HIDROSTÁTICA

A Hidrostática é a área da física que estuda as forças atuantes em fluidos em equilíbrio. Por isso, pode também ser chamada de Fluidostática, apesar de o primeiro nome ser recorrentemente mais utilizado.

1. Definições iniciais

- Densidade (massa específica ou massa volumétrica): grandeza escalar definida pela razão entre a massa m e o volume V de uma substância.

Unidade no SI: kg/m^3

$$\boxed{\mu = \frac{m}{V}}$$

- Peso específico: grandeza escalar definida pela razão entre o peso $P = m.g$ e o volume V de uma substância.

Unidade no SI: N/m^3

$$\boxed{\rho = \frac{P}{V}}$$

- Pressão média: imagine a seguinte situação. Um homem, com o dedo indicador, pressiona uma parede lisa e rígida que está fixa. Obviamente, nada acontece. Com a mesma força, pressiona a ponta de um prego fixado, e ele perfura o seu dedo. O que fez com que a entrada no prego fosse facilitada é a diferença da distribuição superficial da força exercida pelo homem.

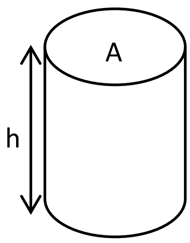
Entra aí o conceito de *pressão média*, que é a grandeza **escalar** utilizada para mensurar essa distribuição de uma força perpendicular a uma superfície.

Unidade no SI: $N/m^2 = Pa\ (pascal)$

$$\boxed{p = \frac{|\vec{F}|}{A}}$$

2. Pressão Hidrostática

Considere um cilindro reto vertical de área da base A e altura h, com um fluido de densidade μ enchendo-o completamente. Vamos calcular a pressão p exercida por ele no fundo do cilindro:



$$p = \frac{P}{A} = \frac{m.g}{A}$$

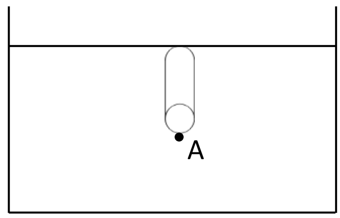
$$m = \mu.V \rightarrow p = \frac{\mu.V.g}{A}$$

$$V = A.h \rightarrow$$

$$\boxed{p = \mu.g.h}$$

- Pressão em um ponto

Veja que, na fórmula encontrada anteriormente, a pressão no fundo de um cilindro de fluido não depende da área de sua seção transversal. Portanto, para determinar a pressão em um ponto em particular basta imaginar um cilindro de área tão pequena quanto se queira, de forma que a pressão hidrostática nele é a mesma exercida sobre o fundo do cilindro.

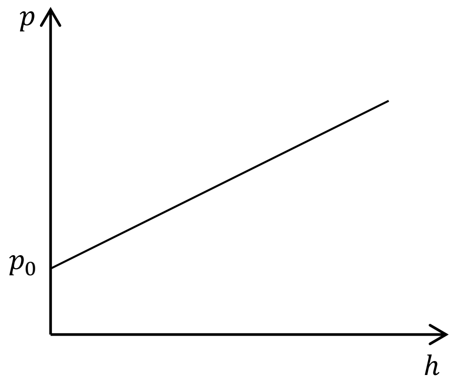


$$p_{hid} = \mu g h$$

Entretanto, para avaliar a *pressão absoluta* (ou *pressão total*) naquele ponto, é preciso levar em consideração a pressão da superfície do fluido p_0 (frequentemente a pressão atmosférica), donde:

$$\boxed{p_A = p_0 + \mu g h}$$

Graficamente:



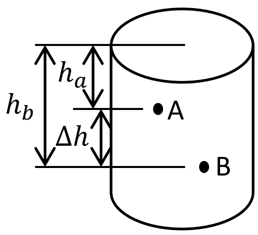
Dessa forma, podemos concluir dois fatos:

1. A pressão cresce com a profundidade;

2. Em um fluido homogêneo, dois pontos de mesma profundidade possuem a mesma pressão.

3. Teorema de Stevin

O Teorema de Stevin nos diz que a diferença de pressão entre dois pontos distintos de um líquido homogêneo em repouso é igual a exercida pela coluna de fluido que os separa. De fato, tomemos dois pontos, A e B, em profundidades, respectivamente, h_a e h_b, como na figura abaixo:



$$p_A = \mu g h_a$$

$$p_B = \mu g h_b$$

$$p_B - p_A = \mu g (h_B - h_A)$$

$$\boxed{p_B - p_A = \mu g \Delta h}$$

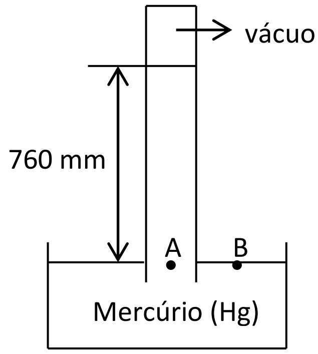
4. Pressão atmosférica, barômetro e a experiência de Torricelli

A atmosfera é composta de gases e sua composição varia de acordo com a altitude tomada, ou seja, é um fluido não-homogêneo. Sua densidade diminui com o aumento da distância à superfície terrestre, e por isso o ar fica mais rarefeito à medida em que subimos. Assim, a pressão exercida pela atmosfera sobre um corpo exposto a ela também é variável!

Entretanto, para a realização de muitos experimentos, se faz necessário conhecer o valor da *pressão atmosférica* do local, e isso é feito com o auxílio de um dispositivo chamado *barômetro*.

O primeiro barômetro foi inventado no século XVII pelo físico Torricelli, e o seu dispositivo criado, apesar de não ser mais amplamente utilizado, possui grande importância histórica e seu estudo é cobrado em vestibulares até hoje. Por isso, vejamos mais sobre ele.

O cientista procedeu da seguinte forma: em um recipiente contendo mercúrio (líquido nas condições ambientes), ele emborcou um tubo completamente cheio do mesmo elemento, como pode ser visto na figura abaixo.



Ao realizar diversas medições, observou que a altura da coluna sempre possuía o mesmo valor (760 mm ao nível do mar e a 0ºC), independendo da altura ou do formato do tubo.

Mas isso já era o esperado, certo? Afinal, tomando os pontos A e B na altura da superfície, como na figura, temos o seguinte: p_A é a pressão exercida apenas pela coluna de mercúrio, uma vez que acima dela existe vácuo, que não exerce força sobre o líquido (atente para quando isso não acontecer em exercícios, pois nesses casos será preciso considerar a pressão do gás em questão) e p_B é gerada apenas pela atmosfera. Dessa maneira:

$$p_{atm} = \mu gh \rightarrow h = \frac{p_{atm}}{\mu g}$$

Observe que essa fórmula explica também por que o mercúrio foi o líquido escolhido. Por apresentar elevada densidade, a altura da coluna necessária para equilibrar é menor (para uma coluna de água, por exemplo, seria necessária uma altura aproximada de 10 metros para realizar a mesma experiência).

