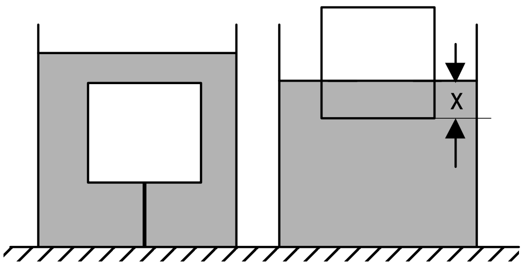


Questão 29 -

(UnB-DF) Um cubo pesa 100N e flutua num líquido com 80% do seu volume e submerso. Sobre a face superior, coloca-se um segundo cubo de modo que as faces em contato tangenciem a superfície do líquido. Determine o peso do segundo cubo.

Questão 30

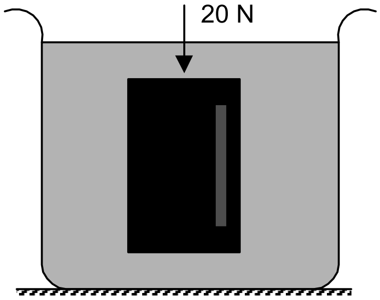
Um cubo de madeira de 30 cm de aresta e de peso P e encontra-se inicialmente preso ao fundo de uma piscina através de um fio submetido a uma tração T = 4.P. Cortando-se o fio, o bloco submerge e permanece em equilíbrio flutuando. Determine o valor da extensão x imersa.



a) 4 cm b) 5 cm c) 6 cm d) 8 cm e) 10 cm

Questão 31-

(UEL-PR) Um cilindro maciço é mantido totalmente imerso em um líquido mediante a aplicação de uma força vertical de intensidade 20 N, conforme mostra a figura:

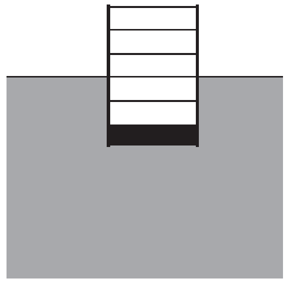


Quando abandonado, o cilindro flutua, ficando em equilíbrio com 1/3 do seu volume imerso. Nestas condições, o peso do cilindro, em newtons, vale:

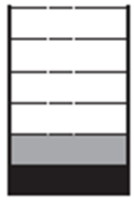
a) 5,0 b) 10 c) 15 d) 20 e) 25

Questão 32-

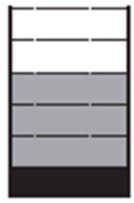
(FUVEST 2006) Um recipiente cilíndrico vazio flutua em um tanque de água com parte de seu volume submerso, como na figura.



Esse recipiente possui marcas igualmente espaçadas, paredes laterais de volume desprezível e um fundo grosso pesado. Quando o recipiente começa a ser preenchido com água lentamente, a altura máxima de a água pode atingir em seu interior, sem que ele afunde totalmente, é mais bem representada por:

a)


b)

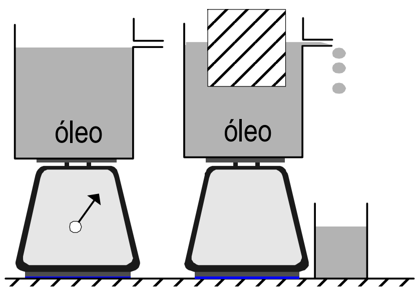

c)


d)


e)


Questão 33

A figura mostra um recipiente cheio de óleo (densidade 0,8 kg/ litro) sobre uma balança que registra um peso inicial de 200 kgf. Um bloco de madeira de 60 kg foi mergulhado nesse recipiente e o excesso de água foi recolhido por uma vasilha.



a) qual a nova marcação da balança após esse episódio ?
b) quantos litros de óleo foram derramados ?

Questão 34 – Simulado Turma Saúde 10 – UFC 2004 (imperdível !)

A figura mostra duas situações de *equilíbrio* de um pequeno cubo de alumínio, suspenso por um fio através de um dinamômetro calibrado em kgf. Inicialmente, o recipiente contém benzeno líquido até o nível do dreno lateral (figura 1), a leitura do dinamômetro acusa uma força de 16 kgf e a balança acusa uma marcação nula. Quando o cubo é completamente submerso (figura 2), o excesso do líquido é recolhido na balança, que passa a acusar um peso de 4 kgf. Assim, nessa situação, a tração T e o empuxo E que agem sobre o cubo valem, respectivamente:

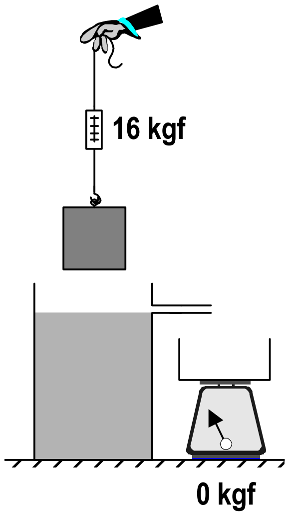


Figura 1

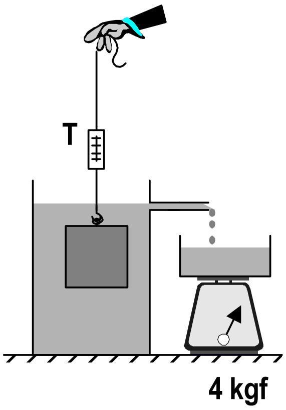


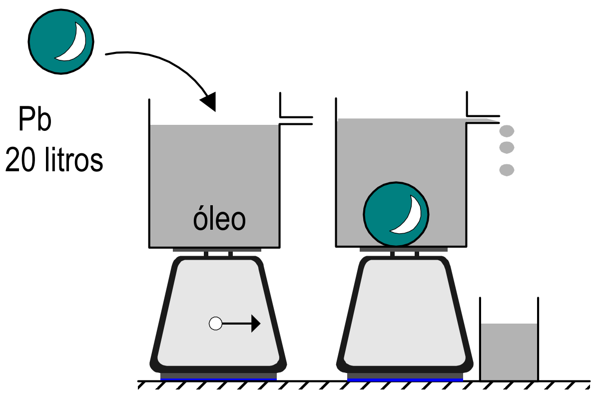
Figura 2

a) 8 kgf e 12 kgf b) 16 kgf e 4 kgf c) 4 kgf e 12 kgf
d) 12 kgf e 4 kgf e) 12 kgf e 8 kgf

Dica: autoteste 3, página 214

Questão 35

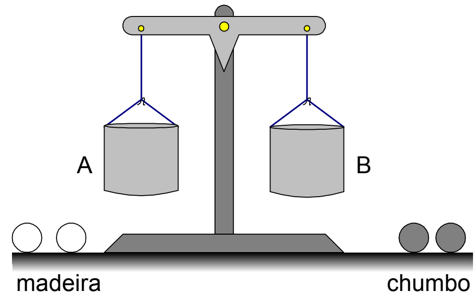
A figura mostra um recipiente cheio de óleo (densidade 0,8 kg/litro) uma balança que registra um peso inicial de 100 kgf. Uma esfera de chumbo (densidade 10 kg/litro) e volume 20 litros, foi mergulhada nesse recipiente e o excesso de óleo foi recolhido por uma vasilha.



a) qual a nova marcação da balança após esse episódio ?
b) quantos litros de óleo foram derramados ?
c) O empuxo que a bola sofre é igual ao peso do óleo deslocado ?
d) a variação na marcação da balança corresponde á força Normal que a bola exerce no fundo do recipiente ?

Questão 36 – Aulão de Véspera – Saúde 10 - 2005 -

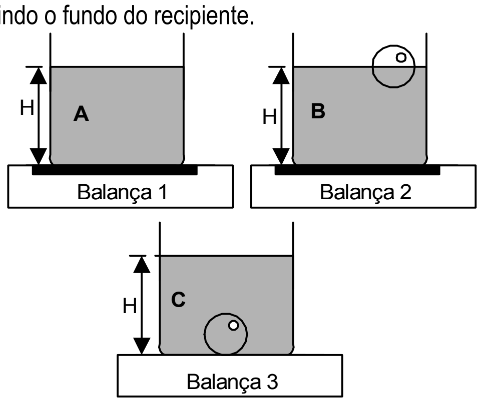
A figura ilustra uma balança fiel, de braços iguais, sustentando dois recipiente idênticos A e B completamente cheios de água até a borda, cada um. Nessa situação, a balança encontra-se em equilíbrio. Você dispõe de quatro esferas maciças de mesmo raio, sendo duas delas de madeira e duas delas de chumbo. Colocando-se cuidadosamente uma esfera de madeira no recipiente A e uma esfera de chumbo no recipiente B, percebe-se que a balança se desequilibra. A fim de restabelecer o equilíbrio inicial, fazendo uso de apenas mais uma esfera, basta que:



a) a segunda esfera de madeira seja adicionada ao recipiente A;
b) a segunda esfera de madeira seja adicionada ao recipiente B;
c) a segunda esfera de chumbo seja adicionada ao recipiente A;
d) a segunda esfera de chumbo seja adicionada ao recipiente B;
e) fazendo uso de apenas mais uma esfera, é impossível restabelecer o equilíbrio da balança.

Questão 37

(UNIP-SP) Considere três recipientes idênticos, contendo um mesmo líquido homogêneo, até a mesma altura **H**, colocados em cima de balanças idênticas em um plano horizontal. O recipiente **A** só contem líquido. O recipiente **B**, além do líquido contém uma esfera homogêneo que está em equilíbrio flutuando em sua superfície. O recipiente **C**, além do líquido, contém uma outra esfera homogênea que, por ser mais densa que o líquido, afundou comprimindo o fundo do recipiente.



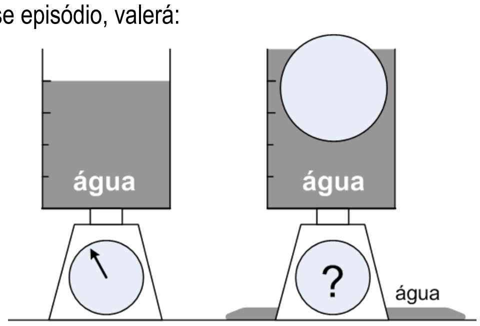
As balanças (1), (2) e (3), calibradas em newtons, indicam, respectivamente, F_1, F_2 e F_3.

a) $F_1 = F_2 = F_3$. b) $F_3 > F_2 > F_1$. c) $F_3 < F_2 < F_1$.
d) $F_1 = F_2 > F_3$. e) $F_1 = F_2 < F_3$.

Questão 38 – Simulado Turma Saúde 10 – (imperdível)

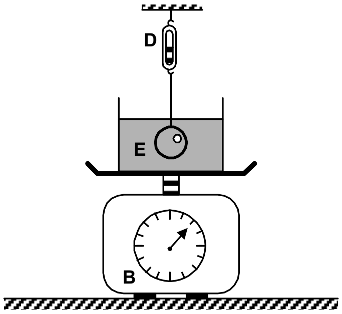
Um recipiente cilíndrico de massa desprezível, preenchido com água até 4/5 de sua capacidade, encontra-se sobre uma balança que marca inicialmente um peso igual a 12 kgf. Em seguida, uma esfera de poliuretano é lentamente imersa nesse recipiente, até boiar em equilíbrio parcialmente imersa, acarretando o derramamento de 1000 ml de água. A nova marcação da balança, após esse episódio, valerá:

a) 15 kgf
b) 14 kgf
c) 13 kgf
d) 12 kgf
e) 16 kgf



Questão 39 -

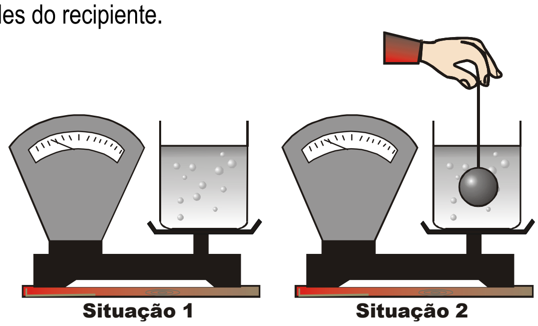
Na montagem experimental a seguir, o dinamômetro **D** e a balança **B** têm escalas calibradas em kgf. No local, a gravidade é normal. A esfera **E**, de 20 kg de massa e volume igual a 2,40 litros, encontra-se em equilíbrio totalmente imersa na água. A esfera, inicialmente sustentada pelo fio ideal, não toca as paredes do frasco. Sabendo que o peso do conjunto frasco-água vale 40 kgf:



a) determine as indicações de **D** e de **B**;
b) calcule a nova indicação de **B**, supondo que o fio que sustenta **E** seja cortado (admita **E** em repouso no fundo do frasco).

Questão 40

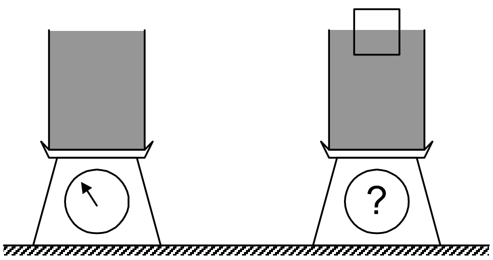
Na situação 1 da figura a seguir, tem-se um recipiente com água em equilíbrio, sobre o prato de uma balança que, nessas condições, indica 80N. Na situação 2, uma esfera de chumbo de 2.10^2 cm^3 de volume é totalmente imersa na água, permanecendo suspensa por um fio de espessura desprezível sem contactar as paredes do recipiente.



Sabendo que a densidade da água vale 1 g/cm^3 e que g = 10 m/s^2, determine a indicação da balança no caso da situação 2.

Questão 41

A figura mostra uma vasilha contendo água até a borda, sobre uma balança. Nessa situação o prof Renato Brito percebeu que a balança registra um peso P_1 . Um bloco de madeira, de peso P_2 é colocado nesta vasilha e flutua parcialmente submerso derramando água. Com base nessas afirmações, é correto afirmar que a balança, nessa nova situação :



a) registrará um peso $P_1 + P_2$
b) registrará um peso P_1
c) registrará um peso maior que P_1 e menor que $P_1 + P_2$
d) registrará um peso menor que P_1
e) registrará um peso $2.P_1$

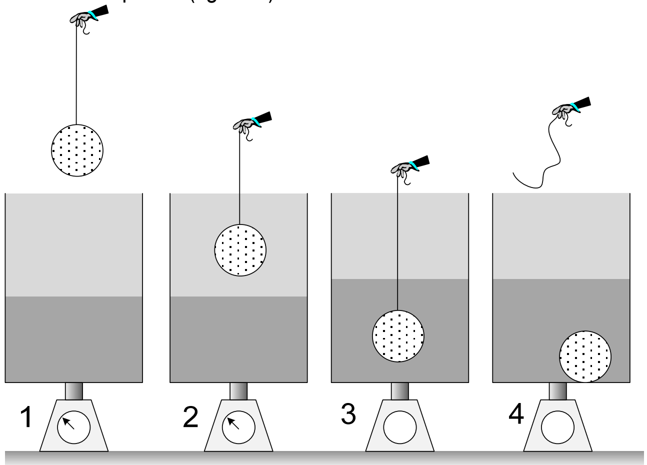
Questão 42

Se, na questão anterior, ao invés do bloco de madeira, tivéssemos colocado um bloco de ferro de peso P_2 , nessa situação a balança:

a) registraria um peso $P_1 + P_2$
b) registraria um peso P_1
c) registraria um peso maior que P_1 e menor que $P_1 + P_2$
d) registraria um peso menor que P_1
e) registrará um peso $2.P_1$

Questão 43 - (Aulão de Véspera – Saúde 10 - 2007)

Seja um recipiente (de massa desprezível) completamente preenchido com água e óleo (figura 1) sobre uma balança que inicialmente acusa um peso 10 kgf. Uma bola de ferro maciça de volume 1 litro, presa a um fio, é sucessivamente posicionada em equilíbrio no interior do óleo (figura 2) e na água (figura 3). Em seguida, com o rompimento do fio, a esfera passa a repousar no fundo do recipiente (figura 4).



