LISTA 1 – Estática dos Fluidos e hidrodinâmica

ENTREGA INDIVIDUAL PARA OS TRABALHOS EM GRUPO

PRAZO: 24/03 – 23:59

SUBMETA UM RELATÓRIO DAS DEMONSTRAÇÕES REALIZADAS PELO GRUPO SOBRE:

1) Demonstração experimental envolvendo a determinação da densidade do líquido desconhecido
2) Experimento de Stokes e viscosidade

DICA: Inclua no relatório: introdução, a metodologia e instrumentos utilizados, os dados obtidos, a análise e gráficos, discussão dos resultados, relato das dificuldades e conclusões.

EXERCÍCIOS PARA ENTREGA

CAPÍTULO 1:

Problemas: 1.8, 1.9, 1.11, 1.12, 1.13, 1.19

CAPÍTULO 2:

Problemas: 2.6, 2.7, 2.10, 2.11, 2.12

Esta *fórmula barométrica* mostra que a pressão, numa atmosfera isotérmica, decresce exponencialmente com a altitude (Fig. 1.21), caindo a $1/e \approx 0.37$ de seu valor inicial p_0 para uma altitude $z = 1/\lambda = p_0/\rho_0 g$. Para o ar à temperatura de 15°C, a densidade ao nível do mar e à pressão de 1 atm = 1.013×10^5 N/m^2 é $\rho_0 \approx 1.226$ kg/m^3, o que daria $1/\lambda \approx 8{,}4$ km. Esta é a ordem de grandeza da altitude da troposfera, a camada mais baixa da atmosfera.

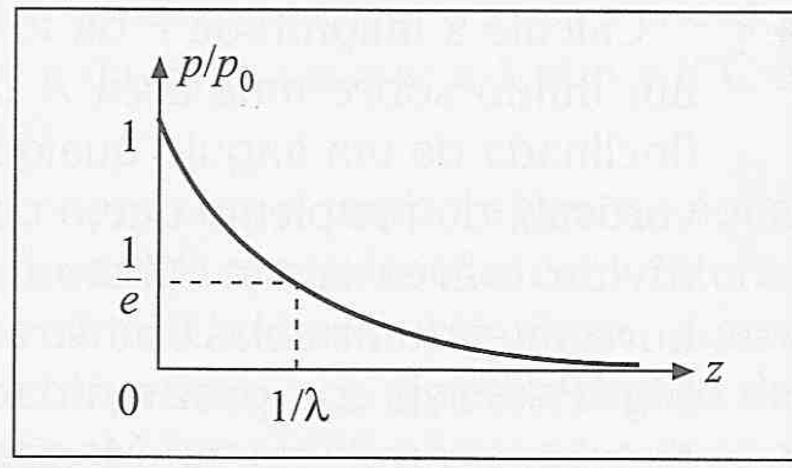

Figura 1.22 — Lei de Halley

A temperatura na troposfera, em lugar de permanecer constante, tende a decrescer para altitudes mais elevadas. A (1.7.4) pode ser empregada se subdividimos a troposfera em camadas de temperatura aproximadamente constante, usando os valores de λ adequados à temperatura média de cada camada. Na estratosfera, situada logo acima da troposfera, a aproximação isotérmica é bastante melhor.

PROBLEMAS DO CAPÍTULO 1

1. No sistema da Fig. P.1, a porção AC contém mercúrio, BC contem óleo e o tanque aberto contém água. As alturas indicadas são: $h_0 = 10$ cm, $h_1 = 5$ cm, $h_2 = 20$ cm e as densidades relativas à da água são: 13,6 (mercúrio) e 0,8 (óleo). Determine a pressão p_A no ponto A (em atm).