- Unidades práticas de pressão

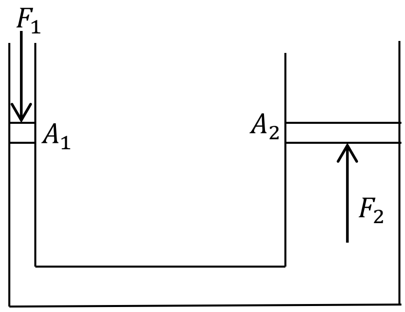
Existem outras unidades, além do Pa, que são utilizadas para a medição de pressão. Veremos abaixo algumas das mais frequentes nos vestibulares:

Unidade	Símbolo	Equivalência de unidades
Milímetro de mercúrio	mmHg	133,28 Pa
Torricelli	torr	1 mmHg 133,28 Pa
Atmosfera	atm	760 mmHg $1{,}013.10^5$ Pa

5. Princípio de Pascal

O Princípio de Pascal nos diz que qualquer alteração de pressão produzida em um líquido em equilíbrio é transmitida integralmente a todos os pontos do líquido, assim como às paredes do recipiente.

A principal aplicação desse princípio é a multiplicação da intensidade de uma força, fator fundamental para a construção de ferramentas hidráulicas como prensas, freios, elevadores, direções, amortecedores etc. Essa multiplicação ocorre da seguinte forma: imagine um tubo em U no formato a seguir, com áreas de seção A_1 e $A_2 = 100.A_1$, fechados em suas extremidades, com uma força F_1atuando verticalmente para baixo na tampa de área A_1. Uma força F_2 é transmitida à segunda placa, e ela será calculada da seguinte forma:



Pelo Princípio de Pascal, a pressão P_1 que é transmitida à primeira tampa, é transmitida integralmente a todos os pontos do tubo. Assim:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1}.F_1 \rightarrow$$

$$F_2 = 100.F_1$$

Ou seja, a força transmitida foi aumentada em 100 vezes! Observe ainda que, para um caso geral, tendo $A_2 = k.A_1$, para qualquer $k \in \mathbb{R}_+$, teríamos a força aumentada em k vezes.

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

Em contrapartida, ocorre uma perda na questão do deslocamento. Para gerar uma ampliação de k vezes na força, é necessário um deslocamento também k vezes maior, como veremos a seguir.

Temos que o volume deslocado ΔV_1 deve ser igual ao volume deslocado ΔV_2, pois nenhum líquido é perdido. Assim, no exemplo dado temos:

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \rightarrow A_1.\Delta s_1 = A_2.\Delta s_2 = 100.A_1 \Delta s_2$$

$$\Delta s_1 = 100.\Delta s_2$$

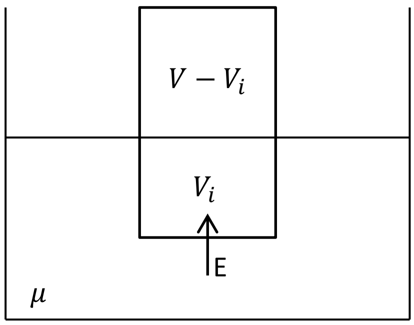
De forma geral, $\Delta s_1 = k.\Delta s_2$

$$\boxed{A_1.\Delta s_1 = A_2.\Delta s_2}$$

6. Teorema de Arquimedes

Estabelece que em qualquer corpo mergulhado em um fluido em equilíbrio, surge uma força de direção vertical, aplicada de baixo para cima no centro de gravidade do volume de fluido deslocado pelo corpo e com intensidade igual ao peso desse volume. A essa força é dado o nome de *empuxo*.

Considere o exemplo a seguir, com um corpo de volume V mergulhado em um fluido de densidade μ. A fração V_i encontra-se imersa.



$$\boxed{E = \mu g V_i}$$

Obs.: o chamado *peso aparente* é a resultante entre o peso P e o empuxo E, e possui intensidade $P_{AP} = P - E$. Para um corpo em equilíbrio (flutuando ou submerso), devemos ter $P_{AP} = 0$.

7. Exercícios

Então, galera, agora chegou a hora mais divertida (e sofrida) da apostila: os exercícios. Eu os dividi da seguinte forma:

Nível 1: contém exercícios que não somente abordam conceitos básicos da matéria, que em geral consistem em aplicação direta de alguma fórmula ou teoria, mas também algumas ideias fundamentais para a caracterização matemática de um problema, o primeiro passo na resolução de uma questão difícil. Total de 25 problemas de vestibulares de todo o Brasil.

Nível 2: contém questões mais elaboradas em que a aplicação direta de fórmulas muitas vezes não será suficiente. Esses exercícios trabalharão na consolidação da teoria, o “saber de onde vêm as coisas”, para a aplicação em situações diferentes, como é cobrado nos vestibulares ITA e IME. A partir daqui, alguns conhecimentos de outras áreas da física serão necessários eventualmente. São 16 exercícios do IME, dos vestibulares de 1964 a 2000, e 20 do ITA, de 1990 a 2000, apresentadas em ordem cronológica.

Como observação particular, para a otimização do tempo, recomendo aos que já tiverem um certo domínio sobre a matéria, pular os exercícios de Nível 1 e passarem direto para o Nível 2, que trabalha de forma mais direta o que será cobrado.

Por fim, desejo bons estudos e muito sucesso a todos! Sou o Fernando Machado (Saquarema, T-16) e quaisquer observações, tais como dúvidas, correções e sugestões, são sempre bem-vindas! Podem entrar em contato comigo através do email fernando.ita16@gmail.com. Forte abraço, futuros bixos e bixetes!

“For those about to do ITA, we salute you!”

AC/DC, 1981

(mentira, o AC/DC não disse isso, mas fica a mensagem, haha)

Nível 1

01. (FUVEST-SP) Os chamados “Buracos Negros”, de elevada densidade, seriam regiões do Universo capazes de absorver matéria, que passaria a ter a densidade desses Buracos. Se a Terra, com uma massa de 10^{27} g, fosse absorvida por um “Buraco Negro” de densidade 10^{24} g/cm³, ocuparia um volume comparável ao:

(a) de um nêutron.

(b) de uma gota d’água.

(c) de uma bola de futebol.

(d) da Lua.

(e) do Sol.

02. (UFPA-PA) Um cristal de quartzo de forma irregular tem massa de 42,5 g. Quando submerso em água num tubo de ensaio de raio 1,5 cm, o nível da água sobe de 2,26 cm. A densidade do cristal em kg/m³ é:

(a) 2,66

(b) 26,6

(c) $2{,}66 \cdot 10^2$

(d) $2{,}66 \cdot 10^3$

(e) $2{,}66 \cdot 10^4$

03. (FUVEST-SP) Duas substâncias, A e B, são colocadas num recipiente, uma após a outra. Durante o preenchimento, são medidos continuamente a massa e o volume contidos no recipiente. Com estes dados contrói-se o gráfico ao lado. As massas específicas (densidades) de A e B, em g/cm³, são, respectivamente:

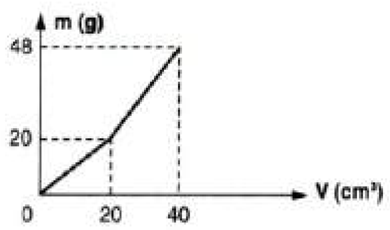
(a) 1,0 e 1,2

(b) 2,0 e 4,8

(c) 1,0 e 1,4

(d) 2,0 e 4,0

(e) 2,0 e 3,0



04. (FGV-SP) Uma peça maciça é formada de ouro (densidade = 20 g/cm³) e prata (densidade = 10 g/cm³). O volume e a massa da peça são, respectivamente, 625 cm³ e 10 kg. Podemos então afirmar que a massa de ouro contida na peça é igual a:

(a) 5000 g

(b) 6250 g

(c) 6900 g

(d) 7250 g

(e) 7500 g

05. (CESGRANRIO-RJ) Você está em pé sobre o chão de uma sala. Seja p a pressão média sobre o chão debaixo das solas dos seus sapatos. Se você suspende um pé, equilibrando-se numa perna só, essa pressão média passa a ser:

(a) p

(b) $^1/_2$

(c) p^2

(d) $2p$

(e) $^1/_{p^2}$

06. (UFRS-RS) Um gás encontra-se contido sob a pressão de $5{,}0 \cdot 10^3$ N/m² no interior de um recipiente cúbico, cujas faces possuem uma área de 2,0 m². Qual é o módulo da força média exercida pelo gás sobre cada face do recipiente?

(a) $1{,}0 \cdot 10^4$ N

(b) $7{,}5 \cdot 10^3$ N

(c) $5{,}0 \cdot 10^3$ N

(d) $2{,}5 \cdot 10^3$ N

(e) $1{,}0 \cdot 10^3$ N

07. (CESUPA-PA) Confeccionou-se um paralelepípedo com 110 kg de certo material e obteve-se um sólido com densidade média igual a 2,75 g/cm³. Colocando-se este sólido sobre um plano horizontal de forma que a face da maior área fique em contato com o plano, verifica-se que a pressão exercida sobre este é igual a 1375 N/m². Nestas condições, e considerando g = 10 m/s², pode-se afirmar que a menor das dimensões do paralelepípedo, em centímetros, é:

(a) 1,0

(b) 2,0

(c) 3,0

(d) 4,0

(e) 5,0

08. (UFRS-RS) O fato de um centímetro cúbico de mercúrio pesar aproximadamente 14 vezes mais do que um centímetro cúbico de água permite concluir que a pressão atmosférica é capaz de sustentar um coluna de água cuja altura mais aproximada é igual a:

Dado: 1 atm = 760 mmHg

(a) 0,7 m

(b) 1 m

(c) 7 m

(d) 10 m

(e) 100 m

09. (UFCE-CE) Um mergulhador pode suportar uma pressão máxima de 10 vezes a pressão atmosférica p_0. Tomando g = 10 m/s² e p_0 = 1,0 . 10^5 N/m², calcule a que profundidade máxima, em metros, pode o mergulhador descer abaixo da superfície de um lago, onde a densidade da água é 1,0 . 10^3 kg/m³.

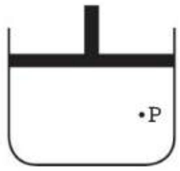
10. (PUC-SP) A transfusão de sangue é feita ligando-se à veia do paciente um tubo que está conectado a uma bolsa de plasma. A bolsa situa-se a uma altura aproximada de 1,0 m acima do braço do paciente. A pressão venosa é 4 mmHg. Desprezar a pressão do ar no interior da bolsa de plasma.

(a) Qual a pressão do plasma ao entrar na veia, em mmHg?

(b) O que aconteceria se o tubo fosse ligado numa artéria cuja pressão média é 100 mmHg?

Dados: densidade do plasma: d = 1 g/cm³; pressão atmosférica: p = 10^5 N/m² = 760 mmHg.

11. Na figura, que representa um líquido colocado num recipiente indeformável, a pressão no ponto P é de 1,50 . 10^5 Pa. Sabendo-se que a área do êmbolo é de 2,00 cm² e que foi feita uma força vertical para baixo de 10,0 N sobre o êmbolo, a nova pressão no ponto P é de:



(a) 2,00 . 10^5 Pa

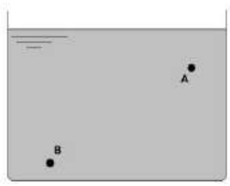
(b) 1,75 . 10^5 Pa

(c) 1,60 . 10^5 Pa

(d) 1,55 . 10^5 Pa

(e) 1,50 . 10^5 Pa

12. (Mackenzie-SP) A figura mostra um recipiente contendo álcool (densidade relativa = 0,80) e dois pontos, A e B, cija diferença de cotas é igual a 17 cm. Adotar g = 9,8 m/s² e densidade relativa do mercúrio igual a 13,6. Sendo a pressão do ponto B igual a 780 mmHg, podemos dizer que a pressão do ponto A é:



(a) 760 mmHg

(b) 765 mmHg

(c) 770 mmHg

(d) 775 mmHg

(e) 790 mmHg

13. (VUNESP-SP) Numa experiência com o barômetro de Torricelli foi utilizado um tubo de vidro que possuía uma torneira adaptada na parte superior. Com o barômetro devidamente montado (torneira fechada) a pressão atmosférica foi lida como 740 mmHg. Inadvertidamente, a torneira foi aberta e rapidamente fechada. A coluna de mercúrio desceu 38 cm. Nessas condições, na superfície livre do mercúrio dentro do tubo, a pressão, em mm de Hg, é de:

(a) zero

(b) 380

(c) 360

(d) 400

(e) 740

14. (UFPR-PR) Se um barômetro de Torricelli fosse construído com óleo de massa específica igual a 0,80 g/cm³, a altura da coluna de óleo nas CNTP seria:

Dado: massa específica do Hg nas CNTP: 13,6 g/cm³.

(a) 0,81 cm

(b) 76,55 cm

(c) 0,81 m

(d) 10,46 m

(e) 12,92 m

15. 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:

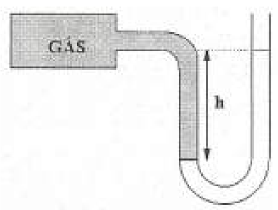
(a) 0,50 atm

(b) 1,0 atm

(c) 1,5 atm

(d) 1,9 atm

(e) 3,8 atm



16, a melhor turma do ITA. (UNEB-BA) Considere o sistema de dois líquidos imiscíveis (1) e (2) de densidades d_1 e d_2, respectivamente, representado na figura. Considerando o sistema em equilíbrio, podemos afirmar que:

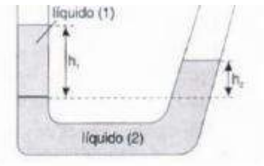
(a) $h_1 d_1 = h_2 d_2 \; e \; d_2 < d_1$