A tabela abaixo fornece a massa específicas das substâncias:

Substância	Massa específica
água líquida	1 g/cm^3
Óleo	0,8 g/cm^3
Ferro	8 g/cm^3

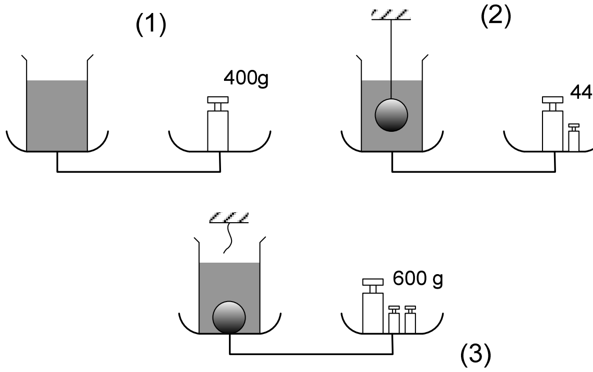
As marcações da balança, nas figuras 2, 3 e 4, valem, respectivamente:

a) 10,8 kgf, 11 kgf e 18 kgf
b) 10 kgf, 11 kgf e 18 kgf
c) 10,8 kgf, 11 kgf e 17,2 kgf
d) 10 kgf, 10,2 kgf e 17,2 kgf
e) 10 kgf, 10,2 kgf e 18 kgf

Dica: veja Exemplo Resolvido 9, página 224

Questão 44 - - (Simuladão Saúde 10 2007 – imperdível)

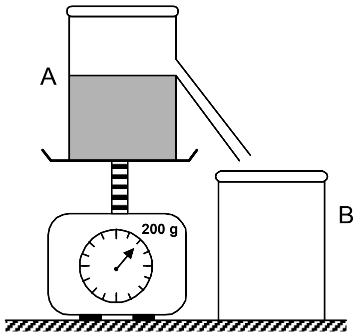
Na seqüência de figuras, estão representadas três fases sucessivas de uma experiência para determinar a densidade de um sólido. Dispõe-se de uma balança de braços iguais, com massas aferidas, um vaso com água e o sólido atado a um fio. Sabendo que a densidade da água vale é 1 g/cm^3 , a densidade do sólido vale:



a) 2,0 g/cm^3 b) 3,0 g/cm^3 c) 4,0 g/cm^3
d) 4,5 g/cm^3 e) 5,0 g/cm^3

Questão 45

(PUC-SP) Considere a figura a seguir onde **A**, contendo água até a altura de uma abertura lateral, encontra-se sobre o prato de uma balança que indica 200 g.

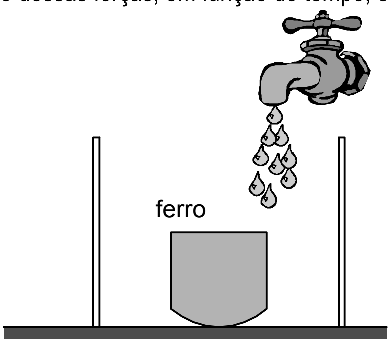


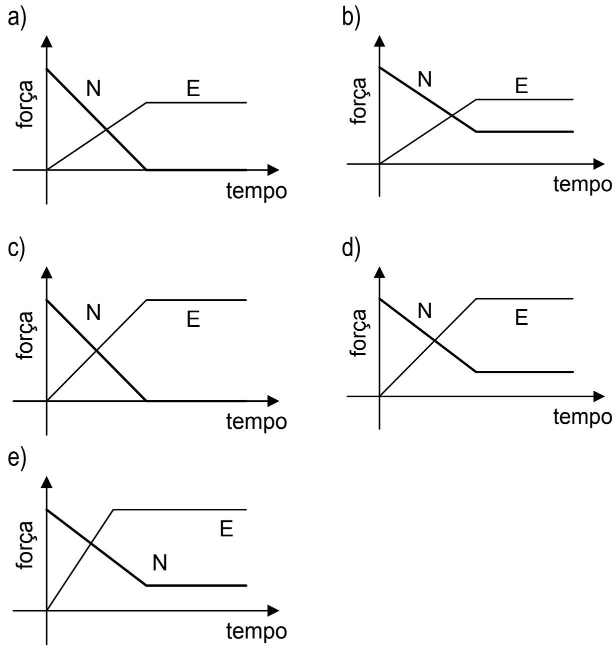
Um corpo, de massa igual a 60 g e 80 cm^3 de volume, é abandonado cuidadosamente na superfície da água. Considere a densidade da água a 1 g/cm^3. Após o sistema entrar novamente em equilíbrio, o volume de água que passa para o recipiente B e a leitura da balança serão respectivamente:

a) 80 cm^3 , 280 g
b) 80 cm^3 , 260 g
c) 80 cm^3 , 200 g
d) 60 cm^3 , 260 g
e) 60 cm^3 , 200 g

Questão 46

A figura ilustra um bloco de ferro em repouso no fundo de um tanque inicialmente vazio num local onde a gravidade vale g. Uma torneira foi aberta e está, gradativamente enchendo o tanque com água. Seja F força que o bloco de ferro exerce sobre o fundo do recipiente e E o empuxo que a água exerce sobre o bloco de ferro, o gráfico que melhor representa o comportamento dessas forças, em função do tempo, é:

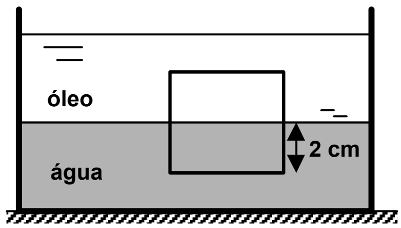




Questão 47

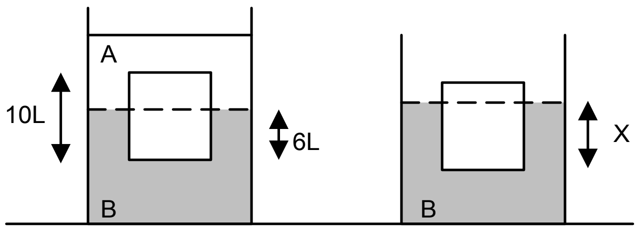
(UNIFOR) Um bloco cúbico de madeira, com 10 cm de aresta, está mergulhado no óleo e na água. A altura imersa na água é de 2 cm. A densidade do óleo é 0,80 g/cm^3. Qual a densidade da madeira, em g/cm^3 ?

a) 0,80
b) 0,84
c) 0,90
d) 0,94



Questão 48

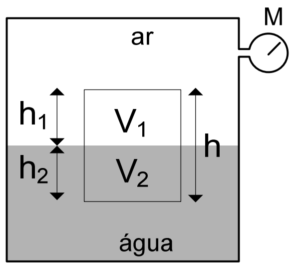
Um bloco de vinil de altura 10**L**, imerso numa mistura heterogênea de dois líquidos **A** e **B**, de densidades 3**d** e 4**d**, flutua em equilíbrio na interface, como no esquema. o professor Renato Brito pede para você determinar quanto valerá o comprimento X se toda a fase menos densa for retirada :



a) 10L b) 9L c) 8L d) 7L e) 6 L

Questão 49

Dentro de um recipiente cilíndrico há um corpo boiando em equilíbrio na fronteira de separação entre a água e o ar comprimido existente em seu interior. O manômetro registra uma pressão inicial P = 2 atm. Se uma válvula for aberta permitindo vazamento de ar até que a pressão interna caia para 1 atm, o que ocorrerá às alturas h_1 e h_2 ? Aumentam, diminuem ou permanecem constantes ?



Dica: veja Exemplo Resolvido 6, página 219

Questão 50

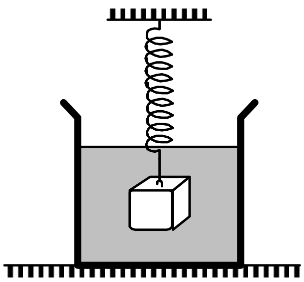
(ITA 2002) Um pedaço de gelo flutua em equilíbrio térmico com uma certa quantidade de água depositada em um baldo. À medida que o gelo derrete, podemos afirmar que:

a) o nível da água no balde aumenta, pois haverá uma queda de temperatura
b) o nível da água no balde diminui, pois haverá uma queda de temperatura
c) o nível da água no balde aumenta, pois a densidade da água é maior que a do gelo;
d) o nível da água no balde diminui, pois a densidade da água é maior que a do gelo;
e) o nível da água do balde não se altera.

Dica: veja Exemplo Resolvido 8 na página 221

Questão 51 -

Um cubo de gelo a 0ºC, preso a uma mola, é totalmente imerso num recipiente com água a 25ºC, conforme representa a figura. À medida que o gelo for se fundindo, podemos afirmar que:

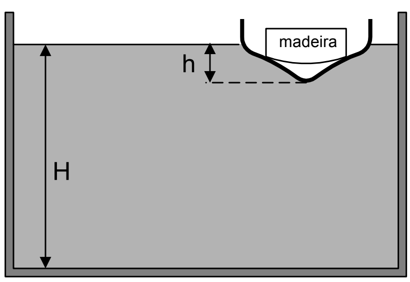


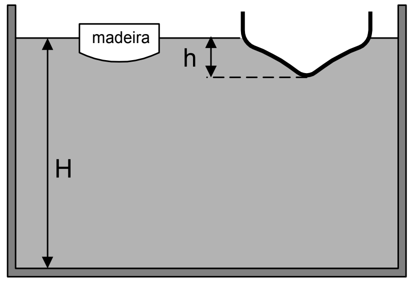
a) o comprimento da mola permanecerá constante.
b) o comprimento da mola irá aumentado.
c) o comprimento da mola irá diminuindo.
d) o nível livre da água no recipiente permanecerá inalterado.
e) o nível livre da água no recipiente irá subindo.

Dica: a mola está inicialmente comprimida ou elongada ? Ou seja, o gelo, inicialmente, está tentando subir ou descer contra a vontade da mola ?

Questão 52

O prof Renato Brito conta que um navio flutua com um bloco de madeira em seu interior. Retirando-se o bloco de madeira e abandonando-o em equilíbrio sobre a superfície da água, o nível da água H aumentará, diminuirá ou permanecerá inalterado ? E o nível h do barco ?

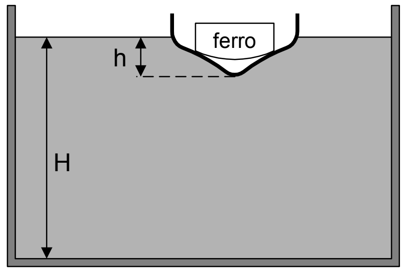


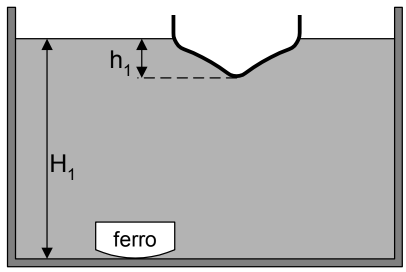


Dica: veja Exemplo Resolvido 8 na página 221

Questão 53

O prof Renato Brito conta que um navio flutua com um bloco de ferro em seu interior. Retirando-se o bloco de ferro e abandonando-o em equilíbrio sobre a superfície da água, o nível da água H aumentará, diminuirá ou permanecerá inalterado ? E o nível h do barco ? A superfície do bloco não é plana.

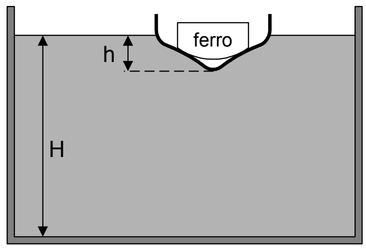


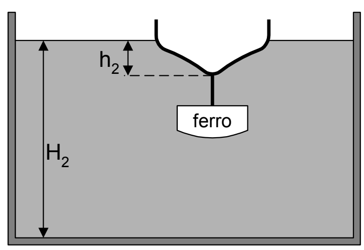


Dica: veja Exemplo Resolvido 8 na página 221

Questão 54

O prof Renato Brito conta que um navio flutua com um bloco de ferro em seu interior. Retirando-se o bloco de ferro e abandonando-o e amarrando-o ao casco do barco através de um fio de nylon ideal, o nível da água H aumentará, diminuirá ou permanecerá inalterado ? E o nível h do barco ?





Dica: veja Exemplo Resolvido 8 na página 221

Questão 55 - Aulão de Véspera – Saúde 10 - 2003 **(imperdível)**

Sobre o Princípio de Arquimedes, considere as seguintes afirmações:

I. Um enorme bloco de gelo está a boiar num recipiente com água (figura 1). Sobre ele repousa um bloco de madeira maciça (de densidade inferior à da água). Quando todo o gelo derreter, a madeira passará a boiar em equilíbrio na superfície da água, cujo **nível** vertical, em relação ao fundo do recipiente, **permanecerá inalterado**.

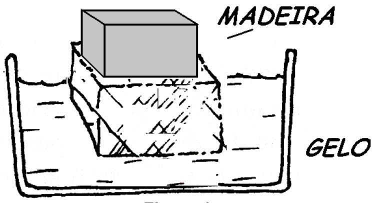


Figura 1

II. Um enorme bloco de gelo está a boiar num recipiente com água, sem tocar o seu fundo (figura 2). Uma pesada bola de chumbo encontra-se aprisionada no bloco de gelo. Quando todo o gelo derreter, a esfera de chumbo irá cair e repousar no fundo do recipiente e o **nível vertical da água**, em relação ao fundo do recipiente, **estará abaixo do nível inicial**.

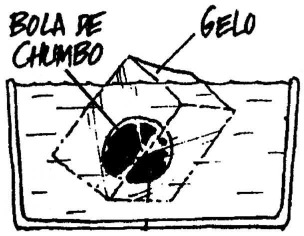


Figura 2

III. Uma balança fiel, de braços iguais, está suportando duas banheiras gigantes idênticas, completamente preenchidas com água, uma em cada prato. Estando o sistema inicialmente equilibrado, um enorme transatlântico é lentamente colocado na banheira direita até que flutue em equilíbrio na superfície da água (figura 3), extravasando parte dela, sem tocar o fundo do recipiente. Apesar do enorme peso do barco, a balança permanecerá equilibrada horizontalmente, visto que **uma banheira cheia até a borda pesa o mesmo que uma banheira dágua cheia até a borda contendo um transatlântico boiando em seu interior.**

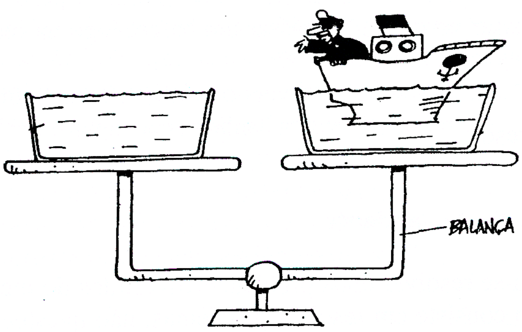


Figura 3

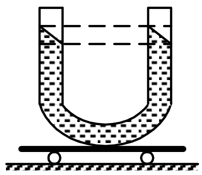
Pode-se afirmar que:
a) apenas I está correta
b) apenas II está correta
c) apenas III está correta
d) apenas II está errada
e) todas estão corretas

Dica: veja Exemplo Resolvido 8 na página 221

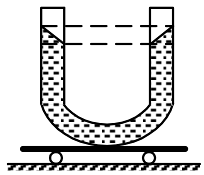
Questão 56

(Fuvest-SP) Um tubo na forma de **U**, parcialmente cheio de água, está montado sobre um carrinho que pode mover-se sobre trilhos horizontais e retilíneos. Quando o carrinho se move com aceleração constante para a direita, a figura que melhor representa do líquido é:

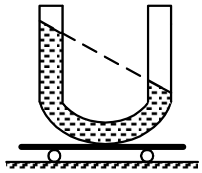
a)



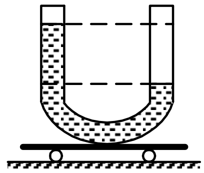
d)



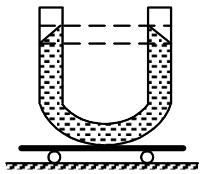
b)



e)



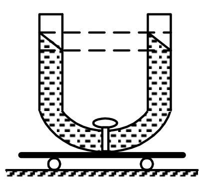
c)



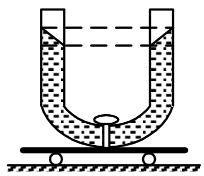
Questão 57

Um tubo na forma de **U**, parcialmente cheio de água, está montado sobre um carrinho que pode mover-se sobre trilhos horizontais e retilíneos. Estando o carrinho em repouso, a torneira que controla o fluxo de água entre as partes do tubo é totalmente fechada. Quando o carrinho se move com aceleração constante para a direita, a figura que melhor representa do líquido é:

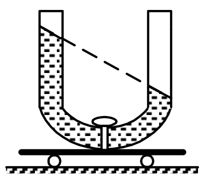
a)



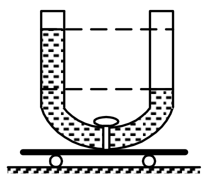
d)



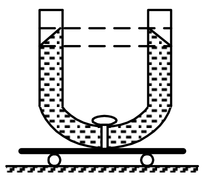
b)



e)



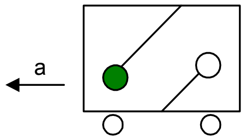
c)



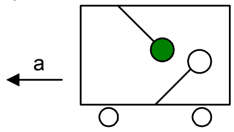
Questão 58

(UECE) Utilizando fios ideais, uma esfera de ferro e uma bexiga de gás hélio foram amarradas, respectivamente, ao teto e ao chão de uma locomotiva que se desloca em movimento retilíneo. Subitamente, o maquinista aciona os freios e a locomotiva passa a se deslocar em movimento retardado.