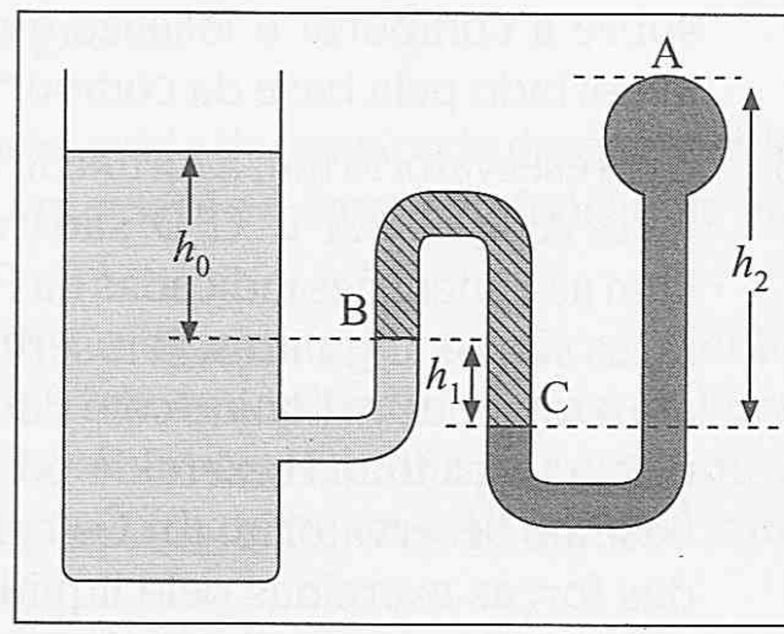

Figura P.1

2. No *manômetro de reservatório* (Fig. P.2), calcule a diferença de pressão $p_1 - p_2$ entre os dois ramos em função da densidade ρ do fluido, dos diâmetros d e D, e da altura h de elevação do fluido no tubo, relativamente ao nível de equilíbrio N_0 que o fluido ocupa quando $p_1 = p_2$.

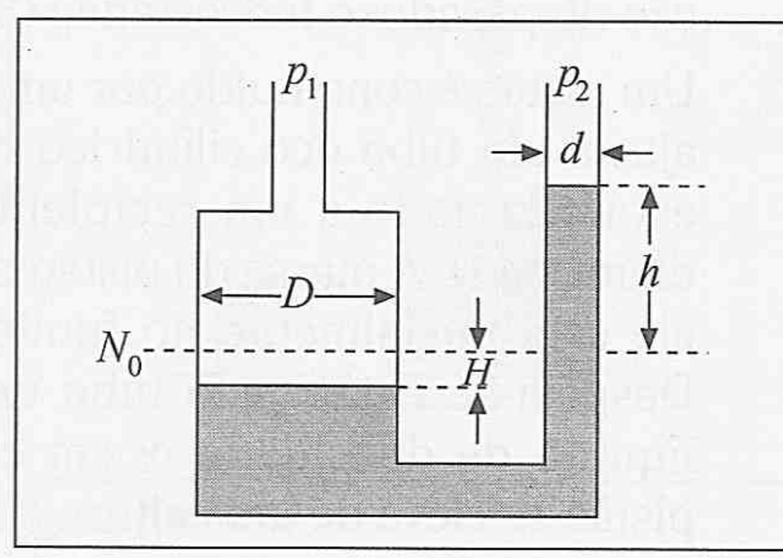

Figura P.2

3. O *manômetro de tubo inclinado* (Fig. P.3), utilizado para medir pequenas diferenças de pressão, $p_1 - p_2$, difere do descrito no problema 2 pela inclinação θ do tubo de diâmetro d. Se o fluido empregado é óleo de densidade $\rho = 0{,}8$ g/cm^3, com $d = 0{,}5$ cm, $D = 2{,}5$ cm, escolha θ para que o deslocamento l seja de 5 cm quando $p_1 - p_2 = 0{,}001$ atm.