(b) $h_1 d_1 = h_2 d_2 \; e \; d_2 > d_1$

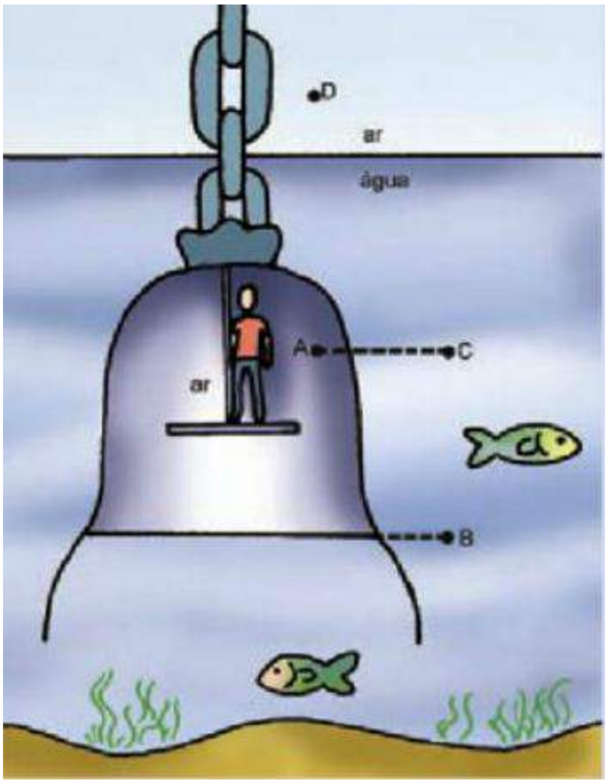
(c) $\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_1}{d_2} \; e \; d_2 < d_1$

(d) $\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_1}{d_2} \; e \; d_2 > d_1$

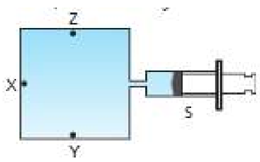
(e) $\frac{h_1}{d_1} = \frac{h_2}{d_2} \; e \; d_2 > d_1$



17. (UFRJ-RJ) Séculos atrás, grandes sinos metálicos eram usados para se recuperar objetos de artilharia do fundo do mar. O sino era introduzido na água, com uma pessoa em seu interior, de tal modo que o ar contido nele não escapasse à medida que o sino afundasse, como indica a figura abaixo. Supondo que no instante focalizado na figura, a água se encontre em equilíbrio hidrostático, compare as pressões nos pontos, A, B, C e D usando os símbolos de ordem > (maior), = (igual) e < (menor). Justifique sua resposta.



18. (UFSE-SE) Na figura está representado um recipiente rígido, cheio de água, e conectao a uma seringa S. X, Y e Z são pontos no interior do recipiente. Se a pressão que o êmbolo da seringa exerce sobre o líquido sofrer um aumento Δp, a variação de pressão hidrostática nos pontos X, Y e Z será, respectivamente, igual a:



(a) Δp, Δp e Δp

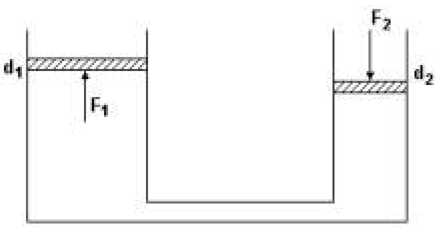
(b) Δp, zero e zero

(c) $\Delta p/3$, $\Delta p/3$ e $\Delta p/3$

(d) zero, $\Delta p/2$ e $\Delta p/2$

(e) zero, Δp e zero.

19. (UEL-PR) Na prensa hidráulica representada a seguir, os diâmetros dos êmbolos são d_1 e d_2 tais que $d_1 = 2d_2$. A relação F_1/F_2 entre as intensidades das forças exercidas nos dois êmbolos, quando situados no mesmo nível, vale:



(a) 4

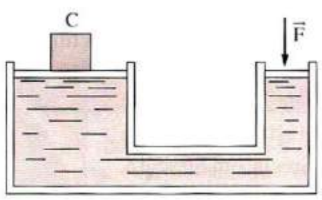
(b) 2

(c) 1

(d) ½

(e) ¼

20. (PUC-RS) A figura esquematiza uma prensa hidráulica. Uma força $\vec{F}$ 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) $F/25$

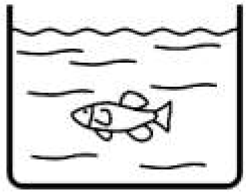
(b) $F/5$

(c) $4F$

(d) $5F$

(e) $25F$

21. (FUVEST-SP) A figura ilustra um peixe parado num aquário.



(a) Indique as forças externas que atuam sobre ele, identificando-as.

(b) O que ocorre quando mecanismos internos do peixe produzem aumento de seu volume? Justifique.

22. (VUNESP-SP) Coloca-se água num recipiente até que o nível do líquido fique na altura do bico lateral. Quando uma pedra é colocada no interior do recipiente, ela afunda, o nível da água sobe, parte do líquido se escoa pelo bico e seu nível volta à posição original. Sejam P_1 o peso do conjunto água + recipiente antes da introdução da pedra e P_2 o peso do conjunto água + recipiente + pedra após o líquido haver voltado ao nível original.

(a) P_2 é igual, maior ou menor que P_1?

(b) Justifique a sua resposta.

23. (FEI-SP) Sabe-se que a densidade do gelo é 0,92 g/cm³, a do óleo é 0.8 g/cm³ e a da água é de 1,0 g/cm³. A partir destes dados podemos afirmar que:

(a) o gelo flutua no óleo e na água.

(b) o gelo afunda no óleo e flutua na água.

(c) o óleo flutua sobre a água e o gelo flutua sobre o óleo.

(e) a água flutua sobre o gelo e afunda sobre o óleo.

24. (PUC-SP) A figura mostra um bloco maciço e homogêneo em forma de cubo, com aresta 2 metros e mass 800 kg, flutuando em água de densidade 10³ kg/m³, 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:

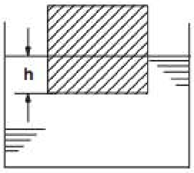
(a) 2 metros

(b) 1 metro

(c) 0,2 metro

(d) 0,1 metro

(e) zero



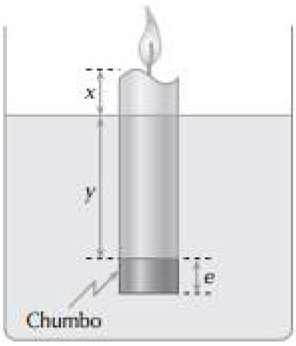
25. (VUNESP-SP) Na extremidade inferior de uma vela fixa-se um cilindro de chumbo. A vela é acesa e imersa em água, conforme o abaixo, ficando inicialmente em equilíbrio. Suponhamos que não escorra cera fundida enquanto a vela queima. Nestas condições, enquanto a vela queima:

(a) x permanece constante e y diminui.

(b) x aumenta e y diminui.

(c) o valor da relação x/y permanece constante.

(d) x chega a zero antes de y.(e) depois de certo tempo, a vela tende a tombar para o lado.



Nível 2

26. (IME) Se utilizássemos o álcool de massa específica igual a 0,8 g/cm³, qual deveria ser a altura da coluna, na experiência de TORRICELLI, quando a pressão fosse de 1 atmosfera? Massa específica do mercúrio = 13,6 g/cm³.

27. (IME) Dois líquidos imiscíveis em um tubo em U (seção constante) tem as densidades na relação de dez para um: o menos denso tem a superfície livre 10 cm acima da separação dos líquidos. Qual a diferença de nível entre as superfícies livres nos dois ramos do tubo?