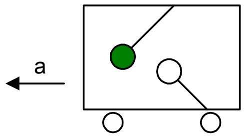
a)



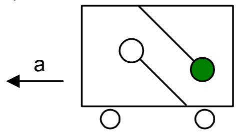
b)



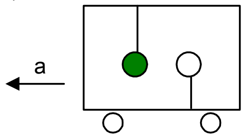
c)



d)

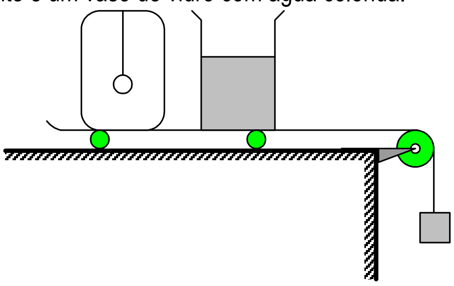


e)



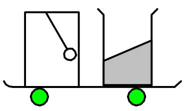
Questão 59

(UECE) O carrinho mostrado n afigura abaixo pode rolar sobre trilhos horizontais, quando acionado pelo peso do corpo K pendente de um fio ligado carrinho. São irrelevantes os atritos. O carrinho contém um pequeno pêndulo encerrado em uma caixa transparente e um vaso de vidro com água colorida.

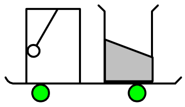


Inicialmente o carrinho está em repouso. Se o corpo K é liberado, a configuração mais provável das posições do pêndulo e da superfície da água, é a representada em:

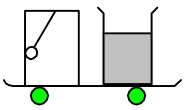
a)



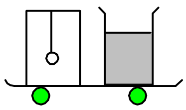
c)



b)

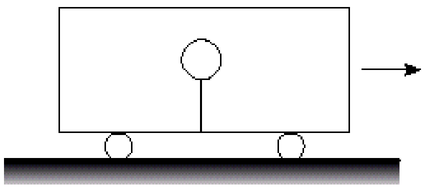


d)



Questão 60

(ITA 2003) Um balão contendo gás hélio foi fixado, por meio de um fio leve, ao piso de um vagão completamente fechado. O fio permanece na vertical enquanto o vagão se movimenta com velocidade constante, como mostra a figura. Se o vagão é acelerado para frente, pode-se afirmar que, em relação a ele, o balão:

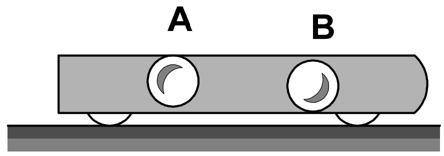


a) se movimenta para trás e a tração no fio aumenta.
b) se movimenta para trás e a tração no fio não muda.
c) se movimenta para frente e a tração no fio aumenta.
d) se movimenta para frente e a tração no fio não muda.
e) permanece na posição vertical.

Dica: veja figura 61, página 226

Questão 61

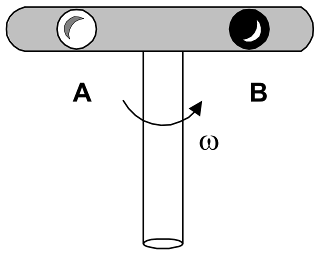
A figura ilustra um tubo de vidro totalmente vedado, completamente preenchido com um líquido de densidade **d.** inicialmente em repouso. Em seu interior, foram colocadas duas bolas A e B, de densidades respectivamente iguais a d_A e d_B tais que $d_A < d < d_B$. Quando o tubo passar a se mover para a direita com aceleração a, pode-se afirmar que:



a) a bola A se moverá para a esquerda e a bola B se moverá para a direita, em relação ao tubo;
b) a bola B se moverá para a esquerda e a bola A se moverá para a direita, em relação ao tubo;
c) ambas as bolas se moverão para a esquerda, em relação ao tubo;
d) ambas as bolas se moverão para a direita, em relação ao tubo;
e) as bolas permanecerão em repouso em relação ao tubo.

Questão 62

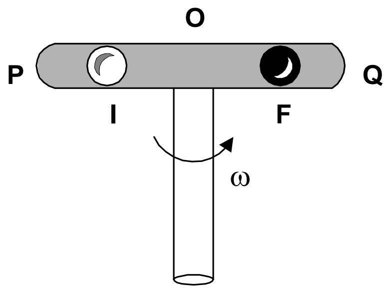
A figura ilustra um tubo de vidro totalmente vedado, completamente preenchido com um líquido de densidade **d.** inicialmente em repouso. Em seu interior, foram colocadas duas bolas A e B, de densidades respectivamente iguais a d_A e d_B tais que $d_A > d$ e $d_B > d$. Quando o tubo passa a girar com velocidade angular ω constante em torno do seu eixo central, pode-se afirmar que:



a) ambas as bolas se movem em direção ao centro do tubo;
b) ambas as bolas se movem se afastando do centro do tubo;
c) a bola B se move em direção ao centro, enquanto a bola A se move se afastando do centro;
d) a bola A se move em direção ao centro, enquanto a bola B se move se afastando do centro;
e) como o tubo gira com velocidade angular constante, ambas as molas permanecem em repouso em relação ao tubo.

Questão 63

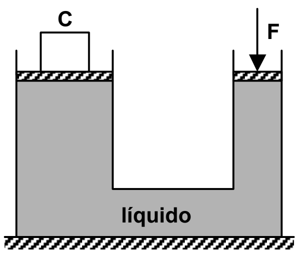
(UFC 2001) - Duas esferas maciças, I (feita de isopor, densidade igual a 0,1 g/cm^3) e F (feita de ferro, densidade igual a 7,8 g/cm^3), respectivamente, estão em repouso dentro de um cilindro reto, cheio de mercúrio (densidade: 13,6 g/cm^3). As esferas podem se mover dentro do mercúrio. O cilindro é posto a girar em torno de um eixo vertical que passa pelo seu centro (veja figura ao lado). A rotação fará com que as esferas:



a) se desloquem ambas para o ponto O
b) permaneçam em suas posições iniciais
c) se desloquem para P e Q, respectivamente
d) se desloquem para P e O,respectivamente
e) se desloquem para O e Q, respectivamente

Questão 64

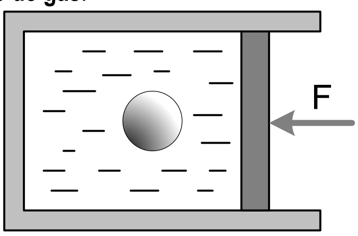
(PUC-SP) A figura esquematiza uma prensa hidráulica. Uma força **F** é exercida no pistão de área **S**, para se erguer uma carga **C** no pistão maior de área 5S. Em relação a **F**, qual a intensidade da força que é aplicada no pistão de maior área?



a) $\frac{1F}{25}$
b) $\frac{1F}{5}$
c) 4F
d) 5F
e) 25F

Questão 65

(CEFET 2006) Um balão esférico, que é feito de material flexível e que contém um **gás** em seu interior, encontra-se em equilíbrio completamente imerso em um líquido homogêneo que preenche o tubo cilíndrico. Comprimindo-se ainda mais o sistema, mediante a aplicação de uma força horizontal F ao pistão móvel, conforme a figura, o balão **de gás**:



a) acelera para a esquerda
b) acelera para a direita
c) acelera para cima
d) acelera para baixo
e) permanecerá em equilíbrio

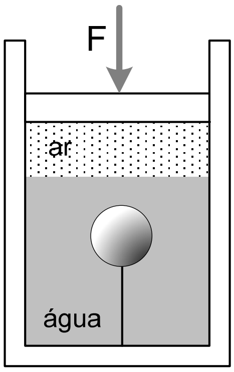
Dicas (perguntas chaves):

1) com a aplicação da força F, o que ocorre à pressão do gás no interior do balão ?
2) e com o volume do balão de gás ? (sólidos e líquidos são incompressíveis, ao contrário dos gases.)
3) com a mudança do volume do balão (vsub), o empuxo E↑ que age no balão aumentará ou diminuirá de valor ?
4) e o peso P↓ do balão ?
5) assim, o balão acelera para cima ou para baixo ?

Questão 66

A figura mostra um cilindro, dotado de um êmbolo móvel, contendo água e ar no seu interior. Mergulhado na água, temos um pequeno balão de aniversário (balão de gás) preso ao fundo do cilindro através de um fio ideal. Se uma força F for aplicada ao êmbolo conforme a figura abaixo, quais mudanças ocorrerão nesse sistema ? Some as corretas:

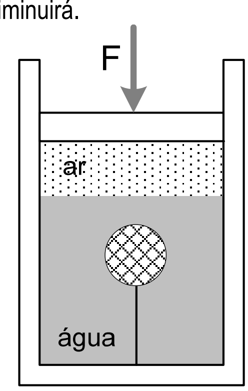
01) a pressão do ar aumentará;
02) a pressão sobre a superfície do balão de gás aumentará em todos os seus pontos;
04) o volume do balão de gás diminuirá;
08) o empuxo que age no balão de gás diminuirá;
16) a tração no fio diminuirá.



Questão 67

A figura mostra um cilindro, dotado de um êmbolo móvel, contendo água e ar no seu interior. Mergulhado na água, temos uma pequena bola de isopor maciça presa ao fundo do cilindro através de um fio ideal. Se uma força F for aplicada ao êmbolo conforme a figura abaixo, quais mudanças ocorrerão nesse sistema ? Some as corretas:

01) a pressão do ar aumentará;
02) a pressão sobre a superfície da bola de isopor aumentará em todos os seus pontos;
04) o volume da bola de isopor diminuirá;
08) o empuxo que age na bola de isopor diminuirá;
16) a tração no fio diminuirá.



Gabarito Comentado

Anual 2010

Prof Renato Brito

Gabarito Comentado
Exercícios de Casa

Capítulo 1 - Vetores

1) a) 2 , b) $\sqrt{2}$, c) 4, d) 2
2) D
3) D
4) C
5) a) 3a, b) 2a, c) nula
6) B
7) B
8) é só decompor ☺ , s = 16, d = 12
9) B
10) a) $\rightarrow$ 2, b) $\rightarrow 2\sqrt{3}$, c) nulo, d) $\uparrow 2\sqrt{2}$
11) a) 5 b) 13
12) a) N = P. cosα = 160N
    b) Fat = P. senα = 120N
13) 60°
14) a) 5 , b) 6
15) a) 5 , b) 6
16) 5 m/s
17) D
18) b) ↗ 10, c) ↘ $10\sqrt{2}$
19) a) 5 , b) 5, c) 5
20) D
21) A
22) A

Capítulo 2 - De Aristóteles A Galileu

1) a) equilíbrio
   b) MRU, equilíbrio
   c) não equilíbrio
   d) equilíbrio
   e) não equilíbrio
   f) MRU, equilíbrio
   g) actp, não equilíbrio
   h) não equilíbrio
   i) força peso, não equilíbrio
   j) actp, não equilíbrio
   k) velocidade escalar constante significa |v| = constante mas, e quanto á direção da velocidade ? Não temos certeza se é um MRU ou não. Nada se pode afirmar.
   l) uniforme e retilíneo ? ou curvilíneo ? Nada se pode afirmar
   m) MRU ou não ? nada se pode afirmar
   n) equilíbrio
   o) MRU, equilíbrio.
2) Não, visto que a velocidade (grandeza vetorial) não é constante durante o movimento. Afinal, a direção da velocidade está sempre variando durante qualquer movimento não retilíneo e toda variação de velocidade implica uma aceleração. A aceleração centrípeta (grandeza vetorial) também varia durante todo o MCU, visto que sua direção vai se adaptando, em cada ponto da trajetória, de forma a sempre apontar para o centro da curva.
3) Durante a oscilação do pêndulo, ele nunca estará em equilíbrio, pois a resultante entre as duas únicas forças que agem sobre o corpo (a tração T e o peso P) nunca será nula. Afinal, em nenhum momento essas forças terão a mesma direção, o mesmo valor e sentidos contrários. Mesmo no ponto mais baixo da oscilação, onde elas têm a mesma direção e sentidos contrários, tem-se T > P, já que a resultante delas é centrípeta naquele ponto. Para estar em repouso, sua velocidade precisa ser nula, o que ocorre nos dois extremos da oscilação. Nesses pontos, o corpo encontra-se momentaneamente em repouso (V=0), embora não esteja em equilíbrio ($F_R \neq 0$).
4) a) sim, o MRU é um dos dois possíveis estados de equilíbrio. b) F_R = 0, a caixa move-se em equilíbrio portanto Fat = P.senα = 20 N, adicionalmente tem-se N = P.cosα.
5) letra E, F_R para baixo $\downarrow$ causa aceleração para baixo $\downarrow$a.
6) a) Aristóteles desconhece a inércia. Para ele, a pedra cai verticalmente em relação à terra, à medida que o navio continua se movendo para frente, caindo portanto atrás do mastro.
   b) Galileu conhece a inércia. Para ele, navio e pedra prosseguem se movendo juntos para a frente horizontalmente para a frente, à medida que a pedra também vai caindo vertical e, portanto, cai no pé do mastro.
   c) conceito de inércia.
7) a) Somente uma, a força peso;
   b) A aceleração em cada instante será a da gravidade a = g$\downarrow$ vertical e para baixo;
   c) A bola está indo para onde aponta o vetor velocidade, ou seja, para a direita.
8) a) F b) V c) F d)V e) V f) F g) V
9) Resposta da pergunta: nula, portanto, letra D, viu, Aristóleles ? Não haverá atrito entre os blocos, visto que não há tendência de escorregamento relativo entre eles. Os blocos já estão se movendo com a mesma velocidade V em relação à terra e, portanto, estão parados entre si, se movem por inércia. MRU é um movimento que se mantém mesmo na ausência de forças. Só haveria atrito se A estivesse acelerada. Adicionalmente, lembre-se que velocidade não é força.
10) a) incompatível, $F_R \rightarrow$ implica aceleração$\rightarrow$
    b) compatível
    c) compatível
    d) F_R = 0, o corpo pode estar em MRU sim – compatível
    e) incompatível, o corpo está se movendo para aponta a sua velocidade, ou seja, para a direita.
    f) compatível – o corpo está indo para a direita embora esteja retardando
11) E
12) a) V b) F c) F d) V e) V f) V g) V
    h) F i) F j) V k) F l) F m) V
13) a) V b) V c) NPA d) NPA e) F f) V g) V
    h) F i) F j) V k) V l) V m) V
    n) F o) V
14) D, equilíbrio pois as massas são iguais, nenhum blocos tende a acelerar nem para cima nem para baixo, aceleração nula, força resultante nula (T = m.g). Os blocos podem estar parados ou em MRU. A letra C não tem nada a ver. Em qualquer posição que os blocos forem abandonados em repouso, eles permanecerão em repouso, visto que teremos T = m.g em qualquer um deles, em qualquer posição.
15) Como $M_A > M_B$, A tem aceleração para baixo, B tem aceleração para cima, ainda que nada se possa afirmar sobre suas velocidades. O peso do bloco A certamente é maior que a tração no fio 1, visto que A tem aceleração para baixo. Isso independe de A estar subindo V$\uparrow$ ou descendo V$\downarrow$, resposta Letra E

8) Letra B, Lembre-se: Escreva uma ÚNICA equação, não divida a resolução em duas etapas sem necessidade. Princípio do trabalho total:
$T_{total} = T_{peso} + T_{normal} + T_{fat} = EcF - Eci$, de onde vem $(+m.g.H) + (0) + (-.\mu.m.g.D) = 0 - 0$, usando o principio da trajetória alternativa.
9) pára no ponto C, use o princípio do trabalho das forças não-conservativas. O trabalho do Fat so levam em conta a distância total percorrida no trecho horizontal visto que as paredes são lisas.
10) $T_{total} = T_{peso} + T_{normal} + T_{fat} = EcF - Eci$
$(+m.g.H) + (0) + (-.\mu.m.g.D) = 0 - m.v^2 / 2$
resp: letra C
11) 1 m
12) B, veja exercício de aprendizagem 6
13) $T_{FNC} = EmecF - Emec\ i$
$T_{Fat} + T_{normal} = (m.v^2 / 2) - (m.g.h)$
resp: letra C
14) E, use conservação de energia
15) B, 1º passo: ache V_o por conservação de energia, 2º passo diga que $Vy = V_o.\cos\alpha$
16) B, use conservação de energia
17) B, use conservação de energia
18) letra D, note que a letra B viola a conservação de energia.
19) 10 m/s, use conservação de energia ☺
20) B
21) C
22) B, use conservação de energia
23) a) $v = \sqrt{g.L}$, b) T = 2.mg , c) a = actp = V^2/R = g, vertical, apontando para cima (actp).
24) C
25) A
26) calcule V lá em cima por conservação de energia e depois use $T + P = m.v^2 / R$, resp: Letra B
27) B
28) D
29) B
30) C
31) D
32) 0,9 m
33) 9,2 m
34) a) 40 m, b) 600 N/m
35) $T_{FNC} = EmecF - Emec\ i$
$T_{Fat} = m.v^2 / 2 - m.g.H = -480$ J
Resp: –480 J
36) a) –2000 J , b) 0 J pois $T_{total} = EcF - Eci$
37) D
38) 100 W
39) 100 W
40) D
41) 50 litros, pot = $m.g.H / \Delta t$
42) 52 segs
43) 400 w
44) a) 1200w, b) 60%
45) a) 2600 N, b) 5200 w
46) C
47) letra D, note que v = constante, portanto $F = 4.P.\text{sen}\alpha$, Potmec = F.v = $4.m.g.\text{sen}\alpha$. v , $Pot_{mec} = 0{,}75\ .Pot_{elétr}$, onde $Pot_{elétr}$ = U. i.