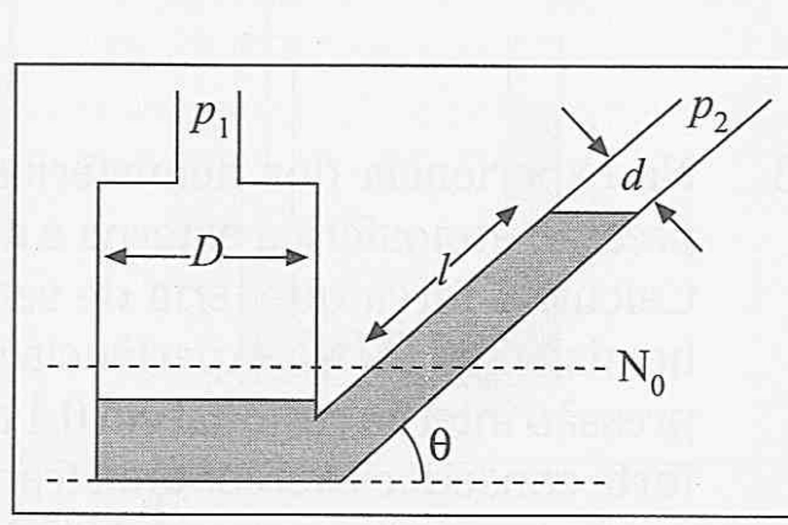

Figura P.3

4. Calcule a magnitude F da força exercida por um fluido sobre uma área A de parede plana (inclinada de um ângulo qualquer em relação à vertical), do recipiente que o contém. Para isto, divida a área A em faixas infinitésimas dA horizontais (uma delas é mostrada hachurada na Fig. P.4); seja z a profundidade de dA, e ρ a densidade do fluido. (a) Mostre que $F = \rho g \bar{z} A$, onde $\bar{z}$ é a profundidade do *centróide* de A, definido como o centro de massa de A, considerada como uma placa plana homogênea. (b) O torque resultante sobre A, em relação a um eixo horizontal OO′, é o mesmo que se a força **F** estivesse aplicada num ponto C_0 da área A (veja Fig. P.4), que se chama *centro das pressões*. Mostre que a profundidade z_0 do centro das pressões é dada por $z_0 = I_0/(\bar{z}A)$, onde $I_0 = \int z^2 dA$ é análogo a um "momento de inércia" de A em relação a OO′.

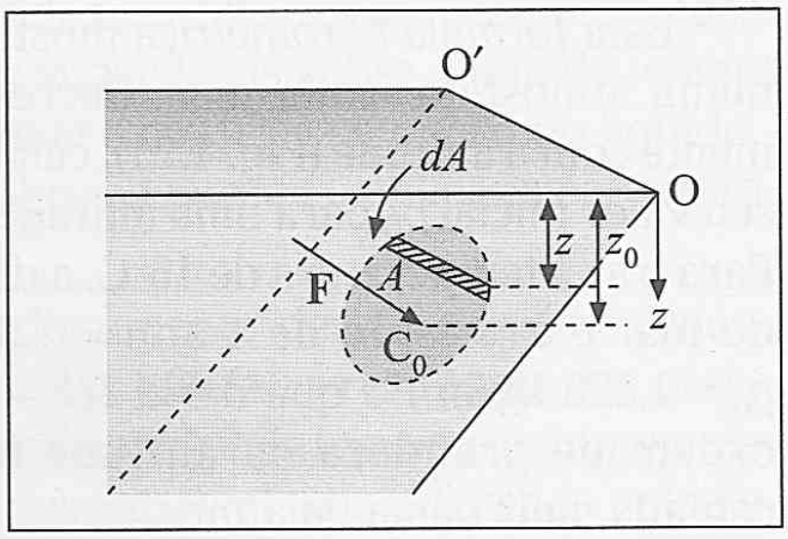

Figura P.4

5. Uma comporta vertical de forma retangular tem largura l; a altura da água represada é h. (a) Aplicando os resultados do Problema 4, calcule a força total F exercida pela água sobre a comporta e localize o centro das pressões. (b) Se l = 3 m e o torque máximo suportado pela base da comporta é de 150 kNm, qual é o valor máximo de h admissível?

6. Um reservatório tem a forma de um prisma, cujas faces A B C D e A′ B′ C′ D′ são trapézios isósceles com as dimensões indicadas na Fig. P.5; as demais faces são retangulares. O reservatório está cheio até o topo de um líquido com densidade ρ. (a) Calcule a força total **F** exercida pelo líquido sobre a base do reservatório. (b) Calcule a resultante **R** das forças exercidas pelo líquido sobre *todas* as paredes do reservatório e compare-a com o peso total do líquido. Analise o resultado como ilustração do paradoxo hidrostático (Seç.1.6).

