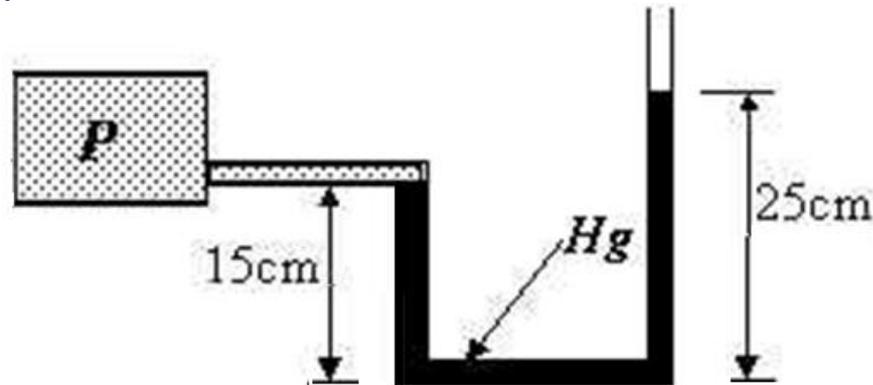


Exercícios do capítulo 2

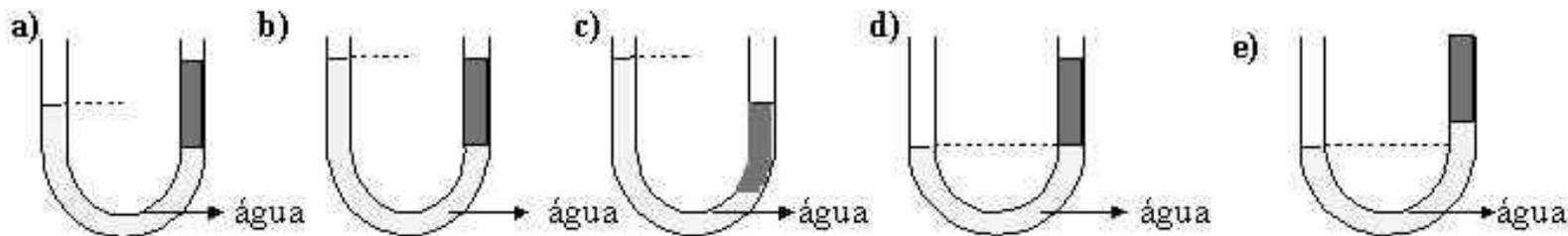
Segundo semestre de 2010

1. (UFOP-93) Para se medir a pressão absoluta de um gás ($p_{\text{gás_abs}}$) usa-se um manômetro, que consiste de um tubo em forma de U contendo Hg ($\rho=13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$). Com base na figura, e sendo a pressão atmosférica $p_{\text{atm}}=1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, determine $p_{\text{gás_abs}}$. Considere a aceleração da gravidade local $g=10 \text{ m/s}^2$.



2. Um reservatório da COPASA, situado no alto do bairro Queluz, em Lafaiete, possui uma altura de aproximadamente 20m. Qual a pressão efetiva que o chão irá sustentar quando o reservatório estiver completamente cheio? Dados: massa específica da água: $\rho=1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; aceleração da gravidade $g=10 \text{ m/s}^2$.

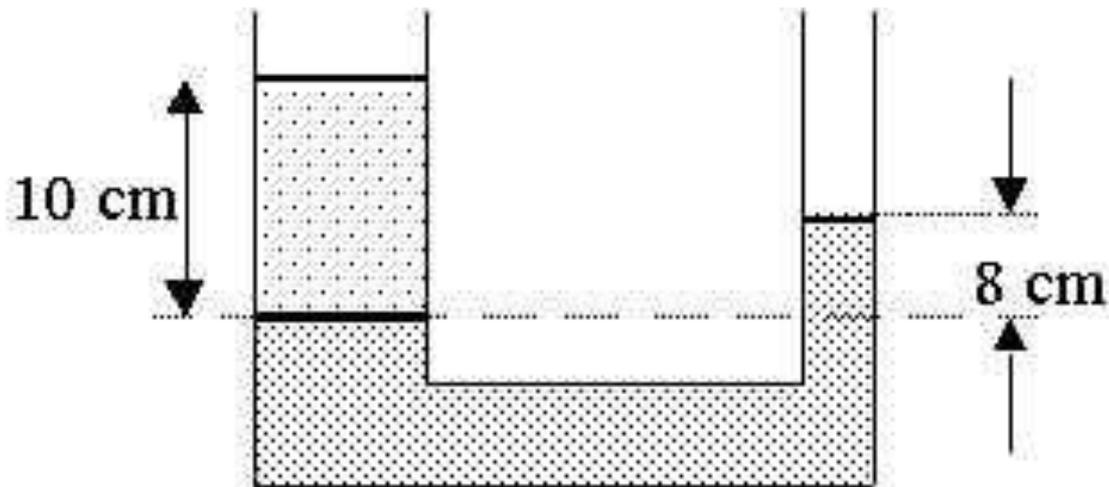
3. (UFMG-95) Um certo volume de água é colocado num tubo em U, aberto nas extremidades. Num dos ramos do tubo, adiciona-se um líquido de densidade menor do que a da água, o qual não se mistura com ela. Após o equilíbrio, a posição dos dois líquidos no tubo está corretamente representada pela figura:



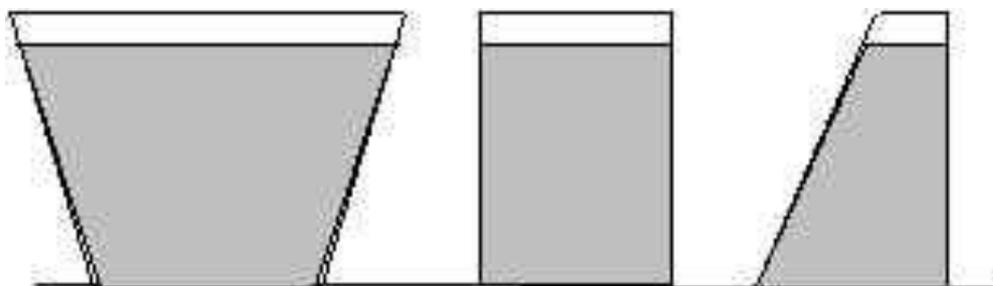
4. (UNIPAC-96) Uma prensa hidráulica possui pistões com diâmetros 10cm e 20cm. Se uma força de 120N atua sobre o pistão menor, pode-se afirmar que esta prensa estará em equilíbrio quando sobre o pistão maior atuar uma força de:

- a) 30N b) 60N c) 480N d) 240N e) 120N

5. Um consumidor, desconfiado da qualidade da gasolina que comprou em um posto, resolveu testar a sua densidade. Em um sistema de vasos comunicantes, contendo inicialmente água ($\rho_R=1$), despejou certa quantidade da gasolina. Após o equilíbrio, o sistema adquiriu a aparência abaixo representada. Determine a densidade da gasolina comprada.

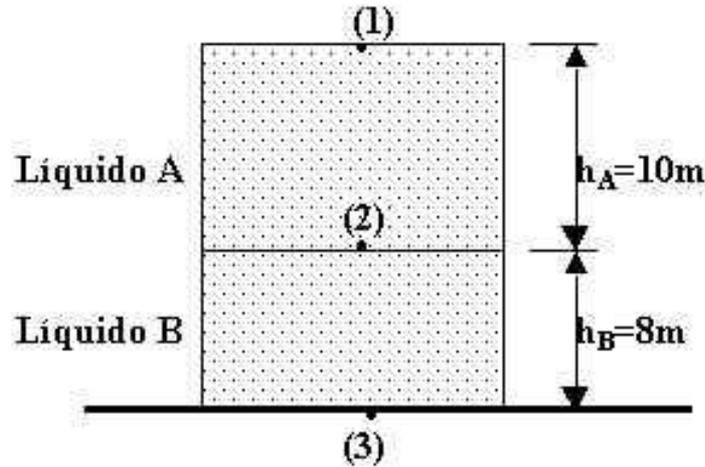


6. (UFMG-97) A figura mostra três vasos V_1 , V_2 e V_3 cujas bases têm a mesma área. Os vasos estão cheios de líquidos l_1 , l_2 e l_3 até uma mesma altura. As pressões no fundo dos vasos são P_1 , P_2 e P_3 , respectivamente. Com relação a essa situação é correto afirmar que:



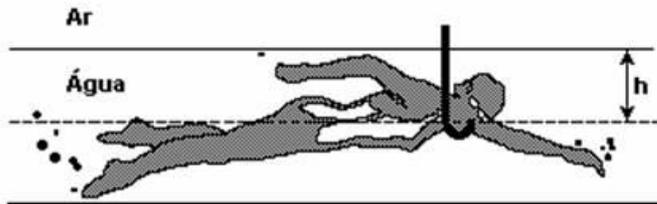
- a) $P_1 = P_2 = P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos.
- b) $P_1 = P_2 = P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .
- c) $P_1 > P_2 > P_3$ somente se os líquidos l_1 , l_2 e l_3 forem idênticos
- d) $P_1 > P_2 > P_3$ quaisquer que sejam os líquidos l_1 , l_2 e l_3 .