Capítulo 6 – Impulso e Quantidade de Movimento

1) B
2) A
3) E
4) E
5) B, veja questão 3 de aprendizagem
6) B
7) B
8) C
9) D
10) V_A = 4 m/s , V_B = 1 m/s
Qdm: Ma.Va = Mb.Vb,
Energia: $M_a .V_a^2 / 2 + M_b .V_b^2 / 2 = K.X^2 / 2$
X = 20 cm – 16 cm = 4 cm = 0,04 m
11) 3 m/s
12) C
13) 2,4 kg
14) E
15) D
16) A
17) C, veja questão 12 de aprendizagem
18) A
19) C
20) C
21) D
22) E
23) E
24) a) 20 kg , b) 0,6
25) 85 N
26) a) 6 m/s b) 4,8 m/s c) 270 N
27) E
28) A
29) E
30) 3 m/s ←, 7 m/s →
31) 6 m/s →, 8 m/s →
32) a) ← 2 m/s, → 3 m/s
b) → 2 m/s, → 3 m/s
c) ← 2 m/s, ← 1 m/s
d) 0 m/s , → 4 m/s
33) B
34) A
35) C
36) C
37) A
38) 80 m/s, veja teoria, seção 17, página 186.
39) C
40) 2 + 8 + 16 = 26.
41) a) 4s, b) 20 m/s, c) 15 m/s.

Capítulo 7 – Hidrostática

1) D
2) E
3) a pressão exercida apenas pela água vale μ.g.h
4) C
5) E
6) D, compare com a coluna que se obteria usando somente mercúrio puro.
7) E
8) B
9) 60 cmHg

10) D, $P_2 = P_4 = P_{gas}$, mas $P_3 = P_4$
11) B
12) C
13) C
14) D
15) B, lei de stevin
16) A
17) D
18) C
19) C, afinal: $E_I = P_I$, $E_{II} = P_{II}$, $E_{III} = P_{III}$ (todos estão em equilíbrio), porém $P_I = P_{II} = P_{III} = m.g$ (massas iguais), portanto, $E_I = E_{II} = E_{III}$.
20) D
21) C, ao invés da torneira ir enchendo o recipiente, imagine que ele estava inicialmente cheio e foi sendo esvaziada por baixo, gradativamente. Em que instante o cubo tocará o fundo do recipiente ? Veja resolução no caderno de resoluções.
22) A
23) E
24) A
25) D
26) C
27) D
28) A
29) 25 N
30) C
31) B
32) C
33) a) 200 kgf, b) 60 kg de óleo, portanto, 75 litros .
34) D – Basta entender o Princípio de Arquimedes – sem matemátiquês ! Veja autoteste 3, página 214, com resolução comentada na página 218.
35) a) 100 + 200 – 16 = 284 kgf
b) 20 litros , c) sim
d) sim, N + E = P, N + 16 = 200, N = 184 kgf
A marcação da balança passou de 100 para 284 kgf, portanto variou exatamente 184 kgf ☺
36) C, essa é legal ☺
37) E
38) A
39) a) 17,6 kgf , 42,4 kgf, b) 60 kgf
40) 82 N
41) B
42) C
43) D
44) E
45) E
46) B
47) B
48) B
49) A densidade do ar acima da caixa vai diminuir quando parte dele vazar. a caixa desce, h_1 diminui, h_2 aumenta.
50) E
51) B, o gelo subiria, se não fosse a mola, que está impedindo a sua subida, empurrando o gelo para baixo. A mola está, portanto comprimida, inicialmente. Ao final, ela estará relaxada, seu tamanho aumentará
52) h diminui, H constante
53) h diminui, H diminui
54) h diminui, H constante
55) E, não é incrível ? ☺
56) B.
57) A
58) D
59) C
60) C
61) B
62) B
63) A
64) D
65) D, essa é legal ☺
66) Todas são corretas. Ao contrario dos sólidos e dos líquidos, os gases são compressíveis, portanto, o aumento da pressão sobre o sistema acaba levando à redução do volume do balão de gás no interior do líquido.
67) Apenas 01 e 02 são corretas. Agora a bolinha não é compressível, visto que ela é sólida. Seu volume não muda, mesmo com o aumento da pressão sobre o sistema.

Capítulo 8 – Estática

1) D
2) B
3) a) $N_A = 30$ N, $N_B = 1470$ N b) 800 N
4) B
5) C
6) x = 12 cm, y = 18 cm, veja questão 6 de classe.
7) $F = \dfrac{P.B}{2H}$
8) A

Capítulo 9 – Gravitação

1) D
2) a) B, b) B, c) A, d) 135 anos terrestres
3) duas vezes maior, veja questão 7 de classe, item a.
4) D, veja questão 7 de classe.
5) A
6) C
7) D
8) C
9) A
10) C
11) D
12) E
13) D
14) D
15) $G.M / (2.R^2)$
16) a) 8 b) 2
17) B
18) B

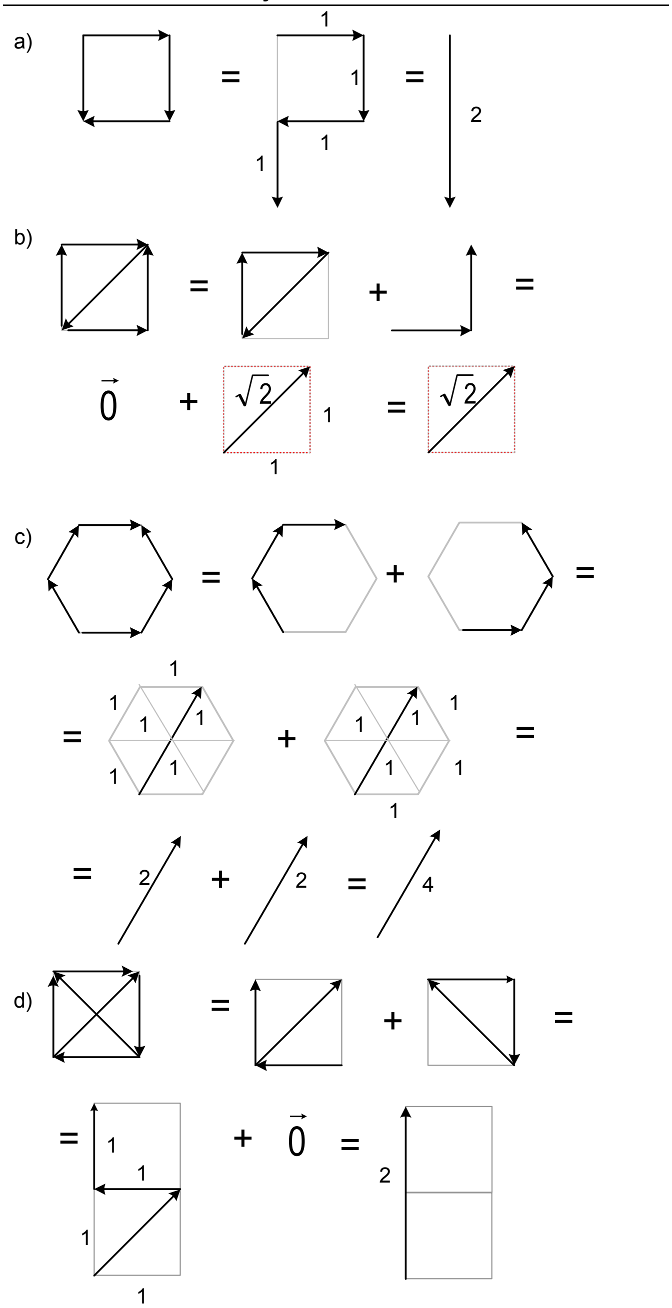
Manual de Resoluções

Anual 2010

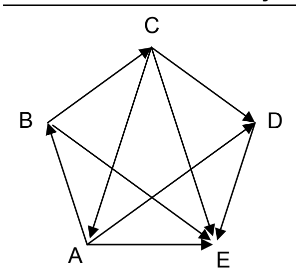
Prof Renato Brito

AULA 1 - VETORES

Aula 1 - Questão 1 - resolução



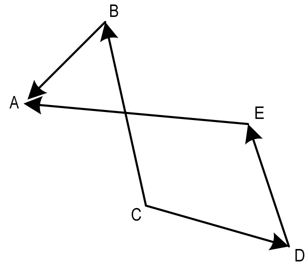
Aula 1 - Questão 2 - resolução



observando a figura da questão, note que:
AB + BE = AE e CA + AE = CE
assim, o prof Renato Brito pode escrever:
AB + BE + CA = **(AB + BE)** + CA = **(AE)** + CA = CA + AE = CE

Aula 1 - Questão 3 - resolução

Conforme a resolução da questão 3 de aprendizagem *(seção 9, página 5, propriedade do polígono fechado de vetores)* temos:



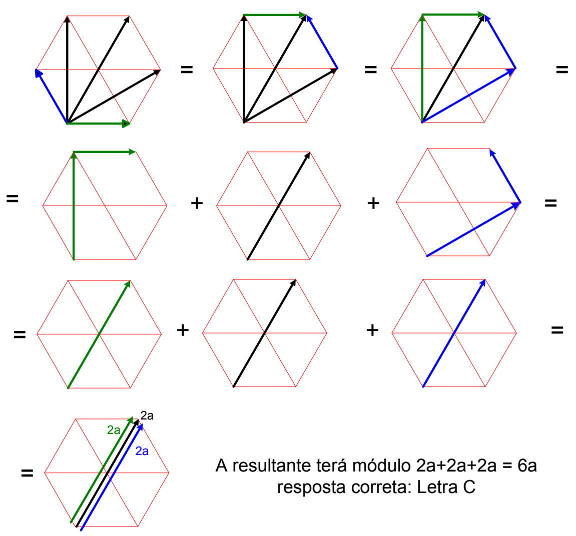
Fazendo o percurso fechado C→D→E→A→B→C, temos:

$CD + DE + EA + AB + BC = \vec{0}$

$CD + DE + EA - BA - CB = \vec{0} \Rightarrow EA - CB + DE = BA - CD$

Aula 1 - Questão 4 - resolução

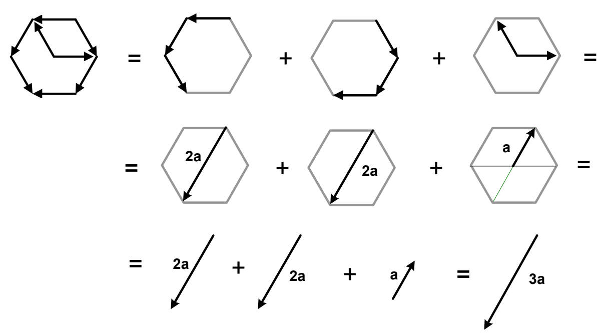
reposicionando os vetores , temos:



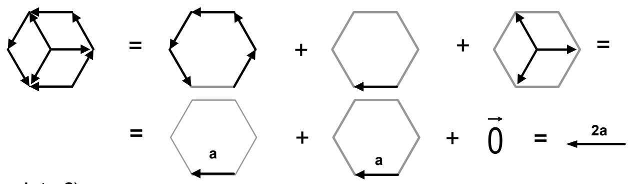
A resultante terá módulo 2a+2a+2a = 6a
resposta correta: Letra C

Questão 5 - resolução

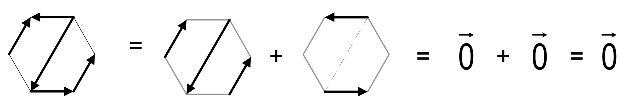
Letra A)



Letra B)

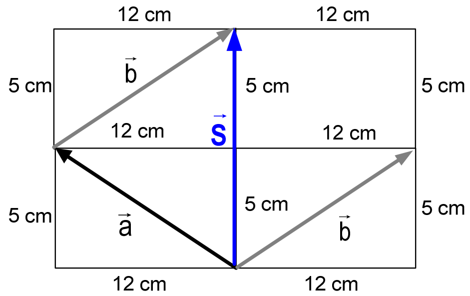


Letra C)



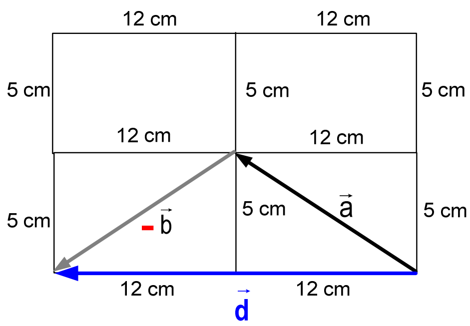
Aula 1 - Questão 7 – resolução alternativa

Deslocando, convenientemente, o vetor b, prontamente determinamos o vetor soma a graficamente. o seu módulo, como se pode verificar na figura abaixo, vale s = 5 + 5 = 10 cm



para achar o vetor $\vec{d} = \vec{a} - \vec{b}$, encare essa operação de subtração como uma operação de soma : $\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$.

Prontinho, para o prof Renato Brito determinar o módulo de $\vec{d}$, basta achar a resultante (+) entre os vetores $\vec{a}$ e $(-\vec{b})$ assim:

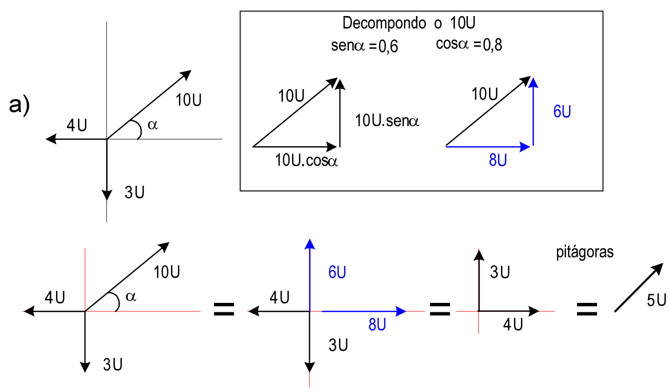


deslocando, convenientemente, o vetor $\vec{a}$, e invertendo a flecha do vetor $\vec{b}$, a fim de encontrar o vetor $-\vec{b}$, prontamente determinamos o diferença $\vec{d} = \vec{a} + (-\vec{b})$ graficamente. o seu módulo, como se pode verificar na figura acima, vale :

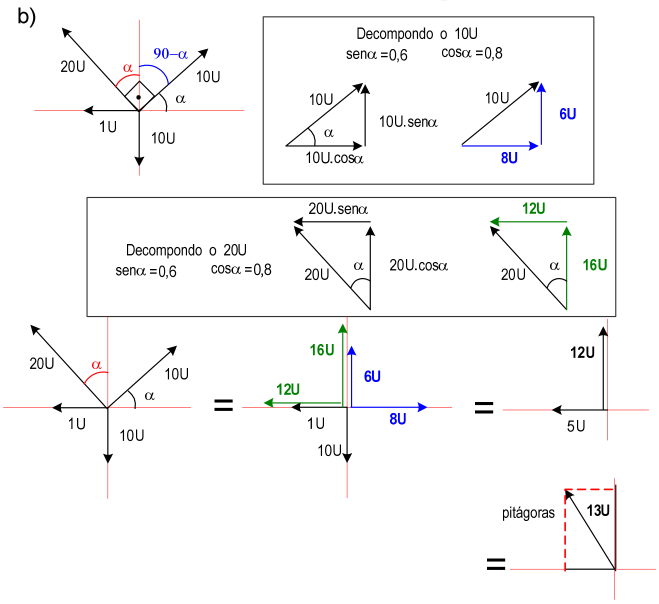
d = 12 + 12 = 24 cm

Aula 1 - Questão 11 – resolução7

a)



b)



Aula 1 - Questão 13 - resolução

A expressão abaixo calcula o módulo da soma S entre dois vetores a e b que formam um ângulo α qualquer entre si

$S^2 = a^2 + b^2 + 2.a.b.\cos\alpha$

Segundo a questão, S = 13, a = 8, b = 7 , α = ?