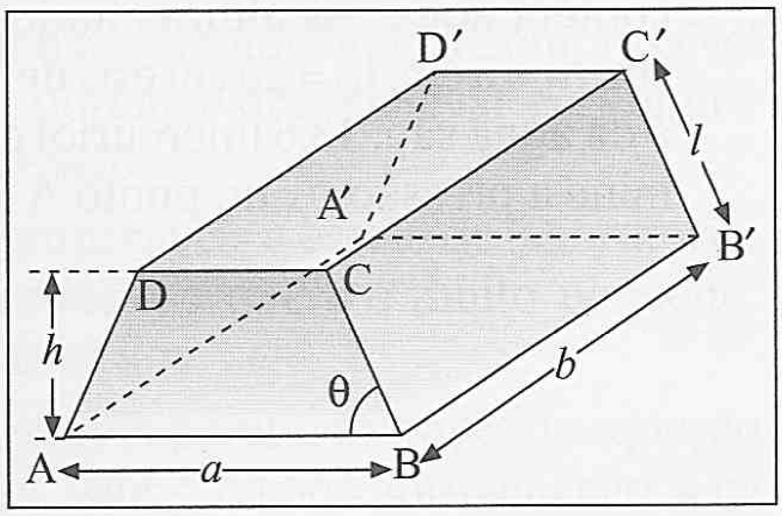

Figura P.5

7. Um pistão é constituído por um disco ao qual se ajusta um tubo oco cilíndrico de diâmetro d, e está adaptado a um recipiente cilíndrico de diâmetro D. A massa do pistão com o tubo é M e ele está inicialmente no fundo do recipiente. Despeja-se então pelo tubo uma massa m de líquido de densidade ρ; em conseqüência, o pistão se eleva de uma altura H. Calcule H.

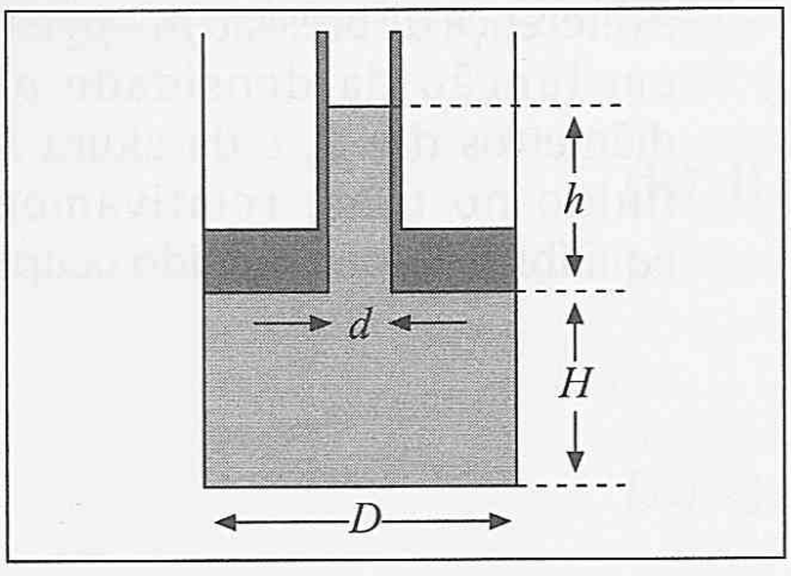

Figura P.6

8. Na experiência dos hemisférios de Magdeburgo (Seç.1.5) seja Δp a diferença entre a pressão atmosférica externa e a pressão interna, e seja d o diâmetro dos hemisférios. (a) Calcule a força que teria de ser exercida por cada parelha de cavalos para separar os hemisférios. (b) Na experiência realizada em 1654, tinha-se $d \approx 37$ cm e pode-se estimar a pressão interna residual em 0,1 atm. Qual era a força necessária neste caso? Se um cavalo forte consegue exercer uma tração de 80 kgf, qual teria sido o número mínimo de cavalos em cada parelha necessário para a separação?