28. (IME duas vezes) Um balão de borracha, esférico, perfeitamente elástico e de peso desprezível é cheio com 1 kg de um gás ideal que ocupa 2 litros nas condições ambientais de 20 ºC de temperatura e pressão barométrica de 10^5 Pa. Depois de cheio o balão é mergulhado lentamente em um poço profundo que contém água pura à temperatura de 20 °C, de tal modo que a temperatura do gás não varie. Supondo-se que o balão permaneça esférico e que esteja totalmente imerso, determine a que profundidade, medida da superfície do líquido ao centro do balão, o mesmo permanecerá parado quando solto. Considere a gravidade local g = 10 m/s² e a massa específica da água = 1 g/cm³.

29. (IME) Calcular a densidade, em relação a água, de um líquido que se eleva num tubo barométrico a uma altura de 20 m, num local onde a pressão atmosférica é de 0,5 kgf/cm².

30. (IME) Um balão, de peso desprezável, contendo um gás de massa específica 0,2 g/L, ocupa um volume de 1000 m³. Calcular a força ascencional do balão, em kgf, à pressão atmosférica normal e à temperatura de 27ºC.

Dados:

Constante universal dos gases perfeitos: $R = 0{,}082\ \frac{atm.L}{mol.K}$

Massa molecular do ar: 29 u.m.a.

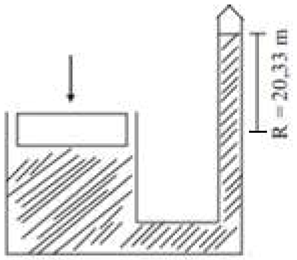
31. (IME) Calcular, em kgf, a força vertical F, aplicada no pistão de massa desprezível, da figura abaixo. O fluido comprimido é água, e no tubo B, onde a coluna atinge 20,33 m (acima do pistão), foi feito vácuo perfeito antes da aplicação da força.

Dados:

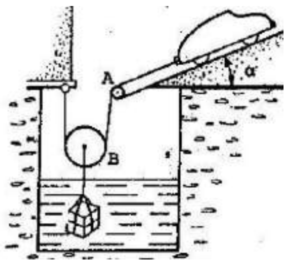
Peso específico da água: 1000 kgf/m³

Área do pistão: 0,1 dm²

Pressão atmosférica: 1,033 kgf/cm²

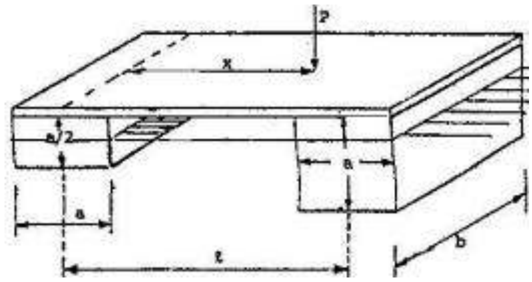


32. (IME) O automóvel de massa m_1, representado na figura, está subindo a rampa de inclinação com uma aceleração constante.



Preso ao automóvel existe um cabo de massa desprezível o qual passa por uma roldana fixa A e por uma roldana móvel B, ambas de massa desprezível, tendo finalmente a outra extremidade fixa em D. Ao eixo da roldana móvel, cujos fios são paralelos, está presa uma caixa cúbica de volume v e massa m_2 imersa em um líquido de massa específica ρ. Sabendo-se que o automóvel, partindo do repouso, percorreu um espaço e em um intervalo de tempo t e que a caixa permaneceu inteiramente submersa neste período, calcular a força desenvolvida pelo conjunto motor do automóvel. Desprezar a resistência oferecida pelo líquido ao deslocamento da caixa.

33. (IME) O flutuador da figura é constituído de duas vigas de madeira de comprimento b e seções $a\,x\,a$ e $a\,x\,a/2$ distantes l de centro a centro.



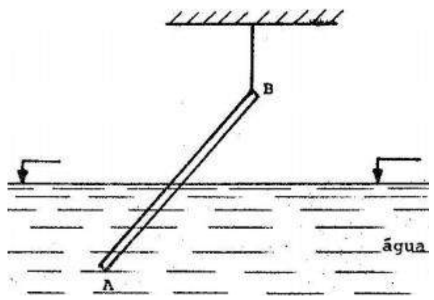
Sobre as vigas existe uma plataforma de peso desprezível. Determinar, em função de $a, b, l\,, P$ e γ a posição da carga x para que a plataforma permaneça na horizontal.

Dados:

γ = peso específico da água.

Densidade da madeira em relação à água = 0,80.

34. (IME) Uma barra uniforme e delgada AB de 3,6 m de comprimento, pesando 120 N, é segura na extremidade B por um cabo, possuindo na extremidade A um peso de chumbo de 60N. A barra flutua, em água, com metade do seu comprimento submerso, como é mostrado na figura abaixo.



Desprezando empuxo sobre o chumbo, calcule:

a) O valor da força de tração no cabo.

b) O volume total da barra.

Dados:

g = 10 m/s² - aceleração da gravidade;

ρ = 1000 kg/m³ - massa específica da água.

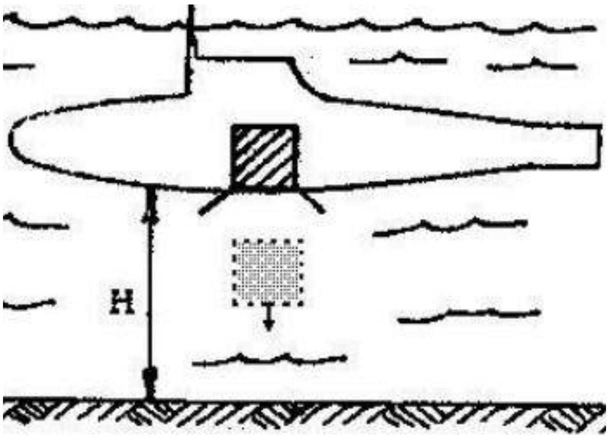
35. (IME) Uma esfera oca, de ferro, pesa 300N. Na água seu peso aparente é de 200N. Calcule o volume da parte oca da esfera.

Dados:

massa específica do ferro = $7,8 . 10^3$ kg/m³

g = 10 m/s²

36. (IME) Um submarino inimigo encontra-se a uma altura H do fundo do mar, numa região onde a gravidade vale g e a água pode ser considerada um fluido não viscoso, incompressível, com massa específica ρ. Subitamente, a nave solta do seu interior uma misteriosa caixa cúbica de volume h³ e massa específica $1,2\rho$. Determine o tempo que a caixa gasta até tocar o solo. (figura abaixo)



Dados:

g = 10 m/s²

H = 7,5 m

ρ = 1000 kg/m³

H = 2 m

37. (IME) Uma bola de borracha de massa m e raio R é submersa a uma profundidade h em um líquido de massa específica ρ. Determine a expressão da altura, acima do nível do líquido que a bola atingirá ao ser liberada.

OBS.: Desprezar as resistência da água e do ar e a possível variação volumétrica da bola.