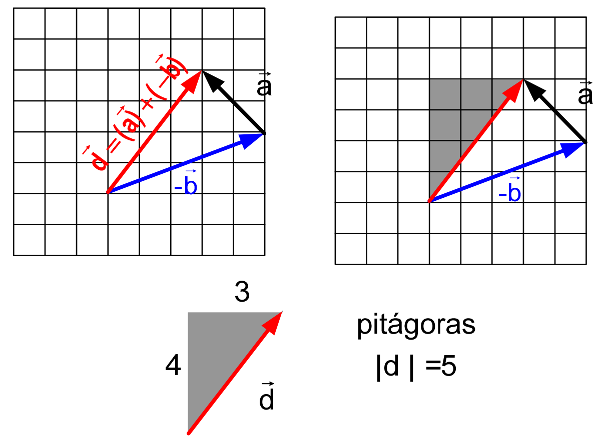
$13^2 = 8^2 + 7^2 + 2 \times 8 \times 7.\cos\alpha$

$169 - 64 - 49 = 112.\cos\alpha$

$56 = 112.\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = 0{,}5 \Rightarrow \alpha = 60°$

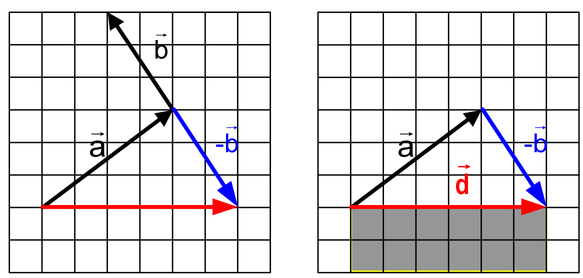
Aula 1 - Questão 14 - resolução

a)



pitágoras
|d | =5

b)



Contando quadradinhos vemos que : |d| =6

Aula 1 - Questão 15 - resolução

a) $\vec{a} = -2i + 2j$, $\vec{b} = -5i - 2j$

$\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = -2i + 2j - (-5i - 2j) = 3i + 4j$

$|\vec{d}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$

b) $\vec{a} = +4i + 3j$, $\vec{b} = -2i + 3j$

$\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = +4i + 3j - (-2i + 3j) = 6i + 0j$

$|\vec{d}| = \sqrt{6^2 + 0^2} = 6$

Aula 1 - Questão 16 – resolução

$$\vec{V}_{cm} = \frac{m_A.\vec{V}_A + m_B.\vec{V}_B}{m_A + m_B} = \frac{4.(3.i + 5.J) + 2.(6.i - 1.j)}{4+2}$$

$$\vec{V}_{cm} = \frac{12.i + 20.j + 12.i - 2.j}{6} = \frac{24.i + 18.j}{6}$$

$$\vec{V}_{cm} = (4.i + 3.j)\ \text{m/s} \quad \Rightarrow \quad |\vec{V}_{cm}| = \sqrt{4^2 + 3^2} \quad \therefore$$

$$|\vec{V}_{cm}| = 5\ \text{m/s}$$

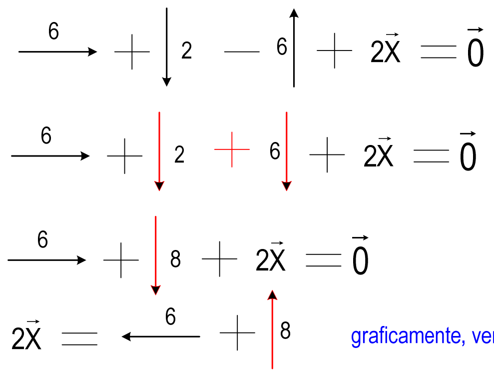
Aula 1 - Questão 17 - resolução

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_2 - \vec{V}_o}{\Delta t} = \frac{(4i - 2j + 1k) - (1i - 14J + 5k)}{2-0} = \frac{3i + 12j - 4k}{2}$$

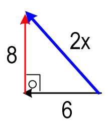
$$|\vec{a}_m| = \frac{|3i + 12j - 4k|}{|2|} = \frac{\sqrt{(3)^2 + (12)^2 + (-4)^2}}{2} = \frac{13}{2} = 6{,}5\ \text{m/s}^2$$

Aula 1 - Questão 19 - resolução

letra A - resolução:

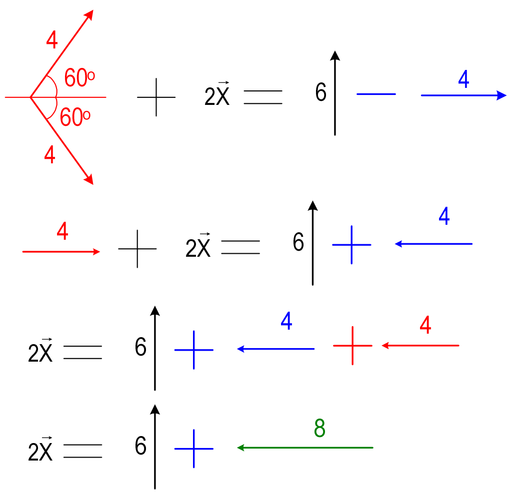


graficamente, vem:

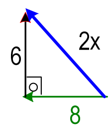


pitágoras:
$(2x)^2 = (8)^2 + (6)^2$
$2x = 10$
$x = 5$

letra B- resolução

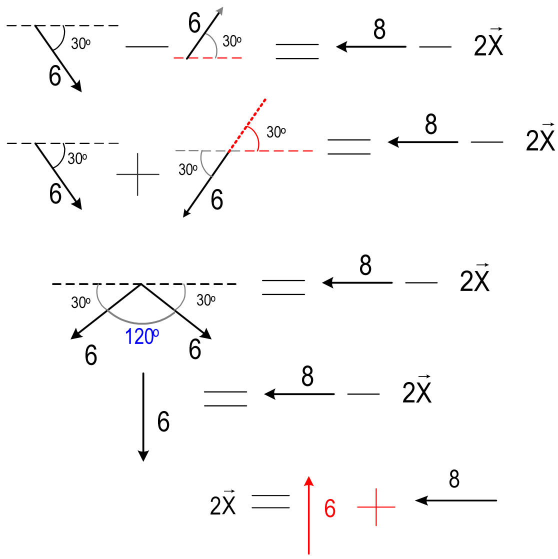


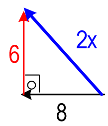
graficamente, vem:



pitágoras
$(2x)^2 = (8)2 + (6)^2$
$2x = 10$
$x = 5$

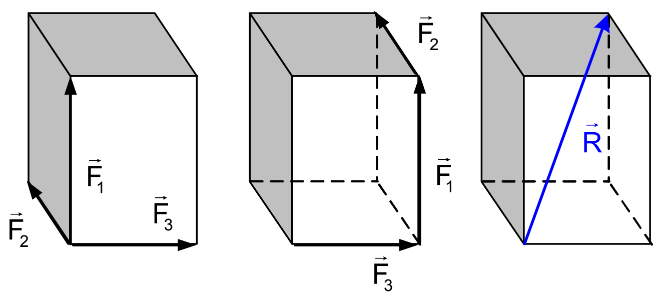
letra C- resolução





pitágoras
$(2x)^2 = (8)2 + (6)^2$
$2x = 10$
$x = 5$

Aula 1 - Questão 20 - resolução



$2.V_F = 2.(20) - 10 \Rightarrow$ $V_F = 15$ m/s

AULA 7 – Hidrostática

Aula 7 - Questão 5 - resolução

- Qual a altura da coluna de cajuína que exerce a pressão de 1 atm ?
- Qual a altura da coluna de cajuína que exerce a mesma pressão de uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura ?
- Qual a altura da coluna de cajuína que exerce a mesma pressão de uma coluna de água de 10 m de altura ?

Todas as perguntas acima são equivalentes, mas o cálculo é enormemente facilitado quando trabalhamos com a água.

Pcol cajuína = Pcol 10m de água

$d_{caj} . g . H_{caj} = d_{água} . g . H_{água}$

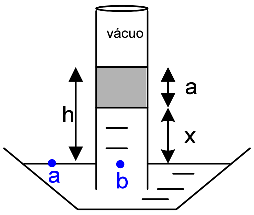
$0{,}625$ g/cm³ . H_{caj} = 1 g/cm³. 10 m $\Rightarrow$ $H_{caj} = 16$ m

Aula 7 - Questão 6 - resolução

Para resolver o problema, faça Pa = Pb.

Pa = pressão atmosférica = 2 atm = 2 x 76 cmHg = 152 cmHg

Ou seja, Pa é a pressão exercida por uma coluna de Hg de 152 cm de altura.



$Pa = d.g.h = d. g. 152$ onde $d = d_{Hg}$

Pb = Pcolx + Pcol a (veja figura)

$Pb = d.g.(x) + (d/2).g.a$, onde $d = d_{Hg}$

Fazendo Pa = Pb vem:

$d. g. 152 = d.g.(x) + (d/2).g.a$

com $d = d$ Hg e $a = 64$cm

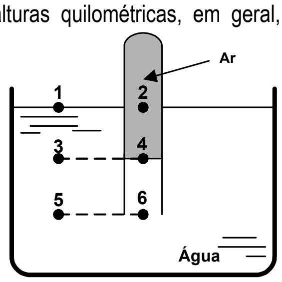
$d. g. 152 = d.g.(x) + (d/2).g. 64$

$d. g. 152 = d.g.(x) + d.g. 32 \Rightarrow x = 120$ cm

$h = x + a = 120 + 64 = 184$ cm

Aula 7 - Questão 10 - resolução

Dentro de um gás, a lei de Stevin ($P_A = P_B + d.g.H$) se reduz a $P_A = P_B = n.R.T/V$, visto que a densidade (d) do gás é desprezível para alturas H usuais. A variação da pressão com a altitude H, no interior de um gás, só não será desprezível para alturas quilométricas, em geral, envolvendo a atmosfera.



Por esse motivo, temos que:

$P_4 = P_2 = Pgás = n.R.T / V$

Pela lei de Stevin, sabemos que:

$P_5 = P_6$ e $P_3 = P_4$ embora $P_1 \neq P_2$

Portanto, $P_2 = P_4 = P_3$

Resposta correta: letra D

Aula 7 - Questão 13 - resolução

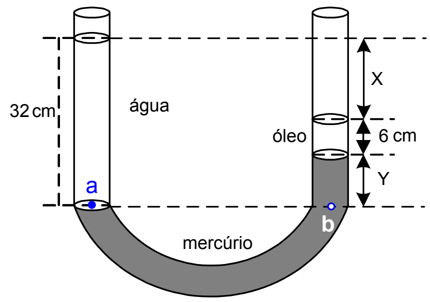
Prá variar, faça PA = PB . ☺☺☺

$P_A = P_B \Rightarrow d_A . g. 32 = d_{Hg} . g. y + d_{oleo}. g. 6$

$1 \times 32 = 13{,}6 . y + 0{,}8 \times 6 \Rightarrow y = 2$ cm

Portanto, o desnível X pedido vale

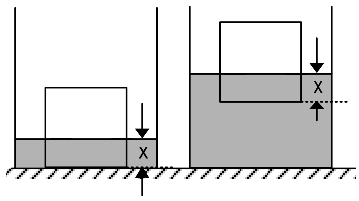
$X = 32 – (6 + y) = 32 – (6 + 2) = 24$ cm



Aula 7 - Questão 21 - resolução

A quantidade de água na vasilha vai aumentando. O empuxo vai aumentando, a normal N vai diminuindo. A partir do momento em que a normal N se anula (N = 0), teremos E = P = constante.

A partir daí, mesmo que mais água seja adicionada à vasilha, o empuxo permanece constante E = P, portanto Vsub permanece constante, assim como x pemanece constante.



Portanto, para determinar a altura x, basta fazer E = P.

$E = P \Rightarrow D_{liq} . Vsub . g = D_{corpo} . V. g$

$D_{liq} . (x. A). g = D_{corpo} . (H. A). g$

$D_{liq} . x = D_{corpo} . H$

$1 . x = 0{,}4 . 4$ cm

X = 1,6 cm **resposta – Letra C**

Aula 7 - Questão 27 – resolução

Na bola A: $E_A = P_A + T$ **(eq1)**

Na bola B: $E_B + T = P_B$ **(eq2)**

Somando membro a membro, vem: $E_A + E_B = P_A + P_B$

$E_A + E_B = P_A + P_B$

$d_{Liq1} . V_A . g + d_{Liq2} . V_B . g = d_A . V_A . g + d_B . V_B . g$

$(2d) . v . g + (3d) . v . g = d. v . g + d_B . v. g$

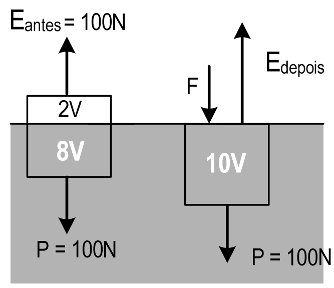
$(4d) . v . g = d_B . v. g \Rightarrow$ $d_B = 4d$

Aula 7 - Questão 29 - resolução

Inicialmente, temos $E_{antes} = P = 100$ N (veja figura). Depois, uma força F afundará o bloco. O empuxo que age no corpo é diretamente proporcional ao volume submerso:

$$\frac{E_{antes}}{Vsub\ antes} = \frac{E_{depois}}{Vsub\ depois} \Rightarrow \frac{100N}{8V} = \frac{E_{depois}}{10V} \Rightarrow E_{depois} = 125\ N$$

$F + P = E_{depois} \Rightarrow F + 100 = 125 \Rightarrow$ $F = 25N$



Aula 7 - Questão 31 - resolução

Inicialmente, uma força F mantém o bloco em equilíbrio submerso:

$E_{antes} = F + P$ **(eq1)**

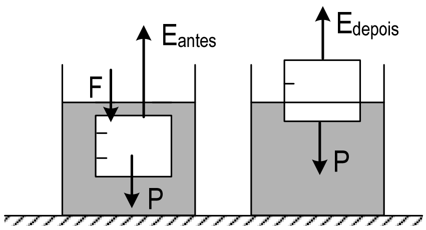
Depois que a força F é suprimida, o corpo passa a flutuar em equilíbrio na superfície da água: $E_{depois} = P$ **(eq2)**

O empuxo que age no corpo é diretamente proporcional ao volume submerso:

$$\frac{E_{antes}}{Vsub\ antes} = \frac{E_{depois}}{Vsub\ depois} \Rightarrow \frac{E_{antes}}{V} = \frac{E_{depois}}{V/3} \Rightarrow$$

$E_{antes} = 3.\ E_{depois}$, usando as relações eq1 e eq2, vem:

$F + P = 3.P \Rightarrow 20 + P = 3P \Rightarrow$ $P = 10N$



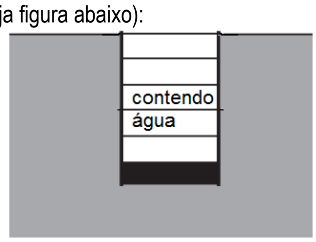
Aula 7 – Questão 32 – resolução

Inicialmente, o recipiente desloca um volume de água correspondente a 3 tabletes. Como o recipiente vazio encontra-se em equilíbrio, podemos dizer que o empuxo tem o mesmo valor do peso do recipiente:

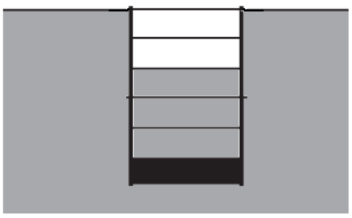
E = Peso do recipiente vazio, ou, pelo Principio de Arquimedes:

Peso de 3 tabletes de água = Peso do recipiente vazio **(eq1)**

Em seguida, adicionamos + N tabletes de água no interior do cilindro, e o empuxo aumenta até o seu valor máximo antes que o recipiente afunde completamente (veja figura abaixo):



Emax = Peso do liquido deslocado = peso de 6 tabletes de água **(eq2)**
Como o recipiente continua em equilíbrio, nessa situação final (figura acima), temos:
Peso do recipiente vazio + peso N tabletes de água = Emax **(eq3)**
Substituindo eq1 e eq2 em eq3, vem:
Peso do recipiente vazio + peso N tabletes de água = Emax
Peso 3 tabletes de água + peso N tabletes de água = peso de 6 tabletes de água
peso N tabletes de água = peso de 3 tabletes de água ⇒ N = 3
O recipiente deverá conter 3 tabletes de água, na situação final de equilíbrio, prestes a afundar completamente, como mostra a figura abaixo:



Fórmulas ????? ☺ Fórmula é para quem vai fazer farmácia ! Fórmula de xampu, fórmula de perfume, fórmula de remédio etc ☺ Né ? ☺

Aula 7 - Questão 36 - resolução

Conforme vimos na questão 19 de classe, ao abandonarmos a bola de madeira no recipiente A, ela boiará na superfície do líquido e a marcação da balança não sofrerá alteração. Quando a bola de chumbo for abandonada no recipiente B, aí sim a balança desequilibrará com a descida da lata B. Para restituir o equilíbrio inicial, basta colocar mais uma bola de chumbo na lata A, visto que a bola de madeira que boia na superfície da água não influencia em nada a marcação da balança.