9. É comum dizer que alguma coisa representa apenas "a porção visível de um iceberg". Sabendo-se que a densidade do gelo é 0,92 g/cm^3 e a da água do mar a 1 atm e 0°C é 1,025 g/cm^3, que fração de um iceberg fica submersa?

10. (a) Um cubo de gelo flutua sobre água gelada num copo, com a temperatura da água próxima de 0°C. Quando o gelo derrete, sem que haja mudança apreciável da temperatura, o nível da água no copo sobe, desce ou não se altera? (b) Um barquinho flutua numa piscina; dentro dele estão uma pessoa e uma pedra. A pessoa joga a pedra dentro da piscina. O nível da água na piscina sobe, desce ou não se altera? (Três físicos famosos a quem este problema foi proposto erraram a resposta. Veja se você acerta!)

11. Um *densímetro* tem a forma indicada na Fig. P.7, com uma haste cilíndrica graduada, cuja secção transversal tem área A, ligada a um corpo que geralmente contém algum lastro. O densímetro é calibrado mergulhando-o na água, marcando com a graduação "1" a altura na haste até a qual a água sobe e determinando o volume V_0 do densímetro situado abaixo da marca "1" (ou seja, o volume total que fica mergulhado na água). Seja h a altura da haste entre a graduação "1" e o nível até onde o densímetro mergulha quando colocado num líquido de densidade desconhecida (Fig. P.7). Calcule a densidade relativa desse líquido em relação à água, em função de V_0, A e h.

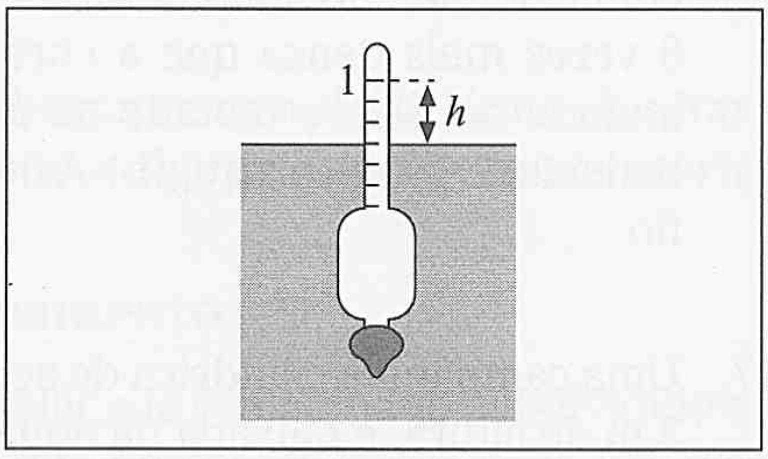

Figura P.7

12. Suponha que Arquimedes tivesse verificado que: (i) Colocando a coroa do rei Herão dentro de uma banheira cheia de água até a borda, 0,3 l de água transbordavam; (ii) Era preciso aplicar uma força de 2,85 kgf para suspender a coroa mergulhada, retirando-a da água. Sabendo que a densidade do ouro é 18,9 g/cm^3 e a da prata é 10,5 g/cm^3, que conclusão Arquimedes poderia ter tirado?

13. Um bloco cúbico de aço, de 5 cm de aresta e densidade 7,8 g/cm^3, está mergulhando num recipiente com água, suspenso de uma balança de molas graduada em kgf. A massa total do recipiente e da água é de 1 kg, e ele está sobre um prato de uma balança, equilibrado por um peso de massa m no outro prato (Fig.P.8). (a) Qual é a leitura da balança de molas? (b) Qual é o valor de m?