7. Um grande reservatório contém dois líquidos, A e B, cujas densidades relativas são, respectivamente, $\rho_{RA}=0,70$ e $\rho_{RB}=1,5$ (veja a figura). A pressão atmosférica local é de $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Qual é, em N/m^2 , a pressão absoluta nos pontos (1), (2) e (3)? Dado: aceleração da gravidade $g=10\text{m/s}^2$.

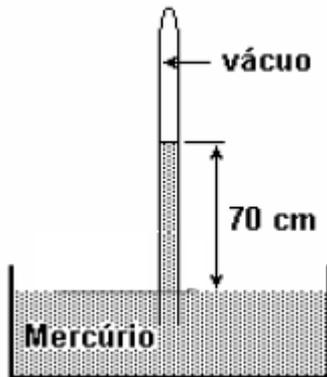


8. Um mecânico equilibra um automóvel, usando um elevador hidráulico. O automóvel pesa 800kgf e está apoiado em um pistão cuja área é de 2.000cm^2 . Determine o valor da força que o mecânico está exercendo na chave, sabendo-se que a área do pistão no qual ele atua é de 25cm^2 .

9. (VUNESP) Um fazendeiro manda cavar um poço e encontra água a 12m de profundidade. Ele resolve colocar uma bomba de sucção muito potente na boca do poço, isto é, bem ao nível do chão. A posição da bomba é:
- a) ruim, porque não conseguirá tirar água alguma do poço;
 - b) boa, porque não faz diferença o lugar onde se coloca a bomba;
 - c) ruim, porque gastará muita energia e tirará pouca água;
 - d) boa, apenas terá de usar canos de diâmetro maior;
 - e) boa, porque será fácil consertar a bomba se quebrar, embora tire pouca água.
10. (Ufpe 2005) É impossível para uma pessoa respirar se a diferença de pressão entre o meio externo e o ar dentro dos pulmões for maior do que 0,05 atm. Calcule a profundidade máxima, h , dentro d'água, em cm, na qual um mergulhador pode respirar por meio de um tubo, cuja extremidade superior é mantida fora da água.



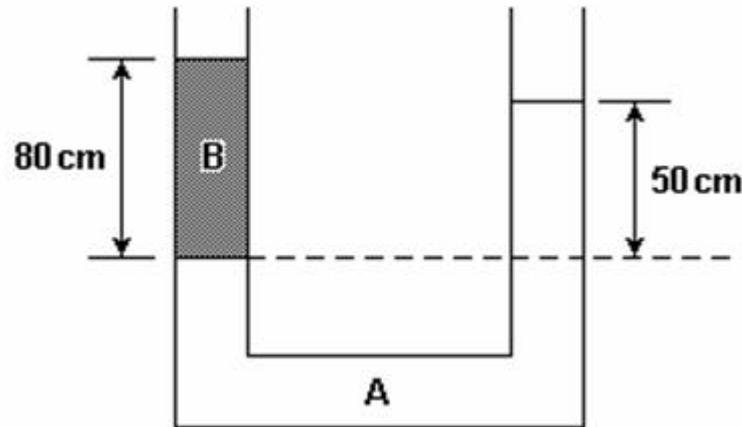
11. (Ufpr 2006) Na reprodução da experiência de Torricelli em um determinado dia, em Curitiba, o líquido manométrico utilizado foi o mercúrio, cuja densidade é $13,6 \text{ g/cm}^3$, tendo-se obtido uma coluna com altura igual a 70 cm , conforme a figura. Se tivesse sido utilizado como líquido manométrico um óleo com densidade de $0,85 \text{ g/cm}^3$, qual teria sido a altura da coluna de óleo? Justifique sua resposta.



12. Um mergulhador que trabalhe à profundidade de 20 m no lago sofre, em relação à superfície, uma variação de pressão, em N/m^2 , devida ao líquido, estimada em
- Dados: $\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$

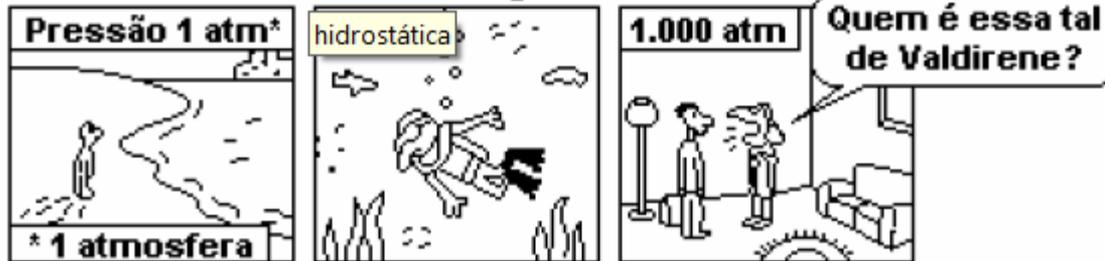
- a) 20 ; b) $2,0 \cdot 10^2$; c) $2,0 \cdot 10^3$; d) $2,0 \cdot 10^4$; e) $2,0 \cdot 10^5$

13. (Unesp 2004) O tubo aberto em forma de U da figura contém dois líquidos não miscíveis, A e B, em equilíbrio. As alturas das colunas de A e B, medidas em relação à linha de separação dos dois líquidos, valem 50 cm e 80 cm, respectivamente.
- a) Sabendo que a massa específica de A é $2,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, determine a massa específica do líquido B.
- b) Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a pressão atmosférica igual a $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, determine a pressão absoluta no interior do tubo na altura da linha de separação dos dois líquidos.



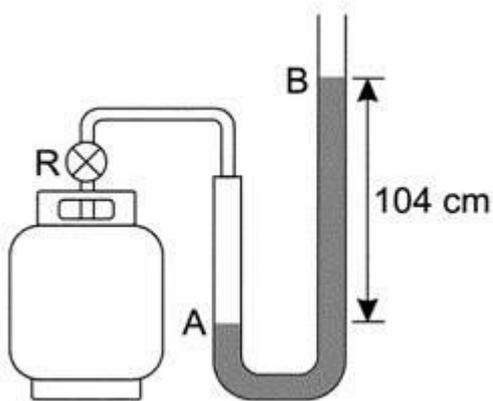
14. (Ufrj 2006) No terceiro quadrinho, a irritação da mulher foi descrita, simbolicamente, por uma pressão de 1000 atm. Suponha a densidade da água igual a 1000kg/m^3 , $1\text{ atm} = 10^5\text{ N/m}^2$ e a aceleração da gravidade $g = 10\text{m/s}^2$. Calcule a que profundidade, na água, o mergulhador sofreria essa pressão de 1000 atm.

LA VIE EN ROSE - Adão Iturrusgarai

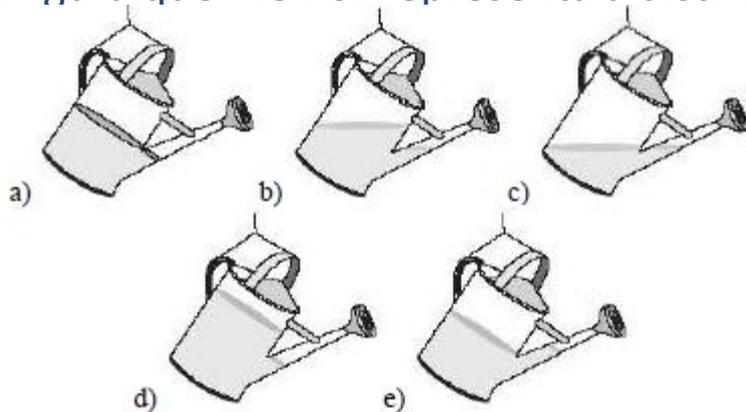


15. (Fuvest-SP) O organismo humano pode ser submetido, sem consequências danosas, a pressão de, no máximo, $4,0 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ e a uma taxa de variação de pressão de, no máximo, $1,0 \cdot 10^4\text{ N/m}^2$ por segundo. Nestas condições: a) Qual a máxima profundidade recomendada a um mergulhador? Adote pressão atmosférica igual a $1,0 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$. b) Qual a máxima velocidade de movimentação na vertical recomendada para um mergulhador?

16. (UNESP 2006) Uma pessoa, com o objetivo de medir a pressão interna de um botijão de gás contendo butano, conecta à válvula do botijão um manômetro em forma de U, contendo mercúrio. Ao abrir o registro R, a pressão do gás provoca um desnível de mercúrio no tubo, como ilustrado na figura. Considere a pressão atmosférica dada por 10^5 Pa, o desnível $h = 104$ cm de Hg e a secção do tubo 2 cm^2 . Adotando a massa específica do mercúrio igual a $13,6 \text{ g/cm}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule a pressão do gás,

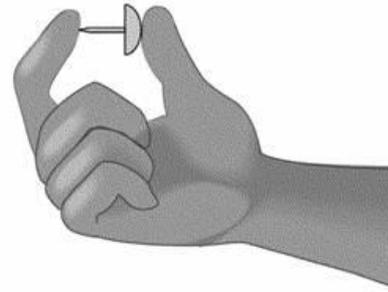


17. (Cesgranrio-RJ) Um regador está em equilíbrio, suspenso por uma corda presa às suas alças. A figura que melhor representa a distribuição do líquido em seu interior é:



18. (UFMG 2006) José aperta uma tachinha entre os dedos, como mostrado nesta figura: A cabeça da tachinha está apoiada no polegar e a ponta, no indicador. Sejam $F(i)$ o módulo da força e $p(i)$ a pressão que a tachinha faz sobre o dedo indicador de José. Sobre o polegar, essas grandezas são, respectivamente, $F(p)$ e $p(p)$. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

- a) $F(i) > F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- b) $F(i) = F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- c) $F(i) > F(p)$ e $p(i) > p(p)$.
- d) $F(i) = F(p)$ e $p(i) > p(p)$.