38. (IME) Um corpo constituído de um material de densidade relativa à água igual a 9,0 pesa 90 N. Quando totalmente imerso em água , seu pelo aparente é de 70 N. Considere a aceleração local da gravidade g = 10 m/s² e a massa específica da água igual a 1,0 g/cm³.

a) Faça o diagrama das força que atuam no corpo imerso na água e identifique essas forças;

b) Conclua, por cálculo, se o corpo é oco ou maciço.

39. (IME) Um objeto de massa m é construído ao seccionar-se ao meio um cubo de aresta a pelo plano que passa pelos seus vértices ABCD , como mostrado nas figuras abaixo. O objeto é parcialmente imerso em água, mas mantido em equilíbrio por duas forças F1 e F2. Determine:

a) o módulo do empuxo que age sobre o objeto;

b) os pontos de aplicação do empuxo e do peso que agem sobre o objeto;

c) os módulos e os pontos de aplicação das forças verticais F1 e F2 capazes de equilibrar o objeto.

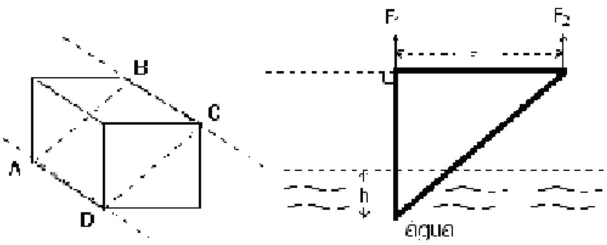
Dados:

. aceleração da gravidade (g);

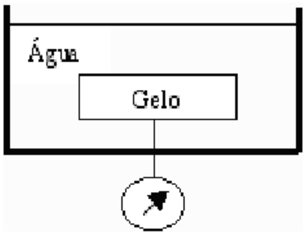
. massa específica da água (μ);

. profundidade de imersão (h);

. a massa m é uniformemente distribuída pelo volume do objeto.



40. (IME) Um cubo de gelo encontra-se totalmente imerso em um reservatório adiabático com 200 ml de água a 25 ºC. Um fino arame o conecta a um dinamômetro que indica uma força de $3{,}2.10^{-1}\,N$. Sabe-se que a densidade da água e do gelo são, respectivamente, 1 g/cm³ e 0,92 g/cm³, enquanto que os calores específicos são respectivamente de 1 cal/gºC e 0,5 cal/gºC. O calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g. Considere a aceleração da gravidade como 10 m/s².



Determine a força indicada pelo dinamômetro quando a temperatura da água for de 15 ºC, assim como a massa do bloco de gelo neste momento.

41. (IME) Em um cubo de massa uniformemente distribuída, com 10 cm de lado, foram feitos 5 furos independentes sobre as diagonais de uma das faces e perpendiculares à mesma. O primeiro furo possui como centro o ponto de enc ontro das diagonais, com raio de 2 cm e profundidade de 7 cm. Os demais furos são idênticos, com centros a 4 cm do centro da face, raios de 1,5 cm e profundidades de 5 cm. Sobre o primeiro furo, solidarizou-se um cilindro de 2 cm de raio e 10 cm de altura, de modo a preencher totalmente o furo. O conjunto foi colocado em um grande recipiente contendo água, mantendo-se a face furada do cubo voltada para cima. Observou-se que o conjunto flutuou, mantendo a face inferior do cubo a 9 cm sob o nível da água. Determine a intensidade e o sentido da força, em Newtons, que deve ser mantida sobre a face superior do cilindro, para manter somente 1 cm de cilindro acima do nível da água.

Dados:

massa específica da água: 1 g/cm³

aceleração da gravidade: 10 m/s²

42. (ITA) Um cone maciço e homogêneo tem a propriedade de flutuar em um líquido com a mesma linha de flutuação, quer seja colocado de base para baixo ou vértice para baixo. Neste caso pode-se afirmar que:

a) A distância da linha d'água ao vértice é a metade da altura do cone.

b) O material do cone tem densidade 0,5 em relação à do líquido.

c) Não existe cone com essas propriedades.

d) O material do cone tem densidade 0,25 em relação ao líquido.

e) Nenhuma das respostas acima é satisfatória.

43. (ITA) Para se determinar a massa específica de um material fez-se um cilindro de 10,0 cm de altura desse material flutuar dentro do mercúrio mantendo o seu eixo perpendicular à superfície do líquido. Posto a oscilar verticalmente verificou-se que o seu período era de 0,60 s. Qual é o valor da massa específica do material ? Sabe-se que a massa específica do mercúrio é de 1,36 x 10^4 kg/m^3 e que aceleração da gravidade local é de 10,0 m/s^2.

a) Faltam dados para calcular.

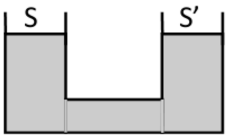
b)1,24 . 104 kg/m^3

c)1,72 . 104 kg/m^3

d) 7,70 . 103 kg/m^3

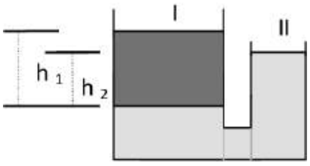
e) Outro valor.

44. (ITA) O sistema de vasos comunicantes da figura cujas secções retas são S e S', está preenchido com mercúrio de massa específica ρ_M. Coloca-se no ramo esquerdo um cilindro de ferro de massa específica $\rho_F < \rho_M$, volume V e secção S". O cilindro é introduzido de modo que seu eixo permaneça vertical. Desprezando o empuxo do ar, podemos afirmar que no equilíbrio:



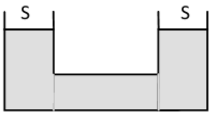
a) há desnível igual a $\rho_F V/\rho_M S'$ entre os dois ramos;
b) o nível sobe $\rho_F V/(\rho_M(S + S' - S''))$ em ambos os ramos;
c) há desnível igual a $\rho_F V/(\rho_M S'')$ entre os dois ramos;
d) o nível sobe $(\rho_m - \rho_F)V/(\rho_M(S + S' - S''))$ em ambos os ramos;
e) o nível sobe V/S'' em ambos os ramos.

45. (ITA) Dois vasos comunicantes contêm dois líquidos não miscíveis, I e II, de massas específicas d_1 e d_2, sendo $d_1 < d_2$, como mostra a figura. Qual é a razão entre as alturas das superfícies livres desses dois líquidos, contadas a partir da sua superfície de separação?



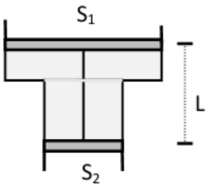
a) $h_1 = d_2/(h_2 d_1)$
b) $h_1/h_2 = (d_2/d_1) - 1$
c) $h_1/h_2 = d_2/d_1$
d) $h_1/h_2 = (d_2/d_1) + 1$
e) $h_1/h_2 = d_1/d_2$

46. (ITA) Os dois vasos comunicantes a seguir são abertos, têm seções retas iguais a S e contêm um líquido de massa específica ρ. Introduz-se no vaso esquerdo um cilindro maciço e homogêneo de massa M, seção S' < S e menos denso que o líquido. O cilindro é introduzido e abandonado de modo que no equilíbrio seu eixo permaneça vertical. Podemos afirmar que no equilíbrio o nível de ambos os vasos sobe:



a) M / [ρ (S - S')]
b) M / [ρ (2S - S')]
c) M / [2ρ (2S – S')]
d) 2M / [2ρ (2S – S')]
e) M / [2ρS]

47. (ITA) Um recipiente, cujas secções retas dos êmbolos valem S1 e S2, está cheio de um líquido de densidade ρ, como mostra a figura. Os êmbolos estão unidos entre si por um arame fino de comprimento L. Os extremos do recipiente estão abertos. Despreze o peso dos êmbolos, do arame e quaisquer atritos. Quanto vale a tensão T no arame?