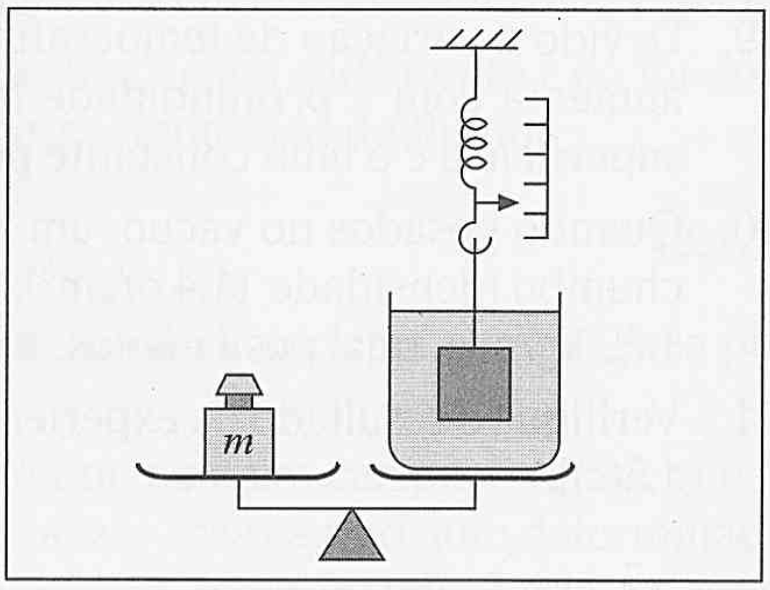

Figura P.8

14. Um tubo em U contendo um líquido gira em torno do eixo Oz (Fig. P.9), com velocidade angular de 10 rad/s. A distância d entre os dois ramos do tubo é de 30 cm, e ambos são abertos na parte superior. Calcule a diferença de altura h entre os níveis atingidos pelo líquido nos dois ramos do tubo.

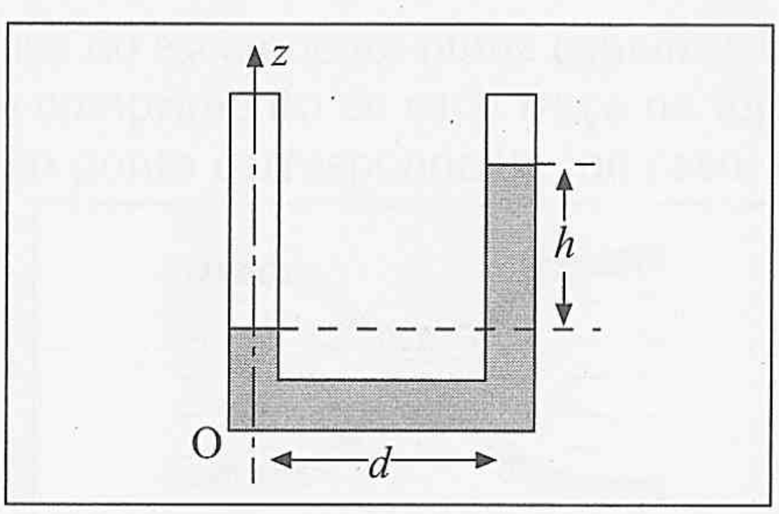

Figura P.9

15. Numa corrida de garçons, cada um deles tem de levar uma bandeja com um copo de chope de 10 cm de diâmetro, cheio até uma distância de 1 cm do topo, sem permitir que ele se derrame. Supondo que, ao dar a partida, um garçom acelere o passo uniformemente com aceleração a até atingir a velocidade final, mantendo a bandeja sempre horizontal, qual é o valor máximo de a admissível?

16. Duas bolas de mesmo raio, igual a 10 cm, estão presas uma à outra por um fio curto de massa desprezível. A de cima, de cortiça, flutua sobre uma camada de óleo, de densidade 0,92 g/cm^3, com a metade do volume submersa. A de baixo, 6 vezes mais densa que a cortiça, está imersa metade no óleo e metade na água. (a) Ache a densidade ρ da cortiça; (b) Ache a tensão T no fio.