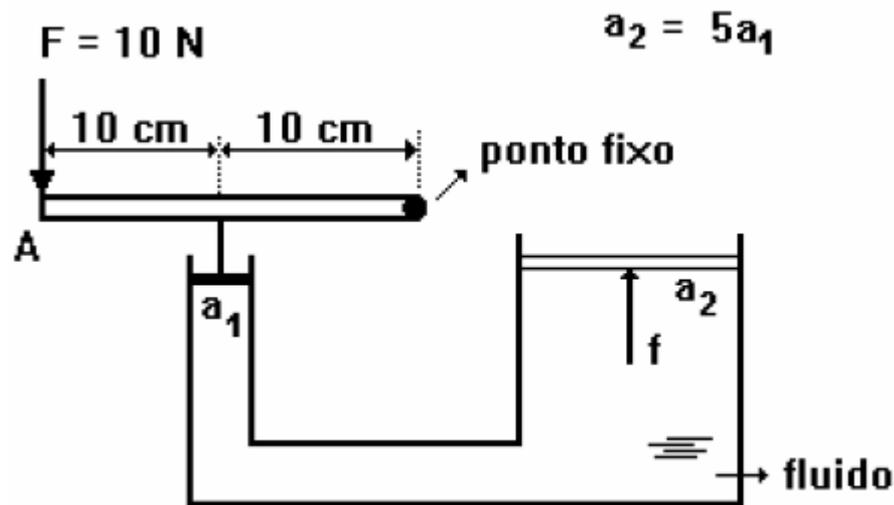
19. (UEPI) Em um toca-discos, a força que a agulha exerce sobre o disco é de $1 \cdot 10^{-3}$ kgf e a ponta da agulha tem uma área de $1 \cdot 10^{-7}$ cm². Considere $1 \text{ atm} = 1 \text{ kgf/cm}^2$. Então, a pressão que a agulha exerce sobre o disco é, em atmosferas, igual a :

- a) $1 \cdot 10^{-4}$; b) $1 \cdot 10^{-3}$; c) $1 \cdot 10^4$; d) $1 \cdot 10^3$; e) $1 \cdot 10^{-10}$

20. (Fatec 98) Um esquema simplificado de uma prensa hidráulica está mostrado na figura a seguir. Pode-se fazer uso de uma alavanca para transmitir uma força aplicada à sua extremidade, amplificando seu efeito várias vezes.

Supondo que se aplique uma força de 10N à extremidade A da alavanca e sabendo que a razão entre a área do êmbolo maior pela área do êmbolo menor é de 5, o módulo da força **F** que o êmbolo maior aplicará sobre a carga será de:

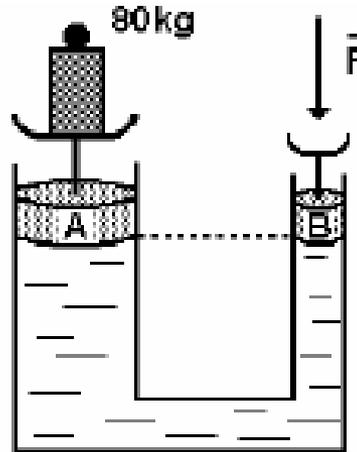
- a) 4 N
- b) 20 N
- c) 50 N
- d) 100 N
- e) 200 N



21. (Mackenzie 98) Dispõe-se de uma prensa hidráulica conforme o esquema a seguir, na qual os êmbolos A e B, de pesos desprezíveis, têm diâmetros respectivamente iguais a 40cm e 10cm. Se desejarmos equilibrar um corpo de 80kg que repousa sobre o êmbolo A, deveremos aplicar em B a força perpendicular **F**, de intensidade:

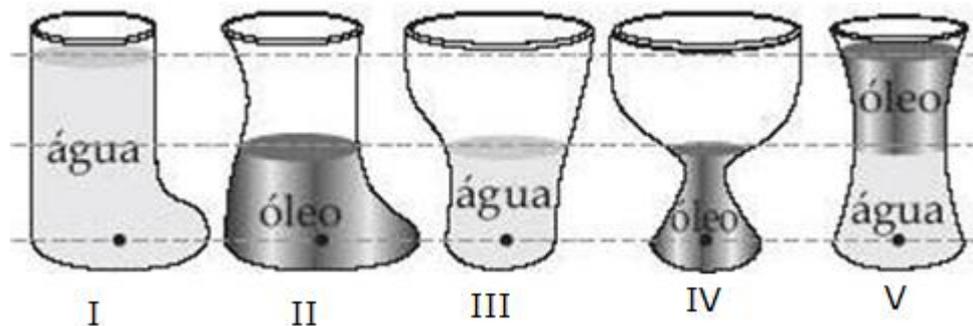
Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 5,0 N
- b) 10 N
- c) 20 N
- d) 25 N
- e) 50 N



22. (FEI-SP) Um oceanógrafo construiu um aparelho para medir profundidades no mar. Sabe-se que o aparelho suporta uma pressão de até $2,0 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ (abs). Qual a máxima profundidade que o aparelho pode medir? Dados: Pressão atmosférica: $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ Densidade da água do mar: $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ Aceleração da gravidade local: 10 m/s^2

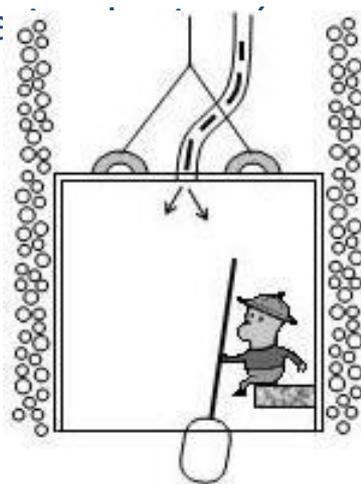
23. (UFMG) Observe a figura.



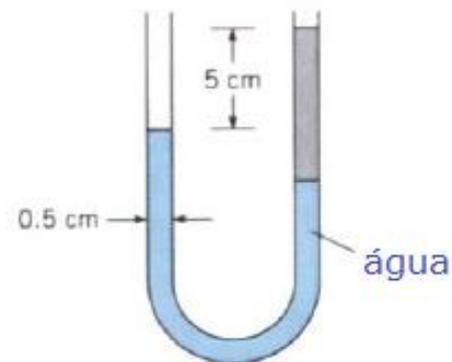
Esta figura representa recipientes de vidro abertos na parte superior, contendo óleo, de densidade $0,80 \text{ g/cm}^3$ e/ou água, cuja densidade é $1,0 \text{ g/cm}^3$. Ordene as pressões, em ordem crescente, nos pontos I, II, III, IV e V.

24. (UFV) Para trabalhar dentro d'água, um operário da construção civil utiliza um "sino submarino" (veja figura). A presença de água no interior do sino é evitada pela injeção de ar comprimido no seu interior. Sendo p_a a pressão atmosférica, ρ a massa específica da água, h a altura da coluna de água acima da parte inferior do sino e g a aceleração da gravidade, a pressão no inte

- a) p_a
- b) $p_a - \rho gh$
- c) 0
- d) $p_a + \rho gh$
- e) ρgh



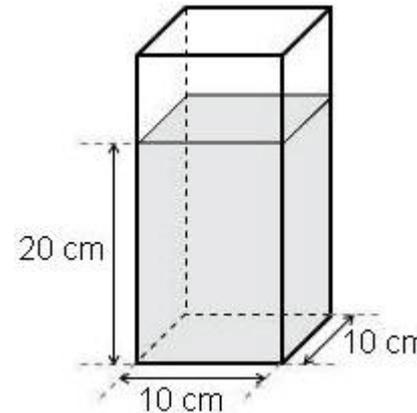
25. Um dispositivo para medir a massa específica de um líquido consiste na utilização de um tubo em U conforme mostra a figura. O diâmetro interno do tubo é 0.5 cm e contém inicialmente água. São colocados 2 cm³ de um determinado líquido no tubo provocando uma diferença de cotas de 5 cm entre as duas superfícies livres. Determine a massa específica do fluido introduzido.