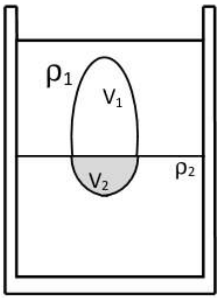


a) $T = \rho g L S_1 S_2/(S_1 - S_2)$
b) $T = \rho g L (S_1)^2/(S_1 - S_2)$
c) $T = \rho g L (S_2)^2/(S_1)$
d) $T = \rho g L (S_1)^2/(S_2)$
e) $T = \rho g L (S_2)^2/(S_1 - S_2)$

48. (ITA) Um tubo de secção constante de área igual A foi conectado a um outro tubo de secção constante de área 4 vezes maior, formando um U. Inicialmente mercúrio cuja densidade é 13,6 g/cm³ foi introduzido até que as superfícies nos dois ramos ficassem 32,0 cm abaixo das extremidades superiores. Em seguida, o tubo mais fino foi completado até a boca com água cuja densidade é 1,00 g/cm³. Nestas condições, a elevação do nível de mercúrio no tubo mais largo foi de:

a) 8,00 cm
b) 3,72 cm
c) 3,33 cm
d) 0,60 cm
e) 0,50 cm

49. (ITA) Num recipiente temos dois líquidos não miscíveis com massas específicas $\rho_1 < \rho_2$. Um objeto de volume V e massa específica ρ, sendo $\rho_1 < \rho < \rho_2$, fica em equilíbrio com uma parte em contato com o líquido 1 e outra em contato com o líquido 2, como mostra a figura. Os volumes V_1 e V_2 das partes do objeto que ficam imersos eme 1 e 2 são, respectivamente:



a) $V_1 = V\left(\frac{\rho_1}{\rho}\right)$; $V_2 = V\left(\frac{\rho_2}{\rho}\right)$

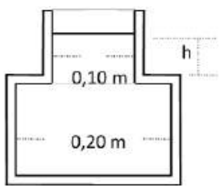
b) $V_1 = \frac{V(\rho_2-\rho_1)}{\rho_2-\rho}$; $V_2 = \frac{V(\rho_2-\rho_1)}{\rho-\rho_1}$

c) $V_1 = \frac{V(\rho_2-\rho_1)}{\rho_2+\rho_1}$; $V_2 = \frac{V(\rho-\rho_1)}{\rho_2+\rho_1}$

d) $V_1 = \frac{V(\rho_2-\rho)}{\rho_2+\rho_1}$; $V_2 = \frac{V(\rho+\rho_1)}{\rho_2+\rho_1}$

e) $V_1 = \frac{V(\rho_2-\rho)}{\rho_2-\rho_1}$; $V_2 = \frac{V(\rho-\rho_1)}{\rho_2-\rho_1}$

50. (ITA) Um recipiente formado de duas partes cilíndricas sem fundo, de massa m = 1,00 kg cujas dimensões estão representadas na figura encontra-se sobre uma mesa lisa com sua extremidade inferior bem ajustada à superfície da mesa. Coloca-se um líquido no recipiente e quando o nível do mesmo atinge uma altura h = 0,050 m, o recipiente sob ação do líquido se levanta. A massa específica desse líquido é, em g/cm³:



a) 0,13

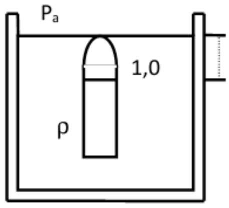
b) 0,64

c) 2,55

d) 0,85

e) 0,16

51. (ITA) Um tubo cilíndrico de secção transversal constante de área S fechado numa das extremidades e com uma coluna de ar no seu interior de 1,0 m encontra-se em equilíbrio mergulhado em água cuja massa específica é ρ = 1,0 g/cm³ com o topo do tubo coincidindo com a superfície (figura abaixo). Sendo $P_a = 1{,}0.10^5$ Pa a pressão atmosférica e $g = 10$ m/s^2 a aceleração da gravidade, a que distância h deverá ser elevado o topo do tubo com relação à superfície da água para que o nível da água dentro e fora do mesmo coincidam?



a) 1,1 m

b) 1,0 m

c) 10 m

d) 11 m

e) 0,91 m

52. (ITA) Embora a tendência geral em Ciências e Tecnologia seja a de adotar exclusivamente o Sistema Internacional de Unidade (SI) em algumas áreas existem pessoas que, por questão de costume, ainda utilizam outras unidades. Na área da Tecnologia do Vácuo por exemplo, alguns pesquisadores ainda costumam fornecer a pressão em milímetros de mercúrio. Se alguém lhe disser que a pressão no interior de um sistema é de $1{,}0.10^{-4}$ mmHg, essa grandeza deveria ser expressa em unidades SI como:

a) $1{,}32.10^{-2}$ Pa

b) $1{,}32\ 10^{-7}$ atm

c) $1{,}32.10^{-4}$ mbar

d) 132 kPa

e) Outra resposta diferente das mencionadas.

53. (ITA) Um anel, que parece ser de ouro maciço, tem massa de 28,5 g. O anel desloca 3 cm^3 de água quando submerso. Considere as seguintes afirmações:

I- O anel é de ouro maciço.

II- O anel é oco e o volume da cavidade 1,5 cm^3.

III- O anel é oco e o volume da cavidade 3,0 cm^3.

IV- O anel é feito de material cuja massa específica é a metade da do ouro.

Das afirmativas mencionadas:

a) Apenas I é falsa.

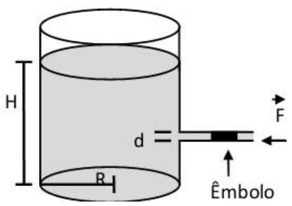
b) Apenas III é falsa.

c) Apenas I e III são falsas.

d) Apenas II e IV são falsas.

e) Qualquer uma pode ser correta.