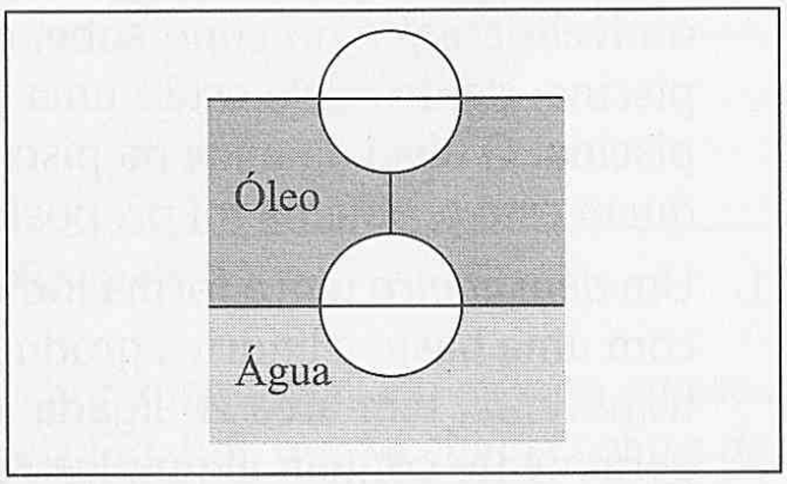

Figura P.10

17. Uma campânula cilíndrica de aço, sem fundo, de 3 m de altura, é baixada na água, a partir da superfície, até que seu teto fique a 5 m de profundidade. Que fração do volume da campânula será invadida pela água (Fig. P.11)?

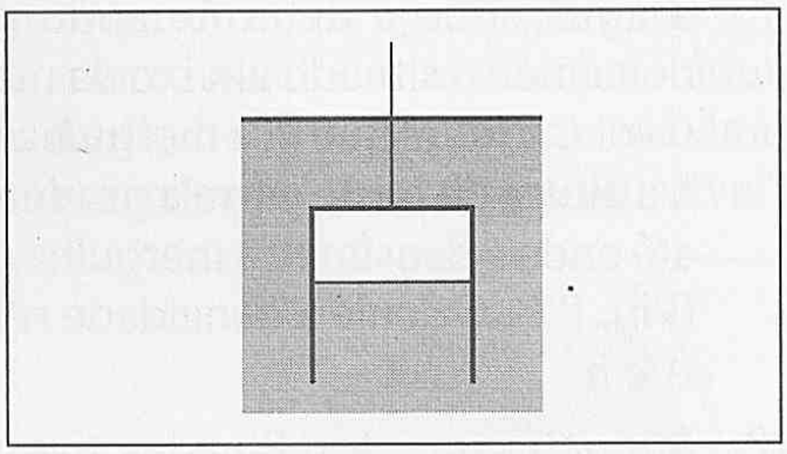

Figura P.11

18. Um balão esférico de 5 m de raio está cheio de hidrogênio. Nas condições normais, a densidade do hidrogênio é 0,0899 kg/m^3 e a do ar é 1,29 kg/m^3. Desprezando o peso das paredes, qual é a força ascencional do balão, em kgf?

19. Devido à variação de temperatura, pressão e salinidade, a densidade ρ da água do mar aumenta com a profundidade h segundo a lei $\rho = \rho_0 + c\,h$, onde ρ_0 é a densidade na superfície e c é uma constante positiva. Calcule a pressão a uma profundidade h.

20. Quando pesados no vácuo, um bloco cúbico de alumínio (densidade 2,7 g/cm^3) e um de chumbo (densidade 11,4 g/cm^3), têm peso equivalente a 10 kg cada um. No ar (densidade 1,29 kg/m^3), qual pesa menos, e qual é a diferença de massa correspondente?

21. Verifique o resultado da experiência do Puy de Dome, realizada por Périer em 1648 [Seção 1.5(c)].

da camada limite, o que minimiza a resistência oposta pelo fluido ao deslocamento do corpo.

No caso de uma asa de avião (Fig. 2.33), a descontinuidade na direção da velocidade entre linhas de corrente que passam por cima e por baixo dá origem a um enrolamento da linha de corrente que passa pela ponta afilada, gerando vórtices. A circulação ao longo de um circuito A B C D suficientemente distante para que o fluido possa ser tratado como perfeito era inicialmente nula, e permanece nula pelo teorema de Thomson (2. 6. 15). Na porção E B C F que envolve o vórtice (Fig. 2.33), há uma circulação anti-horária. Logo, cria-se assim uma circulação horária no circuito A E F D que envolve a asa, dando origem ao empuxo dinâmico que sustenta o peso do avião. A resistência ao deslocamento é compensada pela tração do motor.