Considere $\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

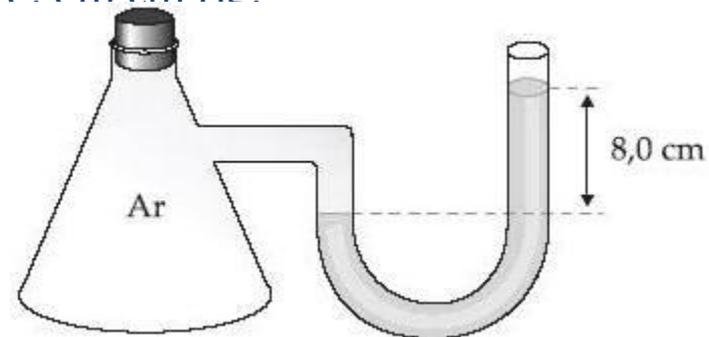
26. (FEI-SP) A figura mostra um recipiente que contém água até uma altura de 20 cm. A base do recipiente é quadrada de lado 10 cm. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$, densidade da água $d = 1,0 \text{ g/cm}^3$ e a pressão atmosférica $p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. A pressão total e a intensidade da força que a água exerce no fundo do recipiente são, respectivamente:

- a) $1,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $1,02 \cdot 10^3 \text{ N}$
- b) $2,00 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $2,00 \text{ N}$
- c) $2,00 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ e $2,00 \cdot 10^6 \text{ N}$
- d) $3,00 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ e $3,00 \cdot 10^6 \text{ N}$
- e) $1,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $20,0 \text{ N}$



27. (UCMG) A figura mostra um frasco contendo ar, conectado a um manômetro de mercúrio em tubo "U". O desnível indicado vale 8,0 cm. A pressão atmosférica é 69 cm Hg. A pressão do ar dentro do frasco é, em cm Hg:

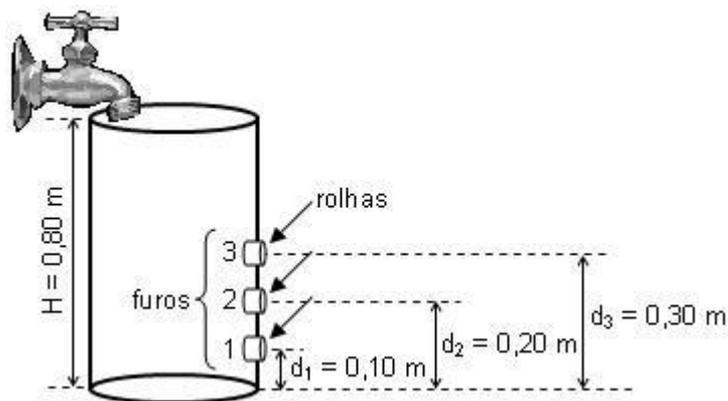
- a) 61
- b) 69
- c) 76
- d) 77
- e) 85



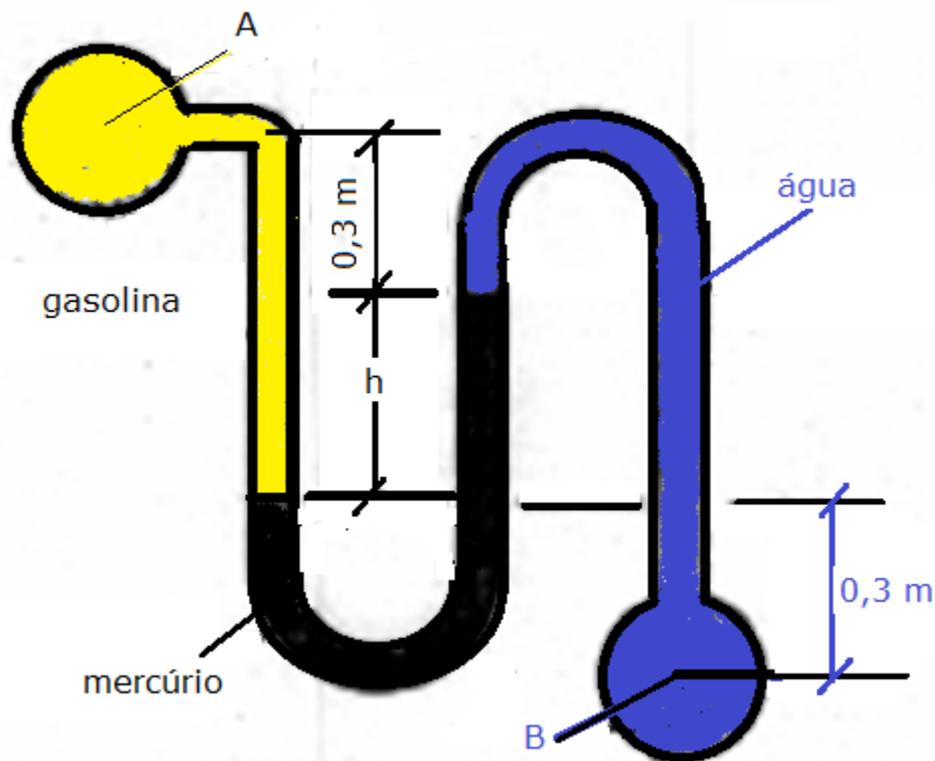
28. (Fuvest-SP) Um tanque de altura $H = 0,80$ m, inicialmente vazio, possui três pequenos furos circulares situados em alturas diferentes medidas a partir do fundo do tanque, a saber: $d_1 = 0,10$ m, $d_2 = 0,20$ m, $d_3 = 0,30$ m, conforme ilustra a figura. As áreas dos furos valem $A = 2,0$ cm². Os furos são tampados por três rolhas que podem resistir, sem se soltar, a forças de até: $F_1 = 1,2$ N, $F_2 = 0,80$ N e $F_3 = 0,70$ N, respectivamente. Uma torneira começa a encher lentamente o tanque, com um fio de água. Podemos então afirmar que:

- a) a rolha do furo 1 será a primeira a se soltar.
- b) todas as rolhas se soltarão enquanto o tanque se enche.
- c) a rolha do furo 3 será a primeira a se soltar.
- d) a rolha do furo 2 será a primeira a se soltar.
- e) nenhuma rolha se soltará até o tanque se encher completamente.

Dados: Aceleração da gravidade = 10 m/s². Densidade da água = $1,0 \times 10^3$ kg/m³.

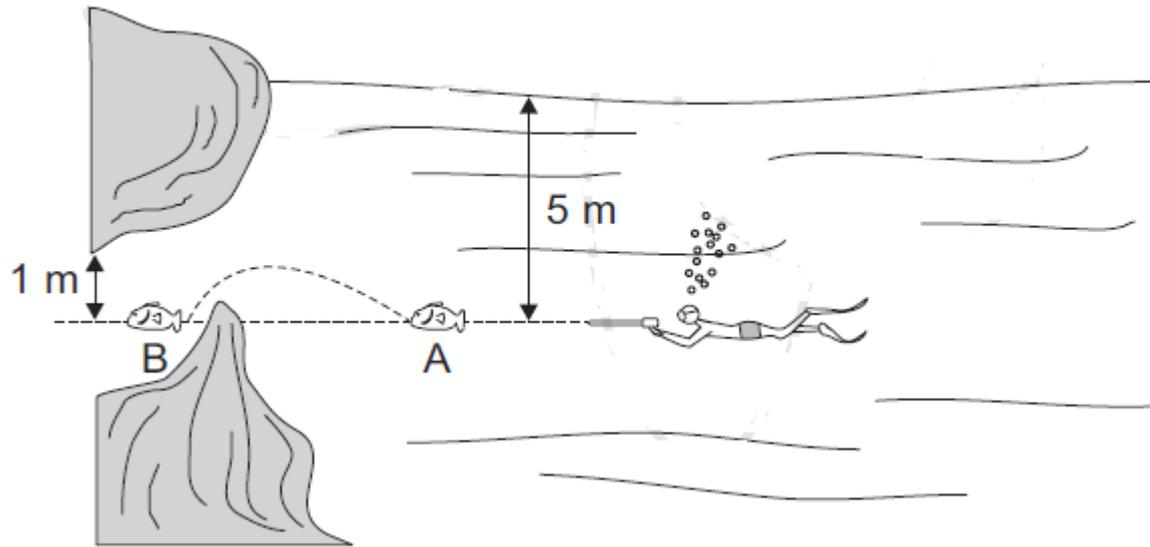


29. O manômetro diferencial de mercúrio da figura está ligado a um conduto A que contém gasolina ($\rho_R = 0.65$) e a um conduto B que contém água. Determine o diferencial de leitura, h , correspondente a uma pressão em A de 20 kPa e a um vácuo de 150 mm Hg em B.