Aula 7 - Questão 38 - resolução

A balança marca a força de contato total exercida no fundo do recipiente (internamente). No caso, vemos que apenas a água está em contato com o fundo do recipiente (a bola não toca o fundo), exercendo sobre ele uma força de pressão dada pelo produto F = (Pressão) x (área do fundo), onde a pressão hidrostática exercida sobre o fundo do recipiente é dada pela pressão exercida pela coluna líquida Pcol localizada sobre ele.
A pressão atmosférica não influencia, visto que ela age tanto em cima como embaixo do prato da balança

$F_{antes} = Pcol_{antees} .\ área = d.g.H_{antes} .\ área$

$F_{depois} = Pcol_{depois} .\ área = d.g.H_{depois} .\ área$

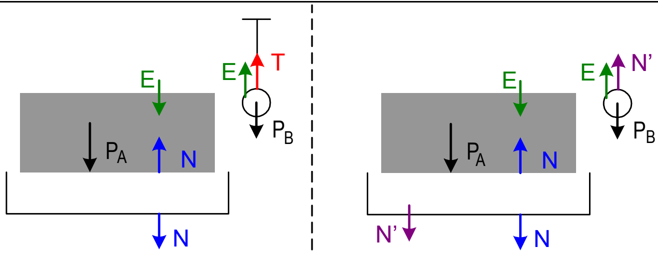
Dividindo membro a membro, vem:

$$\frac{F_{antes}}{F_{depois}} = \frac{d.g.H_{antes}.área}{d.g.H_{depois}.área} = \frac{H_{antes}}{H_{depois}} = \frac{4}{5}$$

A razão $H_{antes} / H_{depois} = 4/5$ pode ser vista pela figura.

Assim, sendo $F_{antes} = 12$ kgf, temos que $F_{depois} = 12 . (5 / 4) =$ 15 kgf

Aula 7 - Questão 39 - resolução



Antes de cortar o fio — Após cortar o fio

O valor do empuxo E é igual ao valor do peso da água deslocada, ou seja, é igual ao peso de 2,4 litros de água. (E = 2,4 kgf)

Antes de cortar o fio: a balança é um aparelho que mede o valor da normal N. Como a água está em equilíbrio, podemos escrever:

$N = P_A + E = 40\ kgf + 2{,}4\ kgf = 42{,}4\ kgf$

O dinamômetro é um aparelho que mede a tração T. Uma bolinha de massa 20 kg tem peso $P_B = 20$ kgf. Como a bolinha está em equilíbrio, pemite escrever:

$E + T = P_B \Rightarrow 2{,}4\ kgf + T = 20\ kgf \Rightarrow T = 17{,}6\ kgf$

Depois de cortar o fio: a balança é um aparelho que mede o valor da normal N + N'. Como a água e a bolinha estão em equilíbrio, podemos escrever:

$$\begin{array}{rl} & N = P_A + E \\ + & N' + E = P_B \\ \hline & N' + N = P_A + P_B \\ & N' + N = 40\ kgf + 20\ kgf \\ & N' + N = 60\ kgf \end{array}$$

A balança marcará 60 kgf após o fio ser cortado e a bola repousar no fundo do recipiente

Aula 7 - Questão 43 - resolução

Para entender a resolução dessa questão, é imprescindível ler previamente o Exemplo resolvido 9, pagina 224. Caso ainda não tenha lido, não prossiga antes de ler.

Considere os seguintes parâmetros:

Pa = peso da água inicialmente contida no recipiente

Po = peso do óleo inicialmente contido no recipiente

Eo = empuxo devido ao óleo

Ea = empuxo devido à água

Pod = peso do óleo derramado.

Pfe = peso da bola de ferro

Na situação inicial, a balança marca 10 kgf, assim, temos:

Pa + Po = 10 kgf **(eq1)**

A balança 2 marcará: Pa + Po + Eo – Pod.

Entretanto, pelo princípio de Arquimedes, temos: Eo = Pod, portanto, a 2ª balança marcará:

Pa + Po + ~~Eo~~ – ~~Pod~~ = 10 kgf

A balança 3 marcará:

(Pa + Po) + Ea – Pod = (10kgf) + (1 kgf) – 0,8 kgf = 10,2 kgf

A balança 4 marcará:

(Pa + Po) + Pfe – Pod = (10 kgf) + 8 kgf – 0,8 kgf = 17,2 kgf

Aula 7 - Questão 44 - resolução

Na fase 1, a balança mede o peso da água como sendo 400 gf (grama força).

Na fase 2, a balança mede o peso da água mais o empuxo ↓E que o sólido faz na água como sendo 440 gf.

O acréscimo de 40 gf, da fase 1 para a fase 2 deve-se ao empuxo E↓ que o sólido exerce na água que, portanto, vale E = 40 gf.

Ora, mas o empuxo é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo (princípio de Arquimedes).

Se o empuxo E devido a essa bola vale 40 gf, esse é o peso do volume de água deslocada pelo sólido completamente imerso.

Ora, mas um peso de 40 gf de água implica uma massa de 40 g de água, portanto, um volume de 40 cm^3 de água foi deslocado quando o sólido foi nela mergulhado. Daí, deduzimos que o volume do sólido vale **V = 40 cm^3.**

Da fase 1 para a fase 3, o acréscimo na marcação da balança (600 gf – 400 gf = 200 gf) deve-se ao peso do sólido abandonado no interior do recipiente que, portanto, tem uma massa **m = 200 g.**

Finalmente, sabendo a massa (m = 200 g) e o volume do sólido (V = 40 cm^3), determinamos a sua densidade:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{200\,g}{40\,cm^3} = 5\ g/cm^3$$

A presente questão já caiu no vestibular da UECE há muitos anos.

Aula 7 - Questão 51 - resolução

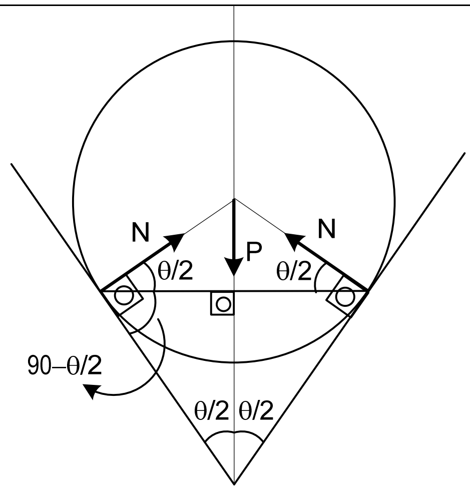
O gelo quer subir até a superfície da água, mas a mola está impedindo a subida do gelo. O gelo empurra a mola, comprimindo essa mola. A mola comprimida empurra o gelo para baixo.

A mola, portanto, encontra-se, inicialmente, comprimida.

Quando o gelo vai derretendo, a mola vai gradativamente voltando ao seu tamanho natural (deixando de estar comprimida). Quando o gelo estiver totalmente fundido, a mola atingirá o seu comprimento natural.

AULA 8 ESTÁTICA

Aula 8 - Questão 2



Pelo equilíbrio das forças na direção vertical, podemos escrever:

$N_y + N_y = P \Rightarrow 2.N_y = P$

$$2.N.sen(\theta/2) = m.g \Rightarrow N = \frac{m.g}{2.sen\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

Aula 8 - Questão 3

Item B: Como está na iminência de perder o contato em A, fizemos $N_A = 0$, tiramos logo o suporte A da figura abaixo. Assim, para a barra estar em equilíbrio de momentos, temos:

Momento do peso = momento da normal

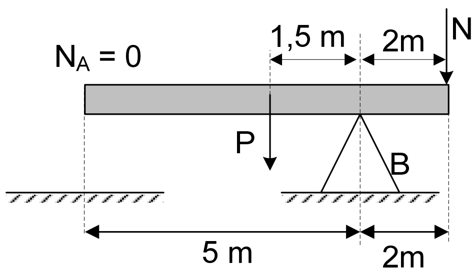
P . (1,5) = 2 . N

N = peso do homem = 600 newtons.

P . (1,5) = 2 x 600

P = 800 newtons

O menor peso da barra para que ela não gire vale 800 newtons.



AULA 9 GRAVITAÇÃO

Aula 9 - Questão 17

Pela conservação da energia mecânica, temos:

$(E_{pot} + E_{cin})_{antes} = (E_{pot} + E_{cin})_{depois}$

$$\frac{-G.M.m}{R} + \frac{m.(V_0)^2}{2} = \frac{-G.M.m}{D} + 0, \quad \text{com} \quad V_o = \frac{V_{escape}}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2G.M}{R}}$$

$$\frac{-G.M.m}{R} + \frac{m}{2}.\frac{1}{4}.\frac{2.G.M}{R} = \frac{-G.M.m}{D} + 0 \quad \Rightarrow \quad D = 4R/3$$

Mas $D = R + H$, portanto: $4R/3 = R + H \Rightarrow H = R/3$

Aula 9 - Questão 18

Questão simples, embora possa assustar a primeira vista ☺. A fórmula da **Velocidade de Escape** foi cobrada recentemente no Vestibular da UFC do meio do ano (Julho) e era realmente preciso lembrar a fórmula de cabeça mesmo, como sempre.

Relacionando as velocidades de escape do Sol, no início do colapso e no final , temos:

$$\frac{V_i}{V_F}=\frac{\sqrt{\dfrac{2.G.M_{sol}}{R_i}}}{\sqrt{\dfrac{2.G.M_{sol}}{R_F}}}=\sqrt{\frac{R_F}{R_i}}$$

A tabela nos fornece a velocidade de escape do sol (atualmente) Vi = 620 km/s = $6{,}2 \times 10^5$ m/s.

Segundo o enunciado, queremos determinar o raio R_F que o Sol terá quando a sua velocidade de escape (V_F) atingir a velocidade da luz $V_F = c = 3 \times 10^8$ m/s.

O raio do sol original também foi fornecido no enunciado Ri = 700.000 km.

Assim, basta substituir todos valores fornecidos na expressão acima:

$$\frac{V_i}{V_F}=\sqrt{\frac{R_F}{R_i}} \Rightarrow \frac{6{,}2\times10^5\,m/s}{3\times10^8\,m/s}=\sqrt{\frac{R_F}{700.000km}}$$

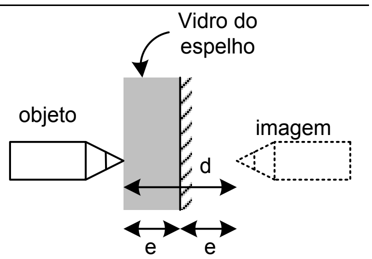
Elevando, ambos os membros ao quadrado, facilmente determinamos $R_F \cong 3$ km

AULAS 10, 11, 12 e 13 – OPTICA

Óptica - Questão 1 - resolução

d = 2e
12 mm = 2.e
e = 6 mm

☺ calma, não se deprima

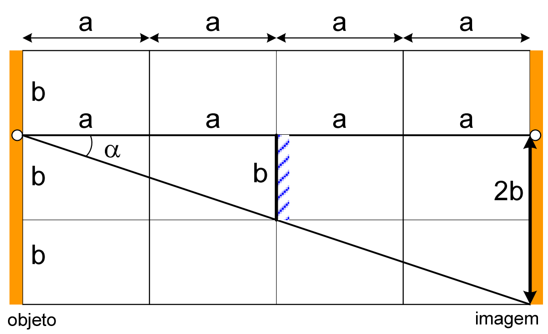


Optica – Questão 7 – resolução

Vamos imaginar que, uma pessoa, ao se olhar num espelho plano distante, enxergue apenas 2/3 de seu corpo. Se ela se aproximar ou se afastar do espelho, o que ocorrerá com sua imagem? Vejamos os desenhos abaixo:

Caso 1: Pessoa longe do espelho plano:

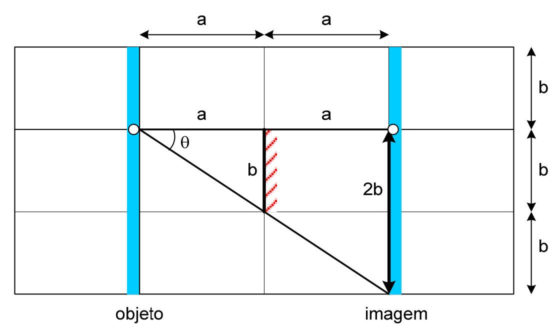
Considere uma pessoa de altura 3b, que está a uma distância 2a de um espelho plano de altura b e que enxerga apenas 2/3 de seu tamanho total, ou seja, vendo apenas uma extensão 2b da altura total 3b da imagem.



Observe a semelhança de triângulos e a proporção $\frac{b}{2a}=\frac{2b}{4a}$, e o ângulo visual α tal que $tg\alpha=\frac{b}{2a}$.

Caso 2: Pessoa próxima ao espelho plano

Agora, vamos considerar que **a mesma pessoa** de altura 3b aproximou-se do espelho, e encontra-se agora a uma distância a do mesmo espelho de altura b. Ela verá **novamente** apenas 2/3 de sua imagem, isto é, vendo apenas uma extensão 2b da altura total 3b da imagem.



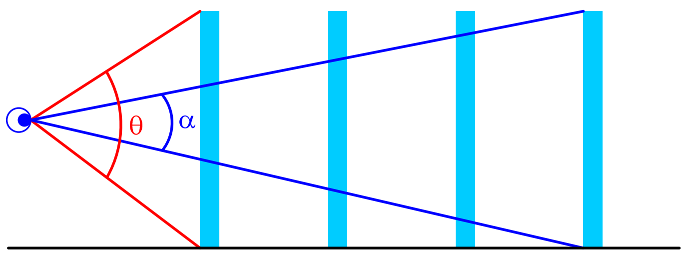
Observe a semelhança de triângulos e a proporção $\frac{b}{a}=\frac{2b}{2a}$, e o ângulo visual $\theta > \alpha$ tal que $tg\theta=\frac{2b}{2a}$.

A única forma de passar a ver uma fração maior do seu corpo é aumentar o tamanho do espelho, portanto, a única afirmativa correta é a III.

Por que tenho a impressão de que a minha imagem aumenta de tamanho, à medida que me aproximo do espelho lá de casa ?

Por causa do aumento do ângulo visual (Veja as figuras dos casos 1 e 2 em que temos $\theta > \alpha$) que dá essa sensação de que a imagem aumenta de tamanho quando você se aproxima do espelho. No entanto, a altura da imagem é constante, sempre igual à altura do objeto.