54. (ITA) Um recipiente cilíndrico de raio R e eixo vertical contém álcool até uma altura H. Ele possui, à meia altura da coluna de álcool, um tubo de eixo horizontal cujo diâmetro d é pequeno comparado a altura da coluna de álcool, como mostra a figura. O tubo é vedado por um êmbolo que impede a saída de álcool, mas que pode deslizar sem atrito através do tubo. Sendo p a massa específica do álcool, a magnitude da força F necessária para manter o êmbolo sua posição é:



a) $\rho\ g\ H\ \pi\ R^2$

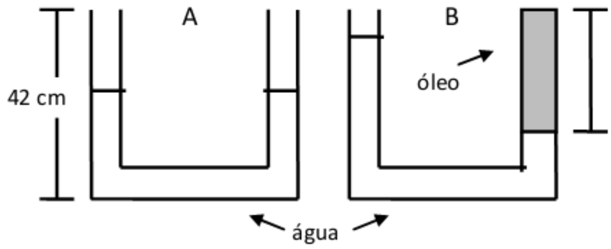
b) $\rho\ g\ H\ \pi\ d^2$

c) $(\rho\ g\ H\ \pi\ R\ d)/2$

d) $(\rho\ g\ H\ \pi\ R^2)/2$

e) $(\rho\ g\ H\ \pi\ d^2)/8$

55. (ITA) Um vaso comunicante em forma de U possui duas colunas da mesma altura h = 42,0 cm, preenchidas com água até a metade. Em seguida, adiciona-se óleo de massa específica igual a 0,80 g/cm³ a uma das colunas até a coluna estar totalmente preenchida, conforme a figura B. A coluna de óleo terá o comprimento de:



a) 14,0 cm.

b) 16,8 cm.

c) 28,0 cm.

d) 35,0 cm.

e) 37,8 cm.

56. (ITA) 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 de gelo está submersa na água. Como está de partida para a Lua, ele pensa em fazer a mesma experiência dentro da sua base na Lua. Dada que o valor da aceleração de gravidade na superfície da Lua é 1/6 do seu valor na Terra, qual é 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%.

57. (ITA) Uma bolha de ar de volume 20,0 mm^3, aderente à parede de um tanque de água a 70 cm de profundidade, solta-se e começa a subir. Supondo que a tensão superficial da bolha é desprezível e que a pressão atmosférica é de 1 x 10^5 Pa, logo que alcança a superfície seu volume é de aproximadamente:

a) 19,2 mm^3

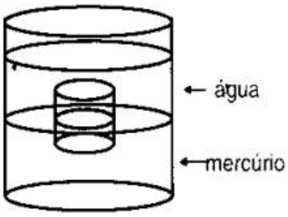
b) 20,1 mm^3

c) 20,4 mm^3

d) 21,4 mm^3

e) 34,1 mm^3

58. (ITA) Um cilindro maciço flutua verticalmente, com estabilidade, com uma fração f do seu volume submerso em mercúrio, de massa especifica D. Coloca-se água suficiente (de massa especifica d) por cima do mercúrio, para cobrir totalmente o cilindro, e observa-se que o cilindro continue em contato com o mercúrio após a adição da água. Conclui-se que o mínimo valor da fração f originalmente submersa no mercúrio é:



a) $\frac{D}{D-d}$

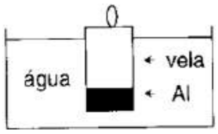
b) $\frac{d}{D-d}$

c) $\frac{d}{D}$

d) $\frac{D}{d}$

e) $\frac{D-d}{d}$

59. (ITA) Na extremidade inferior de uma vela cilíndrica de 10 cm de comprimento (massa especifica 0,7 g.cm-3) é fixado um cilindro maciço de alumínio (massa específica 2,7 g.cm-3), que tem o mesmo raio que a vela e comprimento de 1,5 cm. A vela é acesa e imersa na água, onde flutua de pé com estabilidade, como mostra a figura. Supondo que a vela queime a uma taxa de 3 cm por hora e que a cera fundida não escorra enquanto a vela queima, conclui-se que a vela vai apagar-se:



a) imediatamente, pois não vai flutuar.

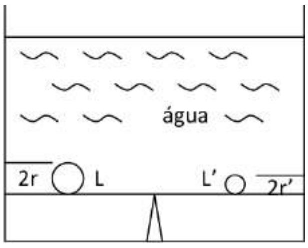
b) em 30 min.

c) em 50 min.

d) em 1h 50 min.

e) em 3h 20 min.

60. (ITA) Duas esferas metálicas homogêneas de raios r e r' e massas específicas de 5 e 10 g/cm³, respectivamente, têm mesmo peso P no vácuo. As esferas são colocadas nas extremidades de uma alavanca e o sistema todo mergulhado em água, como mostra a figura abaixo. (densidade da água = 1,0 g/cm³)



A razão entre os dois braços de alavanca (L/L') para que haja equilíbrio é igual a:

a) 1/2

b) 9/4

c) 9/8

d) 1

e) 9/2

61. (ITA) Um copo de 10 cm de altura está totalmente cheio de cerveja e apoiado sobre uma mesa. Uma bolha de gás se desprende do fundo do copo e alcança a superfície, onde a pressão atmosférica é de 1,01 x 105 Pa. Considere que a densidade da cerveja seja igual a da água pura e que a temperatura e o número de moles do gás dentro da bolha permaneçam constantes enquanto esta sobe. Qual a razão entre o volume final (quando atinge a superfície) e o inicial da bolha?

a) 1,03

b) 1,04

c) 1,05

d) 0,99

e) 1,01

8. Gabaritos

Nível 1

01. (c)

02. (d)

03. (c)

04. (e)

05. (d)

06. (a)

07. (e)

08. (d)

09. 90 m

10. (a) 75 mmHg

    (b) Entraria sangue na bolsa.

11. (a)

12. (c)

13. (b)

14. (e)

15. (c)

16. (b)

17. $P_A = P_B > P_C > P_D$

18. (a)

19. (a)

20. (d)

21. (a) “Peso” verticalmente para baixo e “Empuxo” verticalmente para cima.

    (b) O peixe sobe, porque aumenta a intensidade do empuxo E.

22. (a) $P_2 > P_1$

    (b) Como a pedra afunda, concluímos que $P_{pedra} > E \rightarrow m_{pedra}g > \mu_{liq}v_{desl}g = m_{desl}g \rightarrow P_{pedra} > P_{desl}$

23. (b)

24. (c)

25. (d)

Nível 2

26. 12,5 m

27. 9 cm

28. 10 m

29. 0,25

30. 9,8 . 10^2 kgf

31. 10 kgf

32. $mgsen(\alpha) + \frac{2em_1}{t^2} + \frac{m_2e}{2t^2} + \frac{m_2g}{2} - \frac{\rho vg}{2}$

33. $x = \left(1 + \frac{\gamma a^2 b}{10P}\right)\frac{l}{2}$

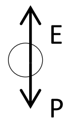
34. (a) 20 N

    (b) 3,2 . 10^{-2} m³

35. 6,15 . 10^{-3} m³

36. 3 s

37. $\left(\frac{4\pi\rho R^3}{3m} - 1\right).h$

38. (a) 

    (b) É oco.

39. (a) $E = \mu g h^3$

    (b) Sendo A a origem do sistema de eixos: P (a/3, -a/3) e E (-a + 2h/3, h/3).

    (c) F1 = 2P/3 – E(1 – h/3a)

    F2 = P/3 – Eh/3a

40. Força: 0,30 N.

    Massa: 345,1 g

41. Força de 7,96 N aplicada verticalmente para cima.

42. B

43. B

44. B

45. C

46. E

47. A

48. E

49. E

50. D

51. A

52. A

53. C

54. E

55. D

56. D

57. D

58. C

59. B

60. C

61. E