Dados: $\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $\rho_{\text{mercúrio}} = 13600 \text{ kg/m}^3$

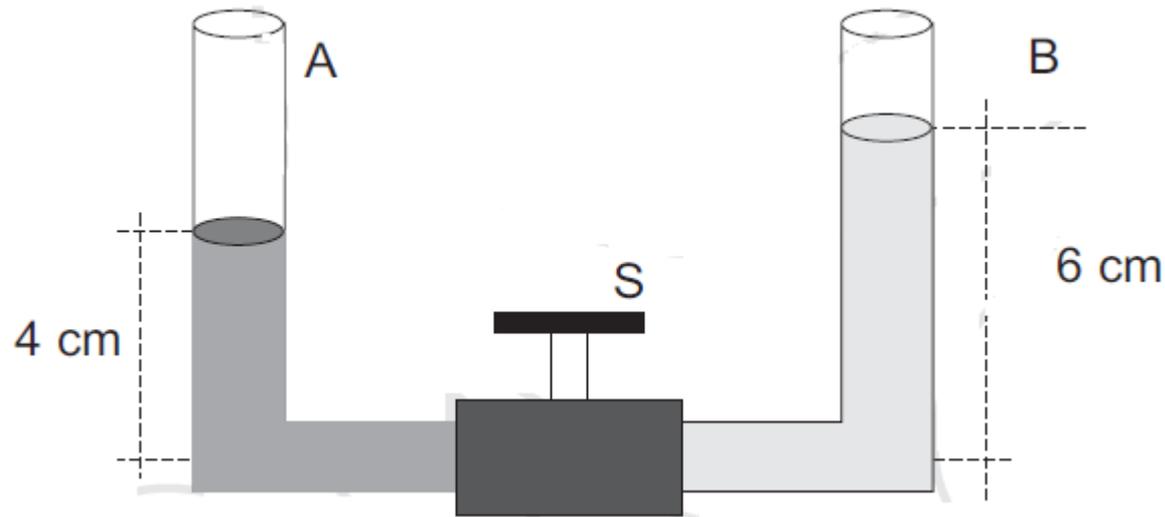
30. (Unicamp – SP) Um mergulhador persegue um peixe a 5,0 m abaixo da superfície de um lago. O peixe foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B, conforme mostra a figura.



A pressão atmosférica na superfície da água é igual a $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Qual a pressão absoluta sobre o mergulhador?
- Qual a variação de pressão sobre o peixe nas posições A e B?

31. (PUC-PR) Dois tubos A e B cujas seções transversais têm a mesma área, são ligados como indica a figura. A torneira S é fechada e são colocados líquidos nos tubos, da seguinte forma:



Tubo A : líquido de massa específica $1,6 \text{ g/cm}^3$ até a altura de 4 cm.

Tubo B : líquido de massa específica $0,8 \text{ g/cm}^3$ até a altura de 6 cm.

Os líquidos não são miscíveis e não reagem quimicamente.

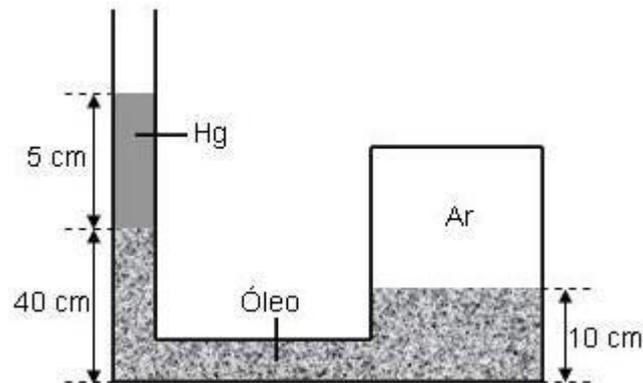
Considere as afirmativas:

- I. Aberta a torneira o nível do líquido sobe em A e desce em B.
- II. Aberta a torneira e após atingir o equilíbrio, a altura de cada coluna de líquido é diretamente proporcional à massa específica de cada líquido.
- III. Aberta a torneira, o nível do líquido desce em A e sobe em B.
- IV. Aberta a torneira, após o equilíbrio, o nível torna-se o mesmo nos dois tubos.

É (são) correta(s):

- a. somente I.
- b. somente III.
- c. somente I e II.
- d. somente II e III.
- e. Somente IV.

32. (FEI-SP) O reservatório indicado na figura contém ar seco e óleo. O tubo que sai do reservatório contém óleo e mercúrio. Sendo a pressão atmosférica normal, determine a pressão do ar no reservatório. (Dar a resposta em Pa) São dados: densidade do mercúrio $d_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$; densidade do óleo: $d_o = 0,80 \text{ g/cm}^3$.



33. (UFSC – 2002) Os alunos de uma escola, situada em uma cidade A, construíram um barômetro para comparar a pressão atmosférica na sua cidade com a pressão atmosférica de outra cidade, B. Vedaram uma garrafa muito bem, com uma rolha e um tubo de vidro, em forma de U, contendo mercúrio. Montado o barômetro, na cidade A, verificaram que a altura das colunas de mercúrio eram iguais nos dois ramos, conforme mostra a Figura 1.

O professor orientou-os para transportarem o barômetro com cuidado até a cidade B, a fim de manter a vedação da garrafa, e forneceu-lhes a Tabela abaixo, com valores aproximados da pressão atmosférica em função da altitude. Ao chegarem em B, verificaram um desnível de 8,0 cm entre as colunas de mercúrio nos dois ramos do tubo de vidro, conforme mostra a Figura 2.

Figura 1
Barômetro na cidade A

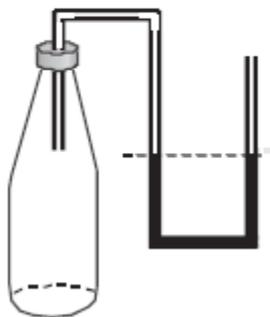
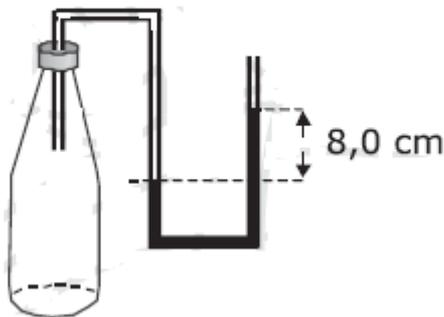