Essa mesma sensação ocorre quando observamos os postes de uma avenida. Certamente a prefeitura não comprou 100 postes de tamanhos diferentes para a Av. Santos Dumont. No entanto, quando caminhamos a pé pela calçada, temos a impressão de que os postes mais próximos <u>(ângulo visual θ, veja figura abaixo)</u> são maiores que os postes mais distantes <u>(ângulo visual $\alpha < \theta$, veja figura abaixo)</u>. Novamente, é uma mera questão de ângulo visual.



Os postes mais próximos são vistos sob ângulo visual maior ($\theta > \alpha$), dando a impressão de que são maiores que os postes mais distantes, mas todos têm o mesmo tamanho ☺.

Óptica - Questão 8 - resolução

Ao todo são 24 bailarinas, sendo que, das 24, temos 3 bailarinas de verdade e 21 bailarinas imagens. Isto significa que o par de espelhos está conjugando 21 imagens a partir de 3 objetos, ou seja, o par de espelhos está "produzindo" 7 imagens a partir de cada 1 objeto. Assim:

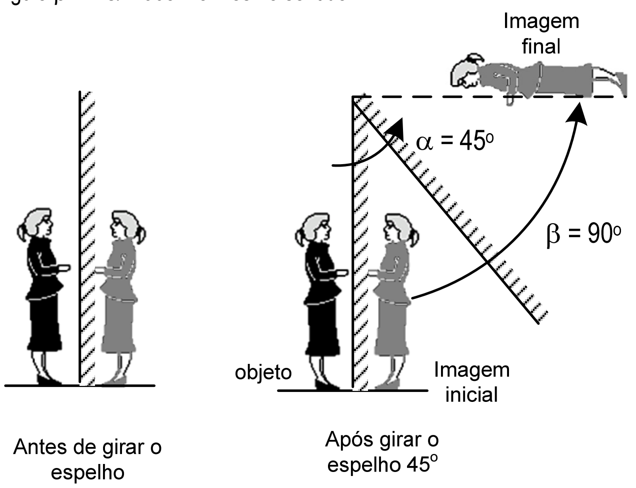
$N = 360/\alpha - 1 \quad \Rightarrow \quad 7 = 360/\alpha - 1 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 45°$

Óptica - Questão 10 - resolução

Abra a apostila na página 271, veja a figura do pirata diante do par de espelhos perpendiculares entre si, observando suas 3 imagens. Veja que o pirata R1 nessa figura é uma imagem enantiomorfa (invertida), enquanto o pirata R2 é uma imagem não-enantiomorfa (não-invertida). Para entender melhor, leia todo o diálogo dos piratas nessa página.

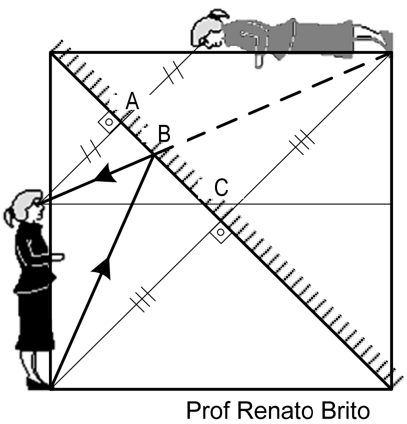
Óptica - Questão 11 - resolução

Pela propriedade da rotação dos espelhos planos, sabemos que quando um espelho gira em um ângulo α = 45o , a sua imagem vai girar um ângulo β = 2.α = 90o no mesmo sentido.



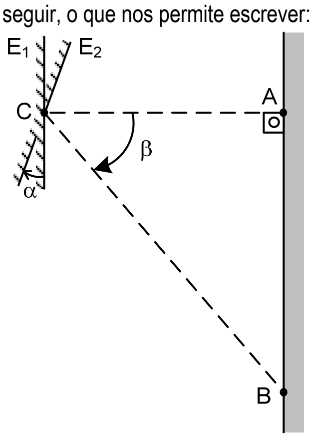
Assim, observando a figura abaixo, não é difícil compreender porque a imagem final da moça estará horizontal, quando ela se observar num espelho que forme 45o com a vertical.

Portanto, observando a figura acima, vemos que a moça deve mirar um ponto entre A e C a fim de observar a imagem dos seus sapatos, isto é, deve mirar o ponto intermediário B.



Óptica – Questão 13 – resolução

Pela propriedade da Rotação dos Espelhos planos, se α = 15º, teremos β = 30º na figura a seguir, o que nos permite escrever:



a) $tg\beta = \dfrac{AB}{AC} \Rightarrow tg30^o = \dfrac{\sqrt{3}}{3} = \dfrac{AB}{3} \Rightarrow AB = \sqrt{3}$ cm

Se AB triplicará de valor, AB passará de $\sqrt{3}$ cm para $3\sqrt{3}$ cm .

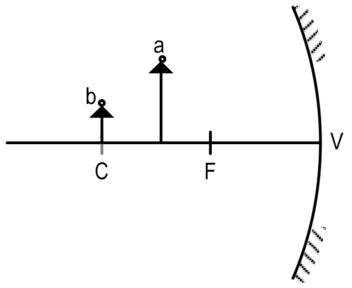
Quanto valerá o novo β nessa situação :

$tg\beta = \dfrac{AB}{AC} = \dfrac{3\sqrt{3}}{3} = \sqrt{3}$ cm $\Rightarrow$ $\beta = 60^o$

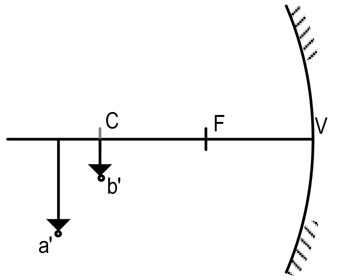
Pela lei da rotação ($\beta = 2\alpha$), sendo $\beta = 60^o$ e teremos $\alpha = 30^o$.

Óptica – Questão 19 – resolução

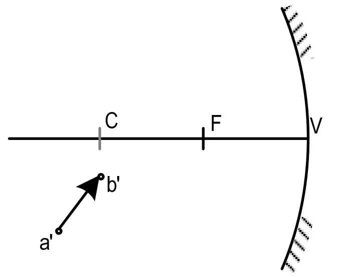
Sejam a e b as extremidades do objeto extenso. Onde se localizam as imagens a’ e b’ dessas extremidades, conjugadas pelo espelho côncavo ?



Efetuando os traçados dos raios, facilmente localizamos os pontos a’ e b’**,** imagens de **a** e **b** conjugadas pelo espelho côncavo.



Assim, após termos localizado as extremidades da imagem, acabamos localizando toda a imagem extensa



Óptica – Questão 23 – resolução

Na figura, temos P’ > 0, P > 0 e P’ > P, assim:

P’ – P = 24, $A = -4 = \dfrac{-P'}{P} \Rightarrow P' = 4P$

Resolvendo o sistema, encontramos P = 8 cm e P’ = 32 cm

$\dfrac{1}{F} = \dfrac{1}{P} + \dfrac{1}{P'} \Rightarrow$ F = 6,4 cm $\Rightarrow$ R = 12,8 cm

Óptica - Questão 24 - resolução

“....Um objeto encontra-se a 20 cm de um espelho, sua imagem direita (e, portanto, virtual) encontra-se a 40 cm do referido espelho....”

Traduzindo: inicialmente, quando P = + 20 cm, tínhamos P´ = –40 cm (imagem virtual e direita)

“......Se o objeto for posicionado a 80 cm do espelho, sua imagem será...”

Traduzindo: Se agora tivermos P = +80 cm, então P´ valerá quanto ?

$$\frac{1}{F} = \underbrace{\frac{1}{P} + \frac{1}{P'}}_{\text{antes}} = \underbrace{\frac{1}{P} + \frac{1}{P'}}_{\text{depois}}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{20} + \frac{1}{(-40)} = \frac{1}{80} + \frac{1}{P'} \Rightarrow \boxed{P' = +80 \text{ cm (real)}}$$

Resposta correta- letra E

Óptica – Questão 25 – resolução

Na figura, temos P' > 0, P > 0 e P > P', assim:

$P - P' = 4$, $A = \frac{-1}{3} = \frac{-P'}{P} \Rightarrow P = 3.P'$

Resolvendo o sistema, encontramos P' = 2 cm e P = 6 cm

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'} \Rightarrow F = 1{,}5 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{R = 3{,}0 \text{ cm}}$$

Óptica – Questão 27 – resolução

Na figura, temos P' < 0 (imagem soim virtual), P > 0 , assim:

|P| + |P'| = 20 cm, mas, sendo P' < 0, temos |P'| = (–1). P', assim:

$P - P' = 20$ cm, $A = \frac{+1}{3} = \frac{-P'}{P} \Rightarrow P = -3.P'$

Resolvendo o sistema, encontramos P' = –5 cm e P = +15 cm

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'} \Rightarrow F = -7{,}5 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{R = 15 \text{ cm}}$$

Óptica - Questão 30 - resolução

Desvio = $\beta = 15^o$

Ângulo de refração = α

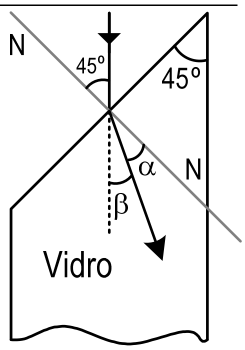
$\alpha + \beta = 45^o$ (opostos pelo vértice)

Portanto $\alpha = 30^o$

Da lei de Snell, temos :

n_{ar}. Sen45o = n_{vidro} . senα

$1. \frac{\sqrt{2}}{2} = n_{vidro}. \text{sen } 30^o \Rightarrow \boxed{n_{vidro} = \sqrt{2}}$



Óptica - Questão 31 - resolução

Lei de snell: n_1. senα = n_2. senβ

Nessa questão, foi dito que quando $\alpha = 90^o$, teremos $\beta = 30^o$

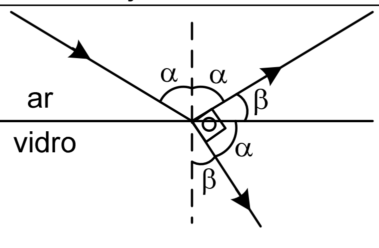
A pergunta é: Se agora $\alpha = 30^o$, quanto valerá β ?

Antes: n_1. sen 90° = n_2. sen30°

Depois: n_1. sen 30° = n_2. sen β

Dividindo as equações acima, membro a membro, encontramos senβ = 1/4 = 0,25. Observando o gráfico da função seno dado na questão, vemos que o ângulo cujo seno vale aproximadamente 0,25 é 15 graus.

Óptica – Questão 32 – resolução



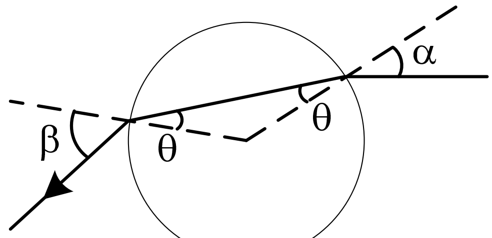
Na figura, temos $\beta = 90 - \alpha \Rightarrow \text{sen}\beta = \cos\alpha$

Snell: n_{ar} . senα = n_{vidro} . senβ, com senβ = cosα

n_{ar} . senα = n_{vidro} . cosα

$1 . \text{sen}\alpha = \sqrt{3} .\cos\alpha \Rightarrow \text{tg}\alpha = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^o$

Óptica – Questão 34 – resolução



Snell na entrada : n_{ar} . senα = n_{vidro} . senθ **(eq1)**

Snell na saída: n_{vidro} . senθ = n_{ar} . senβ **(eq2)**

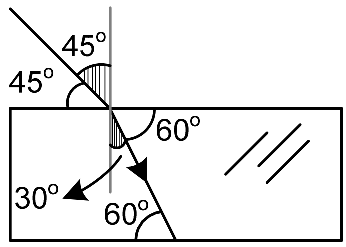
De eq1 e eq2, vem:

n_{ar} . senα = n_{vidro} . senθ = n_{ar} . senβ

n_{ar} . senα = n_{ar} . senβ $\Rightarrow$ $\boxed{\alpha = \beta = 45^o}$

Note que o triângulo dentro da circunferência é isósceles por ter dos lados iguais entre si (raio e raio).

Óptica - Questão 37 - resolução



Da lei de Snell, temos : n_{ar}. Sen45° = n_{vidro} . sen30°

$\frac{\sqrt{2}}{2} = n_{vidro}. \text{sen } 30^o \Rightarrow n_{vidro} = \sqrt{2}$

Determinando o ângulo limite para a mudança de meio vidro→ ar:

$$\text{SenL} = \frac{n_{ar}}{n_{vidro}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \boxed{L = 45^o}$$

Óptica – Questão 40 – resolução

$$\text{senL} = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{n_{menor}}{n_{maior}} = \frac{1}{n_{vidro}} \Rightarrow n_{vidro} = \sqrt{3}$$

n_{vidro} . senα = n_{ar} . senθ

n_{vidro} . senα = n_{ar} . senθ $\Rightarrow$

$\sqrt{3}$. sen30° = 1. senθ $\Rightarrow$ $\theta = 60^o$

Desvio = 60° – 30° = 30°

Óptica - Questão 45 - resolução

Se a placa de vidro tem uma espessura **e** = 5 cm, quando ela cobrir a foto, conjugará uma imagem dessa foto numa posição um pouco acima da foto verdadeira, dando a impressão de que a fotografia agora está X centímetros acima da posição real. Esse X, certamente, não passará de 5 cm de altura (X < 5 cm), visto que a imagem virtual da fotografia deve se formar no interior da placa de vidro (a imagem do peixe vista pelo pescador sempre é formada dentro da água ☺). Por esse motivo, para que a distância da câmera fotográfica até a fotografia (ou até a sua imagem conjugada pela placa de vidro) permaneça inalterada (antes e depois), devemos levantar a câmera fotográfica ↑ em uma distância exatamente igual a X centímetros.

Resposta correta – Letra A

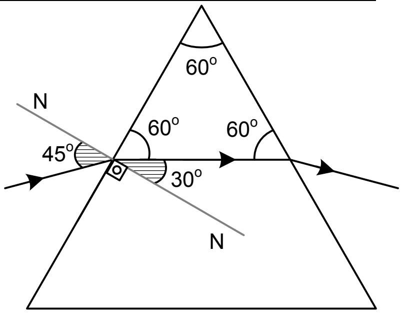
Óptica - Questão 47 - resolução

Da lei de Snell, temos :

n_{ar}. Sen45º = n_{vidro} . sen30º

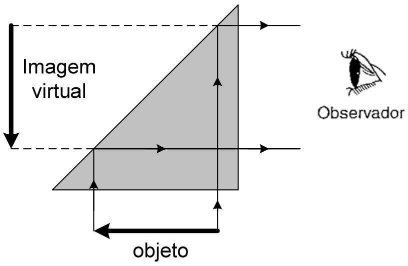
$1.\ \sqrt{2}/2\ =\ n_{vidro}.\ \text{sen } 30^o$

$n_{vidro} = \sqrt{2}$

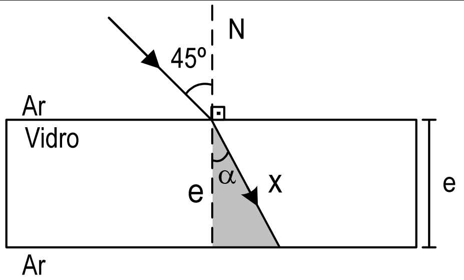


Óptica - Questão 48 - resolução

A luz sai do objeto, sofre reflexão e vai em direção ao olho do observador. Entretanto, como o observador enxerga no prolongamento, ele verá a imagem virtual mostrada abaixo.