Figura 2
Barômetro na cidade B

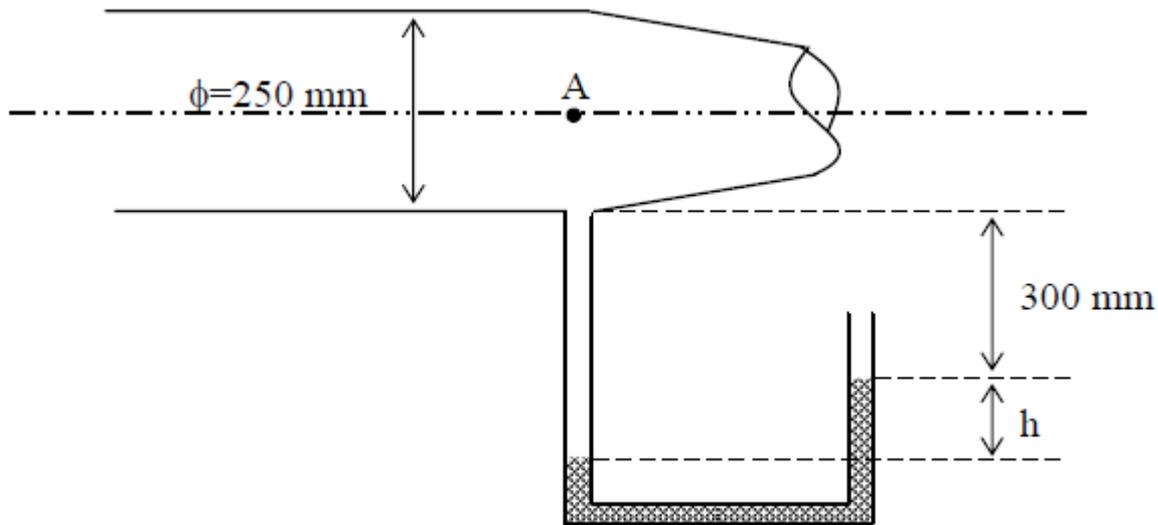


Altitude (m)	Patm (cmHg)
0	76
200	74
500	72
1000	67
2000	60
3000	53
4000	47

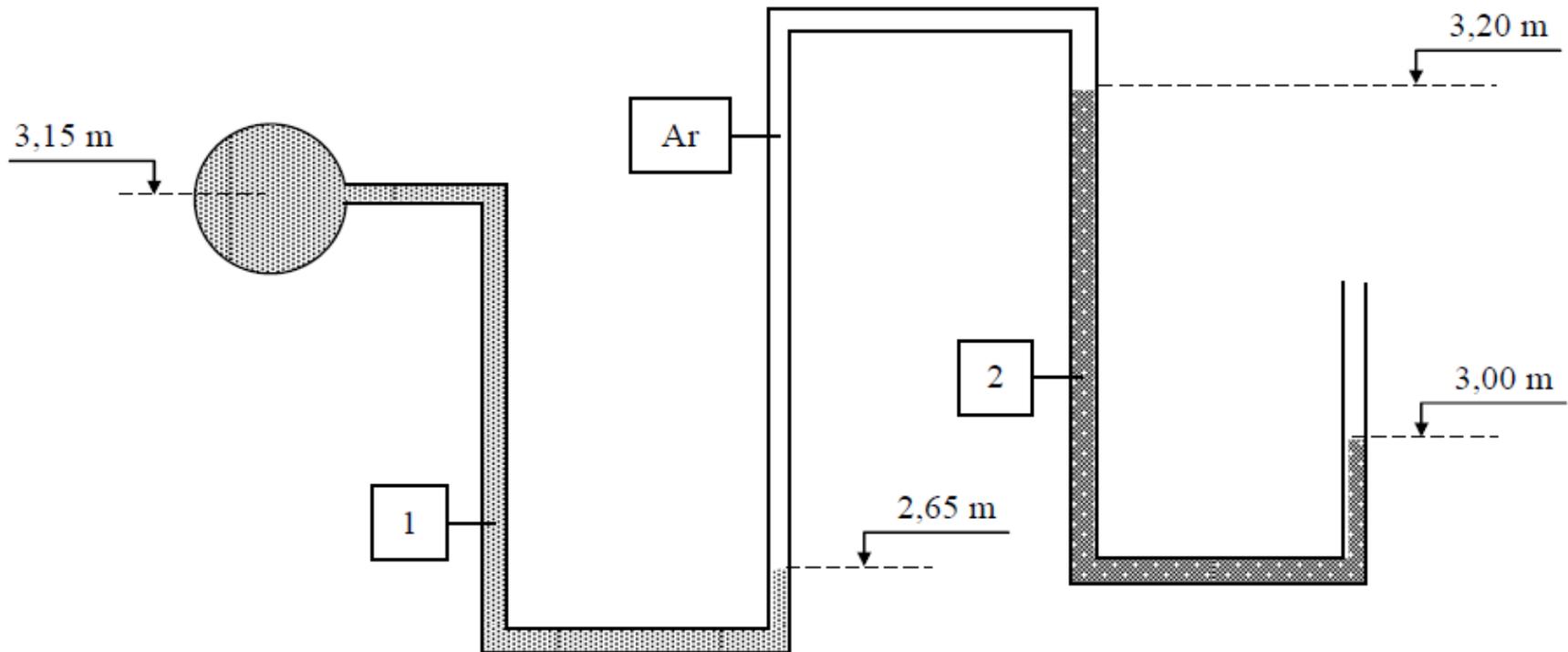
Considerando a situação descrita e que os valores numéricos das medidas são aproximados, face à simplicidade do barômetro construído, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

1. Na cidade A, as alturas das colunas de mercúrio nos dois ramos do tubo em U são iguais, porque a pressão no interior da garrafa é igual à pressão atmosférica externa.
2. A pressão atmosférica na cidade B é 8 cmHg menor do que a pressão atmosférica na cidade A.
4. Sendo a pressão atmosférica na cidade A igual a 76 cmHg, a pressão atmosférica na cidade B é igual a 68 cmHg.
8. A pressão no interior da garrafa é praticamente igual à pressão atmosférica na cidade A, mesmo quando o barômetro está na cidade B.
16. Estando a cidade A situada ao nível do mar (altitude zero), a cidade B está situada a mais de 1000 metros de altitude.
32. Quando o barômetro está na cidade B, a pressão no interior da garrafa é menor do que a pressão atmosférica local.
64. A cidade B encontra-se a uma altitude menor do que a cidade A.

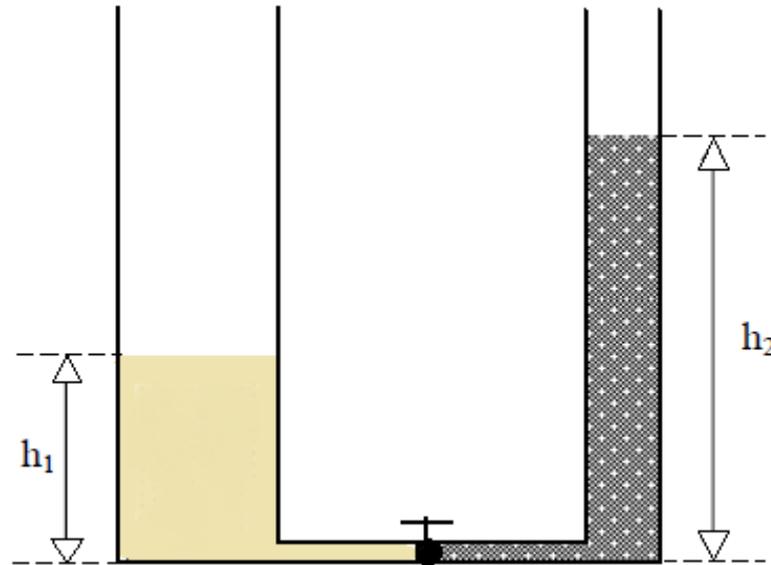
34. Um óleo de densidade relativa igual a 0,85 escoava através de um conduto de diâmetro $\phi=250$ mm representado na figura provocando o desnível indicado no manômetro de mercúrio ($d_R=13,590$) em U. Determinar o valor desse desnível (h) sabendo que a pressão relativa no ponto A é de 0,015 MPa.



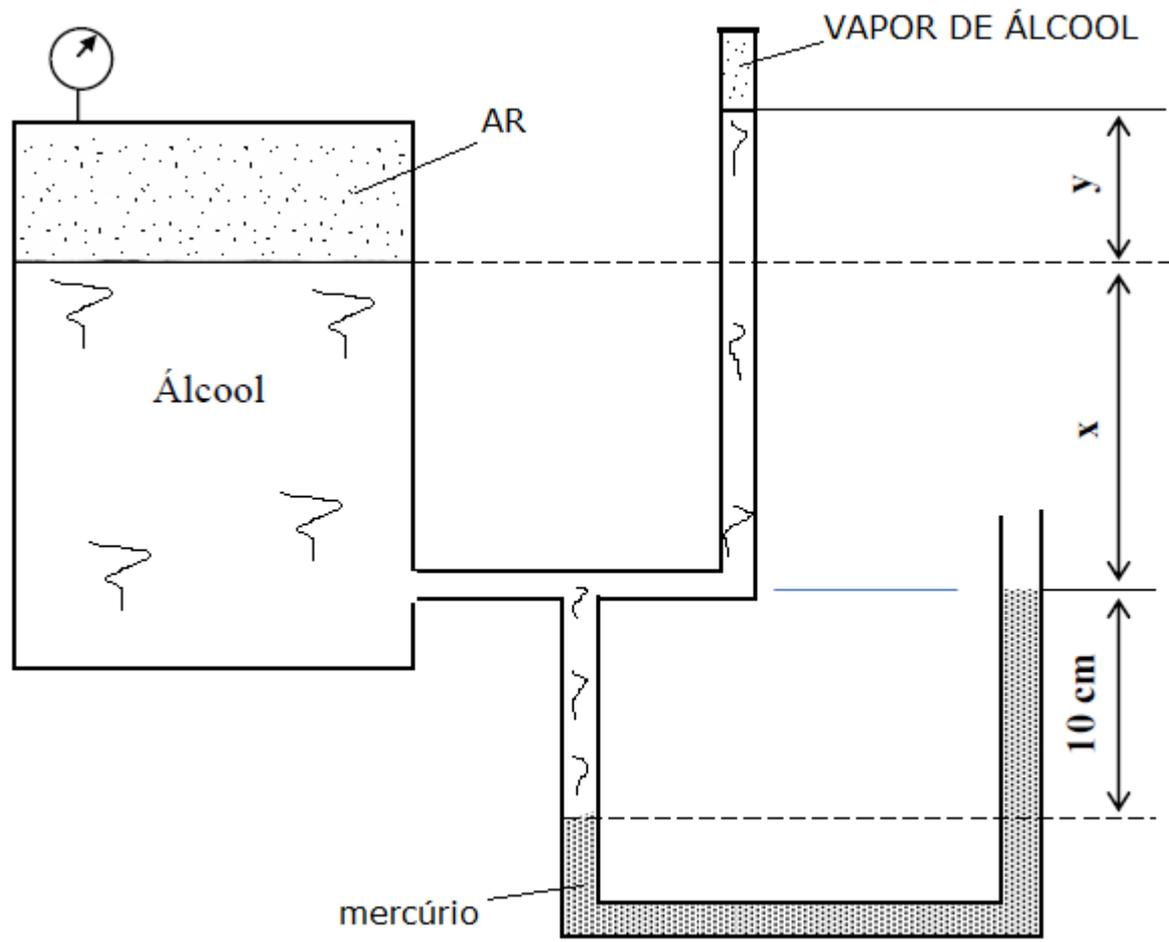
35. Sabendo que a pressão relativa no reservatório é de -1 N/cm^2 e que a densidade relativa do liquido 1 é igual a 1,5, determinar a densidade do liquido 2.
Dado: densidade da água igual a 1000 kg/m^3



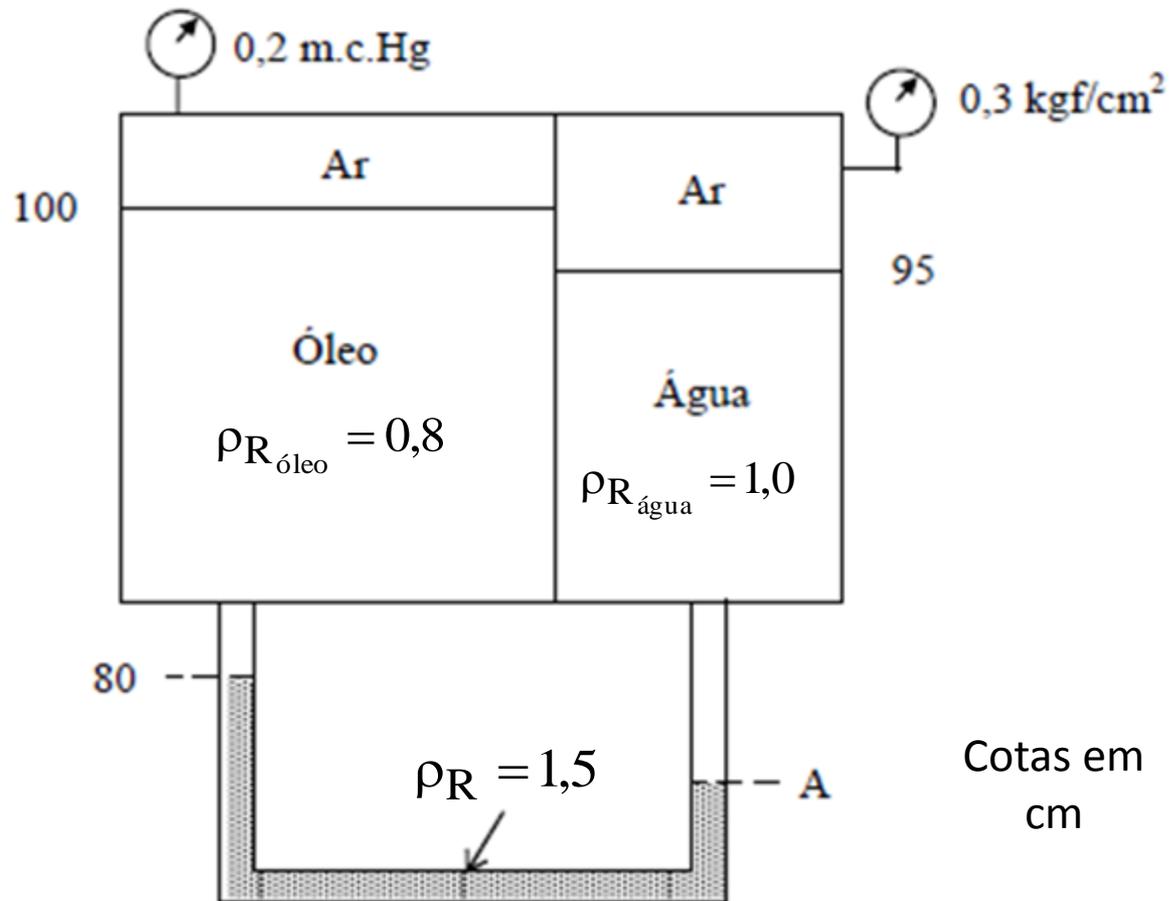
36. Dois tubos cilíndricos verticais 1 e 2 (ver figura) têm áreas de secção de $0,5 \text{ m}^2$ e $0,1 \text{ m}^2$ respectivamente. As extremidades inferiores estão ligadas por um tubo estreito de secção desprezível e dotado de uma válvula que se encontra inicialmente fechada. Encheram-se os tubos com líquidos não miscíveis de pesos específicos $\gamma_1=800 \text{ kgf/m}^3$ e $\gamma_2=1200 \text{ kgf/m}^3$ até à altura de $0,1 \text{ m}$ e $0,25 \text{ m}$ respectivamente. Determinar os níveis h_1 e h_2 após a abertura da válvula.



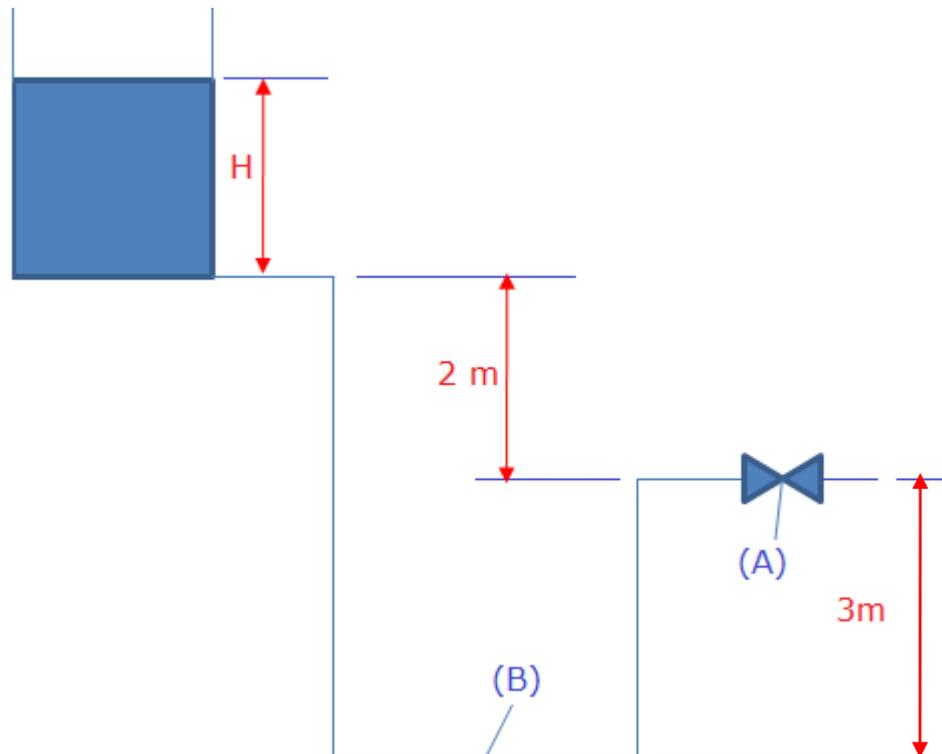
37. Determinar o valor de x e y da figura sabendo que: a pressão de vapor do álcool é 44 mmHg, pressão atmosférica: 760 mmHg, densidade relativa do mercúrio (Hg): 13,6; pressão indicada pelo manômetro 70 N/dm², densidade relativa do álcool: 0,9 e densidade da água igual a 1000 kg/m³.



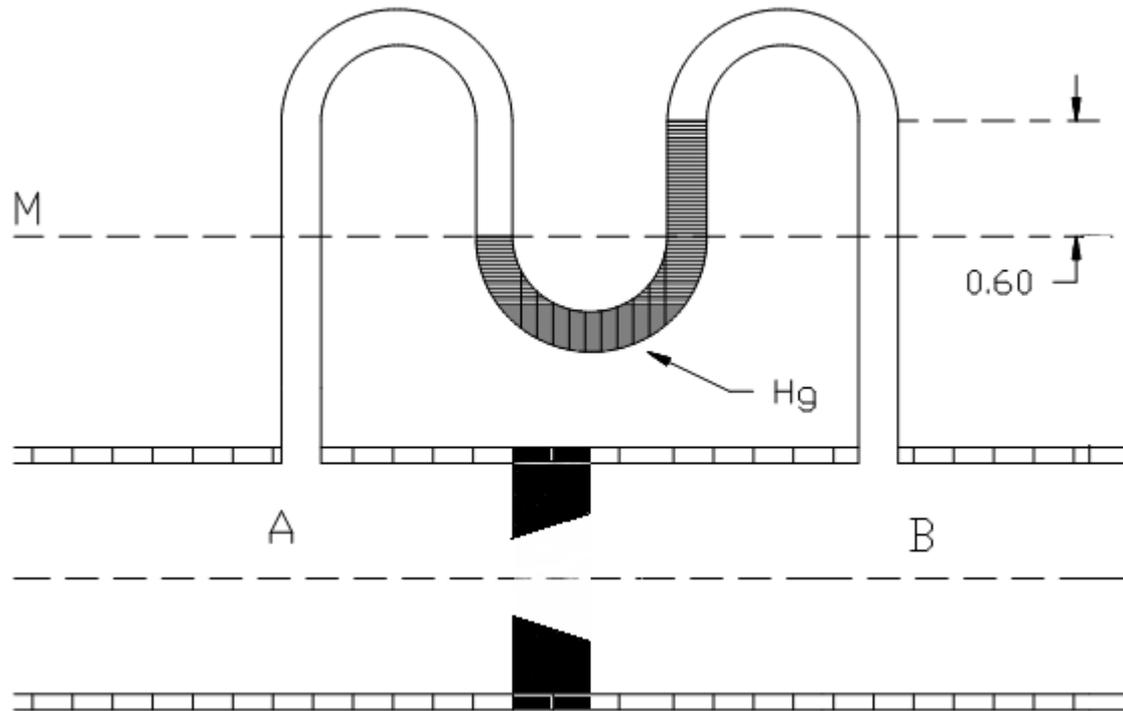
38. Determinar a cota do ponto A da figura seguinte