Óptica - Questão 50 - resolução



n_{ar}. Sen45º = n_{vidro} . senα $\Rightarrow$ $1.\ \sqrt{2}/2\ =\ \sqrt{2}\ .\ \text{sen}\alpha$

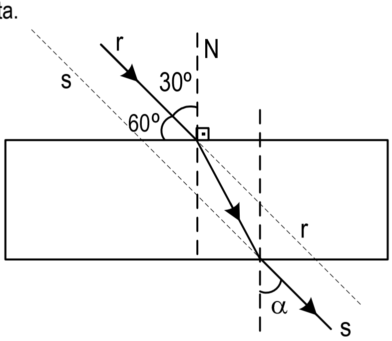
senα = 1/2 $\Rightarrow$ α = 30º

No triângulo retângulo em destaque, temos:

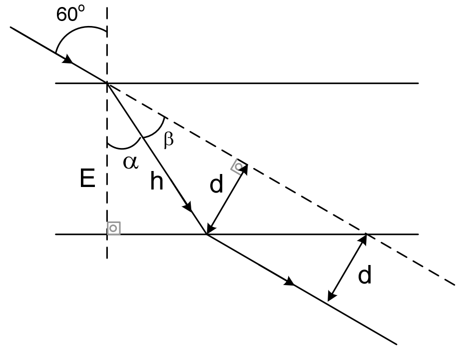
$\cos\alpha = \cos 30^o = \dfrac{e}{X} = \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \dfrac{3\sqrt{3}}{X} = \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$ X = 6 cm

Óptica - Questão 51 - resolução

Conforme demonstrado em sala de aula, uma das propriedades da lâmina de faces paralelas é que o raio de luz que sai é paralelo ao raio incidente, ou seja, a reta **r** é paralela à reta **s** na figura abaixo: r//s. Em outras palavras, as retas **r** e **s** formam o mesmo ângulo, por exemplo, com a vertical, de forma que necessariamente, temos α = 30º. Se conhecemos as propriedades, não precisamos fazer cálculos nessa questão. Logicamente que, se o fizermos (o que não vale a pena), encontraremos a mesma resposta.



Óptica - Questão 52 - resolução



- A lei de Snell-Descartes permite escrever:
  n_{ar} . sen60º = n_{vidro} . senα
  $1\ .\ \sqrt{3}/2\ =\ \sqrt{3}\ .\ \text{sen}\alpha \Rightarrow \text{sen}\alpha = 1/2 \Rightarrow$ **α = 30º**
- Oposto pelo vértice: $\alpha + \beta = 60^o \Rightarrow$ **β = 30º**
- Observando os triângulos retângulos, podemos escrever:

$\cos\alpha = \dfrac{E}{h} \Rightarrow h = \dfrac{E}{\cos\alpha}$

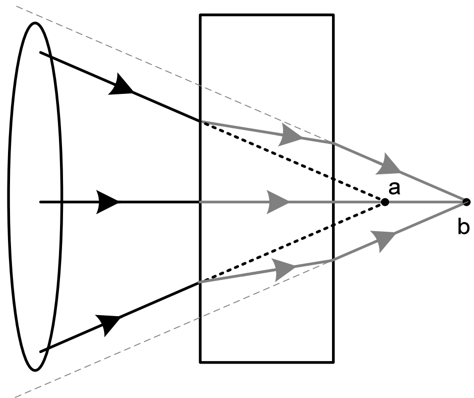
$\text{sen}\beta = \dfrac{d}{h} \Rightarrow h = \dfrac{d}{\text{sen}\beta}$

Igualando as duas expressões acima para **h**, vem:

$$\frac{E}{\cos\alpha} = \frac{d}{\text{sen}\beta} \Rightarrow \frac{2\sqrt{3}\text{cm}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{d}{\frac{1}{2}} \Rightarrow d = 2\ \text{cm}$$

Óptica - Questão 64 - resolução

Ao entrar na lâmina, a luz se aproxima da normal. Ao emergir da lâmina, ela se afasta da normal. O traçado dos raios abaixo mostra que a imagem real formada à direita da lâmina se afasta para a direita, quando a lâmina é posicionada após a lente. A imagem se afasta da lente.



Essa situação física é diferente da questão 25 de classe, por isso leva a uma conclusão diferente. Tecnicamente, na questão 25 de classe, o objeto era real, ao passo que na presente questão, a lâmina de faces paralelas conjuga, para o ponto objeto virtual (a), o ponto imagem real (b).

Óptica - Questão 67 - resolução

A imagem conjugada pela lente divergente é virtual, p' negativo.

Seja X um número real positivo. Segundo os dados do enunciado, temos:

P = +X

P' = – X / 2 (note que X é positivo mas P' é negativo)

F = – 30 cm (divergente)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'} \Rightarrow \frac{1}{-30} = \frac{1}{X} + \frac{1}{(-X/2)} \Rightarrow X = 30\ \text{cm}$$

Óptica - Questão 69 - resolução

Note que a imagem é invertida e 3x menor, portanto temos A = –1/3.
Com essa dica, agora você resolve a questão ☺.

Óptica - Questão 71 - resolução

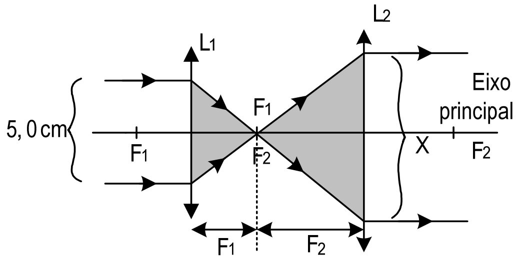
Atenção, tem que passar tudo para milímetros. A questão está pedindo a distância p' da lente até a imagem.

Óptica - Questão 72 - resolução

A = – 24 , F = + 9,6 cm
A imagem é 24 vezes maior que o objeto, porém invertida em relação a ele. Agora é so fazer as continhas ☺

$$A = -p'/p \quad \text{e} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

Óptica - Questão 81 - resolução



Os triângulos acinzentados na figura acima são semelhantes:

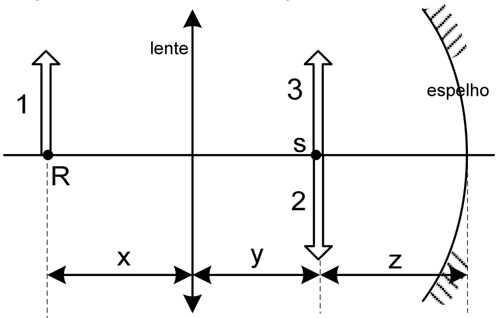
$$\frac{F_1}{5\,\text{cm}} = \frac{F_2}{X} \Rightarrow \frac{4\,\text{cm}}{5\,\text{cm}} = \frac{6\,\text{cm}}{X} \Rightarrow X = 7{,}5\ \text{cm}$$

Óptica - Questão 82 - resolução

O ponto A é o foco da lente divergente (*".....raios que incidem paralelos ao eixo principal de uma lente divergente, divergem passando pelo foco....."*)
Ele também coincide com o centro C de curvatura do espelho côncavo ("*.....raios que incidem no espelho esférico passando pelo centro de curvatura C, refletem-se sobre si mesmos....*")
Assim, a distância focal da lente tem módulo igual a 40 cm e o espelho esférico tem distância focal (40 + 40) / 2 = 40 cm

Óptica – Questão 83 – resolução

Não se afobe, não dá para sair fazendo conta. A questão deve ser resolvida só com base nas propriedades gráficas das construções das imagens, só por dedução, sem matematiquês.



A seta 1 "joga luz na lente" que conjuga a imagem seta 2. A seta 2 "joga luz no espelho que conjuga a imagem seta 3. Note que, segundo o enunciado, as seta 2 e 3 devem estar exatamente sobre o mesmo ponto S do eixo. Adicionalmente, a seta 3 tem exatamente o mesmo tamanho e a mesma orientação da seta 1.
Assim, deduzimos que as 3 setas terão o mesmo tamanho, as setas 1 e 2 estão sobre os pontos anti-principais da lente (para que elas tenham tamanhos iguais entre si) e as setas 2 e 3 estão sobre o centro de curvatura do espelho esférico (para que as setas 2 e 3 estejam sobre o mesmo ponto S do eixo e tenham tamanhos iguais).
Assim, temos: x = y = 2f (lente) = 2 x 15 = 30 cm
Z = R = 2f (espelho) = 2 x 20 = 40 cm

Letra E

Aula 14 – Gases - Termodinâmica

Questão 2 - resolução

Como o êmbolo deve estar em equilíbrio mecânico, a força $F_H \rightarrow$ que o gás hidrogênio exerce no êmbolo deve equilibrar a força $F_O \leftarrow$ que o gás oxigênio exerce no êmbolo.

$$F_H = F_O \Rightarrow \frac{F_H}{A} = \frac{F_O}{A} \Rightarrow P_H = P_O \Rightarrow \frac{n_H.R.T}{V_H} = \frac{n_O.R.T}{V_O}$$

$\frac{n_H}{V_H} = \frac{n_O}{V_O}$, com V_H = y.A e V_O = x.A (volume do cilindro)

$$\frac{n_H}{y.A} = \frac{n_O}{x.A} \Rightarrow \frac{12/2}{y} = \frac{64/32}{x} \Rightarrow y = 3.x,\ \text{com } x+y = 40\ \text{cm}$$

x = 10, y = 30 cm

Questão 4 - resolução

Para o gás passar de 1 para 2, devemos ter, inicialmente, $P_1 > P_2$:
$P_1 > P_2 \Rightarrow n_1.R.T_1 / V > n_2.R.T_2 / V \Rightarrow n_1.T_1 > n_2.T_2 \Rightarrow$
$4 \times 300 > n.T \Rightarrow n.T < 1200$
Testando item por item, vemos que apenas o item b satisfaz a condição n.T < 1200. ☺

Questão 10 - resolução

A pressão no fundo do tanque será a pressão atmosférica (1 atm) mais a pressão devido a uma coluna d'água de 70 cm.
Regra de 3 1 atm = 10 m de água
0,07 atm = 0,7 m de água
Portanto, a pressão no fundo do lago será:
Pi = Pcol + Patm = 0,07 + 1 = 1,07 atm $\Rightarrow$ Pi = 1,07 atm
A bolha de ar sobe em equilíbrio térmico com a água, com a mesma temperatura da água, portanto, o processo é isotérmico:
Pi.Vi = Pf. Vf $\Rightarrow$ 1,07 x 20 = 1 x Vf $\Rightarrow$ Vf = 21,4 mm^3

Questão 19 - resolução

Da equação de Claperon, P.V = n.R.T, portanto, pedir o gráfico de PV em função de V é o mesmo que pedir o gráfico de n.R.T em função de V. Ora, se a transformação é isotérmica, n.R.T será constante, por isso, o gráfico correto é o da letra **b**.

Questão 50 - resolução

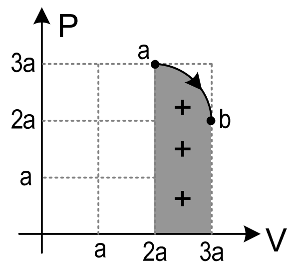


Figura 1

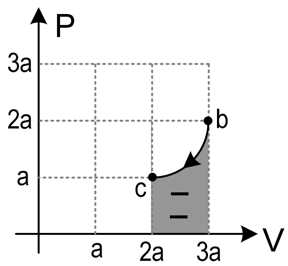


Figura 2

O trabalho realizado na expansão ab (expansão) é positivo, sendo dado pela área em destaque na Figura 1 acima.
Já o trabalho realizado na compressão bc é negativo e seu módulo é dado pela área hachurada na Figura 2 acima. Assim, o trabalho realizado pelo gás, no percurso completo abc, é dado pela soma algébrica das áreas 1 (positiva) e 2 (negativa) e é mostrado graficamente na Figura 3 ao lado. Seu módulo vale $\pi.a^2 / 2$. **Letra C - FALSA**

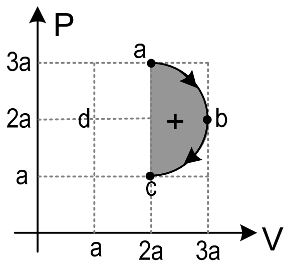


Figura 3

Por que a letra E está correta ?
Note que o estados **a** e **b** têm temperaturas iguais, como se pode notar de Clapeyron T = P.V /n.R. Assim, a variação da energia interna $\Delta Uab = 0$ e, portanto, vem:
$\Delta Uab = Qab - Tab$
$0 = Qab - Tab \Rightarrow Qab = Tab$ = área sombreada na Figura 1.
A área sombreada na Figura 1 é a área de um retângulo mais a área de 1/4 de um círculo, que somando, de fato, resulta $(2 + \pi/4).a^2$. Faça a conta no seu rascunho aih, sem preguiça, ok ? ☺

Questão 60 - resolução

O estado inicial A tem pressão e volume iguais a 6 atm e 6 litros. O estado final B tem pressão e volume iguais a 4 atm e 9 litros. Qual estado tem maior temperatura, A ou B ? Pela equação de Clapeyron T = P.V / n.R, vemos que as temperaturas são iguais, portanto, não ocorre variação da energia interna nesse processo $\Delta U = 0$, e portanto, temos $\Delta U = Q - T = 0 \Rightarrow Q = T \Rightarrow T = 240$ J. ☺ (dá raiva né)

Questão 61 - resolução

$$\frac{Cp}{Cv} = 1{,}4 \quad \Rightarrow \quad Cp = 1{,}4.Cv\ , \quad \text{com } Cp - Cv = R = 2 \text{ cal/mol.k}$$

Resolvendo o sistema de equações, temos Cp = 7 cal/mol.k e Cv = 5 cal/mol.k.
Qual temperatura o gás deve atingir, para que sua pressão aumente de 12 atm para 15 atm, isovolumetricamente ?

$$\frac{P}{T} = \frac{P'}{T'} \quad \Rightarrow \quad \frac{12atm}{300k} = \frac{15atm}{T'} \quad \Rightarrow \quad T' = 375k$$

Quanto de calor Qv se deve fornecer ao gás isovolumetricamente, para que sua temperatura aumente de 300k para 375 k ?

$$Qv = n.Cv.\Delta T = \frac{m}{M}.Cv.\Delta T = \frac{1\,g}{37g}.5.(375 - 300) = 10{,}1 \text{ cal}$$

Questão 64 - resolução

Em toda transformação adiabática, vale a relação :

$$P.(V)^{\gamma} = K = \text{constante}, \quad \text{com } P = \frac{n.R.T}{V}, \text{substituindo, vem:}$$

$$\frac{n.R.T}{V}.(V)^{\gamma} = K \quad \Rightarrow \quad T.(V)^{\gamma-1} = \frac{K}{n.R} = \text{constante} \quad \Rightarrow \quad T.(V)^{\gamma-1} = K'$$

Ou, seja, o produto $T.(V)^{\gamma-1}$ também é constante, numa transformação adiabática. Assim:

$$(Ti).(Vi)^{\gamma-1} = (Tf).(Vf)^{\gamma-1} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{Ti}{Tf}\right) = \left(\frac{Vf}{Vi}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{2.Vi}{Vi}\right)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1}$$

Questão 65 - resolução

Seguindo um raciocínio semelhante ao da questão anterior, também podemos demonstrar que, em toda transformação adiabática, também se mantém constante o produto $(P)^{1-\gamma}.(T)^{\gamma}$, isto é, $(P)^{1-\gamma}.(T)^{\gamma} = K$.

$$P.(V)^{\gamma} = K = \text{constante}, \quad \text{com } V = \frac{n.R.T}{P}, \text{substituindo, vem:}$$

$$P.\left(\frac{n.R.T}{P}\right)^{\gamma} = K \quad \Rightarrow \quad P^{1-\gamma}.T^{\gamma} = \frac{K}{(n.R)^{\gamma}} = \text{constante} \quad \Rightarrow \quad P^{1-\gamma}.T^{\gamma} = K'$$

A alternativa errada é a letra D mesmo.

Questão 72 - resolução

(Preste muita atenção às unidades físicas).

Toda a Emec é convertida em energia térmica, na forma de calor sensível:

$$M.g.H = M.c.\Delta\theta \quad \Rightarrow \quad c = \frac{g.H}{\Delta\theta}$$

Conforme explicado em sala de aula, em problemas que misturam Mecânica com Termologia, devemos usar todos os valores no sistema internacional:

$$c = \frac{g.H}{\Delta\theta} = \frac{9{,}8 \times 200}{10} \frac{J}{kg.^{\circ}C} = \frac{196\ .\ 1J}{1\,kg.\ 1^{\circ}C}$$

Como todos os dados estão no SI, o resultado encontrado acima também está no SI. Entretanto, a questão pediu o resultado num outro sistema de unidades. Vamos converter:

$$c = \frac{196\ .\ 1J}{1\,kg.\ 1^{\circ}C} = \frac{(196/4)cal}{(10^3 g).\ 1^{\circ}C} \quad \Rightarrow \quad c \cong 4{,}9.10^{-2} \frac{cal}{g.^{\circ}C}$$

resposta – letra E

Confira abaixo o Sumário da Apostila COMPLETA........ veja que maravilha de Material para garantir o seu sucesso prova de Física do vestibular para Medicina !