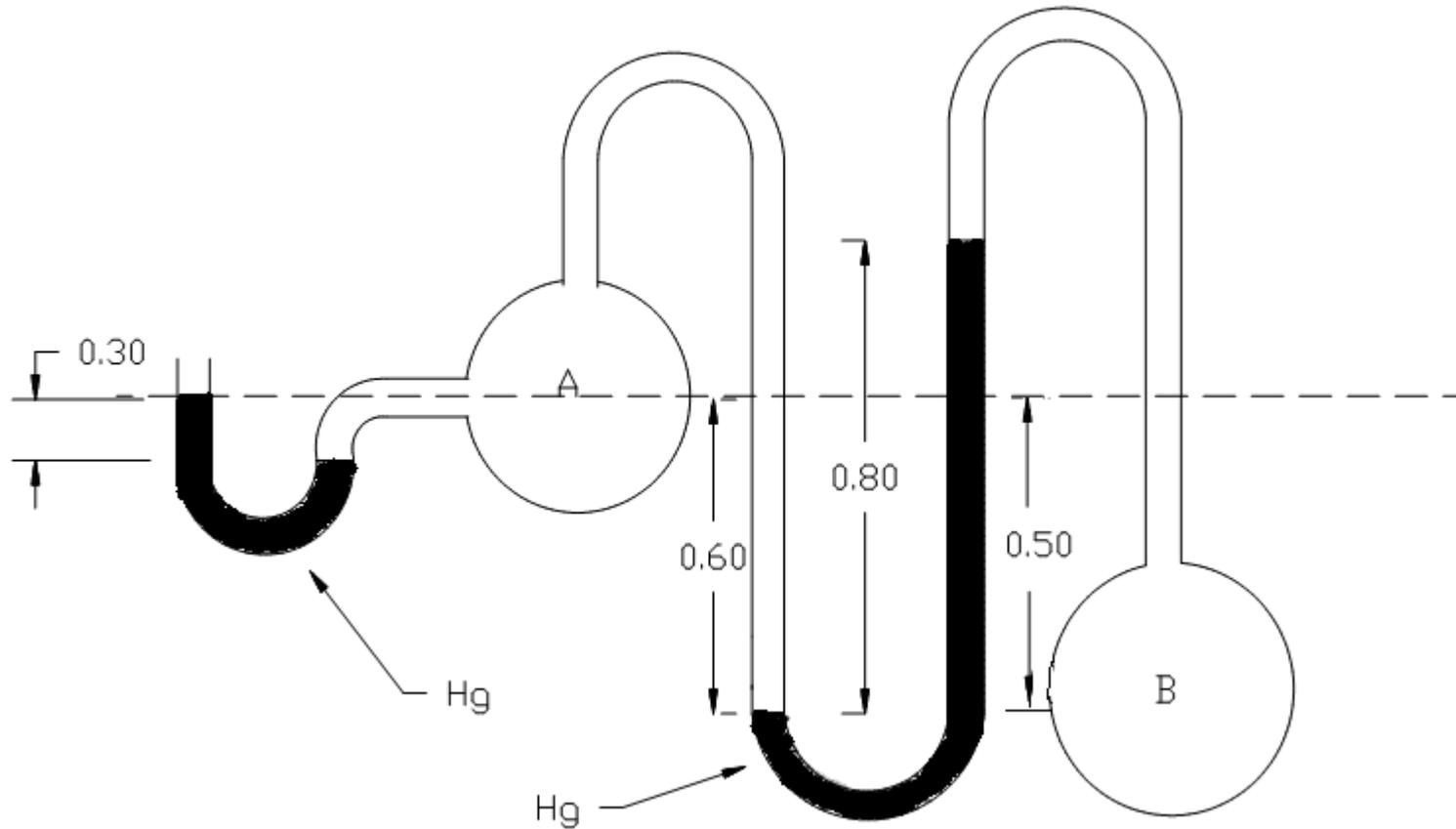
39. Uma caixa d'água de 1,2m X 0,5 m e altura de 1 m pesa 540 Kgf que pressão ela exerce sobre o solo :
- a) vazia
 - b) cheia
40. A pressão da água numa torneira fechada (A) é de 0,28 Kgf/cm². Se a diferença de nível entre (A) e o fundo da caixa é de 2m, Calcular:
- a) a altura da água (H) na caixa
 - b) a pressão no ponto (B), situado 3 m abaixo de (A)



41. Calcular a diferença das pressões a montante e jusante do diafragma em mca, de acordo com a indicação do manômetro diferencial do esquema abaixo. Líquido em escoamento (H_2O) líquido manométrico (mercúrio).



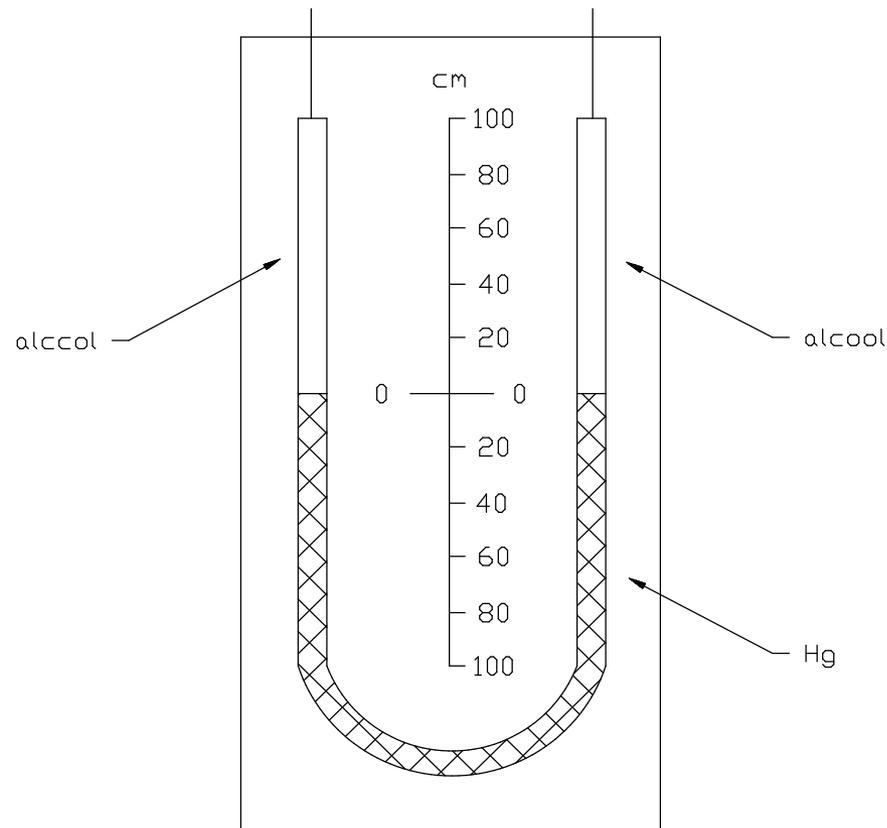
42. Na figura abaixo, o tubo A contém óleo com massa específica relativa igual a 0,80 e o tubo B, água. Calcular as pressões em A e em B.
Dado: massa específica da água igual a 1000 kg/m^3 e massa específica do mercúrio igual a 13600 kg/m^3 .



43. O manômetro diferencial esquematizado na figura abaixo é constituído de um tubo transparente de 5 m de comprimento e 1 cm de diâmetro, 2m de fita graduada e uma tábua como suporte. Estime:

a) quantos Kg de mercúrio serão necessários como líquido indicador.

b) qual será a diferença máxima de pressão em N/cm^2 que o aparelho poderá avaliar satisfatoriamente, caso seja acoplado a pontos de uma instalação por onde escoa álcool com massa específica relativa igual a 0,8.



Respostas

1. $p_{\text{gás_abs}} = 113600 \text{ N/m}^3$.
2. 200000 Pa
3. a
4. c
5. 800 kg/m^3
6. a
7. $p_{1\text{abs}} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$; $p_{2\text{abs}} = 1,7 \times 10^5 \text{ Pa}$ e $p_{3\text{abs}} = 2,9 \times 10^5 \text{ Pa}$
8. 10 kgf
9. a
10. 50 cm
11. 11,2 mcóleo
12. e
13. a) 1250 kg/m^3 e b) 110000 N/m^2 (ou Pa)
14. 10000 m
15. a) 30 m; b) 1 m/s
16. 141440 Pa
17. c
18. d

Respostas

19. c

20. d

21. E

22. 190 m

23. II = IV III V I

24. D

25. 509,8 kg/m³

26. e

27. d

28. b

29. 38 cm .

30. a) 150 kPa e b) zero.

31. d

32. A situação descrita é inviável, portanto sem resposta

33. 1; 2; 4 e 8

34. 146 mm

35. 1250 kg/m³

36. $h_{1f} = 0,1324\text{m}$ e $h_{2f} = 0,088\text{ m}$

Respostas

37. $x = 0,634 \text{ m}$ e $y = 0,113 \text{ m}$

38. 26 cm

39. a) 900 kgf/m^2 e b) 1900 kgf/m^2

40. a) $0,8 \text{ m}$ e b) 5800 kgf/m^2

41. 7,56 mca

42. $p_A = 38,4 \text{ kPa}$ e $p_B = -57,6 \text{ kPa}$

43. a) $3,2 \text{ kg}$ e b) $25,6 \text{ N/cm}^2$