O tratamento teórico de muitos dos problemas aqui descritos é extremamente difícil e encontra-se ainda incompleto. Em particular, estamos longe de ter uma compreensão satisfatória do mecanismo de aparecimento da turbulência e do regime turbulento, embora haja importantes progressos recentes nesse sentido.

PROBLEMAS DO CAPÍTULO 2

1. Um tanque de grandes dimensões contém água até a altura de 1 m e tem na sua base um orifício circular de 1 cm de diâmetro. O fator de contração da veia líquida que sai pelo orifício é 0,69 [Seção 2.5 (a)]. Deseja-se alimentar o tanque, despejando água continuamente na sua parte superior, de forma a manter constante o nível da água no tanque. Calcule a vazão de água (em l/s) necessária para este fim.

2. Um reservatório de paredes verticais, colocado sobre um terreno horizontal, contém água até a altura h. Se abrirmos um pequeno orifício numa parede lateral, (a) A que distância máxima d da parede o jato de água que sai pelo orifício poderá atingir o chão? (b) Em que altura deve estar o orifício para que essa distância máxima seja atingida?

3. Um reservatório contém água até 0,5 m de altura e, sobre a água, uma camada de óleo de densidade 0,69 g/cm^3, também com 0,5 m de altura. Abre-se um pequeno orifício na base do reservatório. Qual é a velocidade de escoamento da água?

4. Um tubo contendo ar comprimido a uma pressão de 1,25 atm tem um vazamento através de um pequeno orifício em sua parede lateral. Sabendo que a densidade do ar na atmosfera é de 1,3 kg/m^3, calcule a velocidade de escapamento do ar através do orifício.

5. Um modelo aproximado da câmara de combustão de um foguete é um recipiente contendo gás que se mantém a uma pressão constante p, com um orifício pelo qual o gás escapa para o exterior, onde a pressão é $p_0 < p$. Tratando o gás como um fluido incompressível, demonstre que o empuxo resultante sobre o foguete (1, Seção 8.5) é igual a $2A\,(p - p_0)$, onde A é a área do orifício.

6. Um tanque de água encontra-se sobre um carrinho que pode mover-se sobre um trilho horizontal com atrito desprezível. Há um pequeno orifício numa parede, a uma profundidade h abaixo do nível da água no tanque (Fig. P.1). A área do orifício é A (despreze o fator de contração da veia líquida), a massa inicial da água é M_0 e a massa do carrinho e do tanque é m_0. Qual é a aceleração inicial do carrinho?

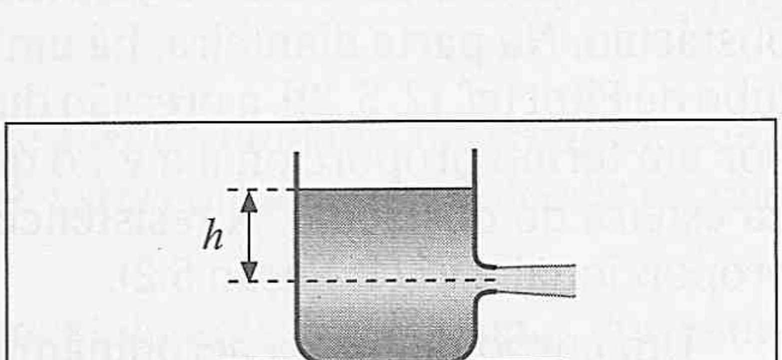

Figura P.1

7. Uma ampulheta é formada, de cada lado, por um tronco de cone circular de altura $h = 10$ cm, raio da base maior $R = 10$ cm e raio da base menor $r = 0{,}1$ cm. Após enchê-la de água até a metade, ela é invertida (Fig. P.2). (a) Calcule a velocidade inicial de descida do nível da água; (b) Calcule a velocidade de descida do nível depois de ele ter baixado de 5 cm; (c) Que forma deveria ter a superfície lateral (de revolução) da ampulheta para que o nível da água baixasse uniformemente (relógio de água)?

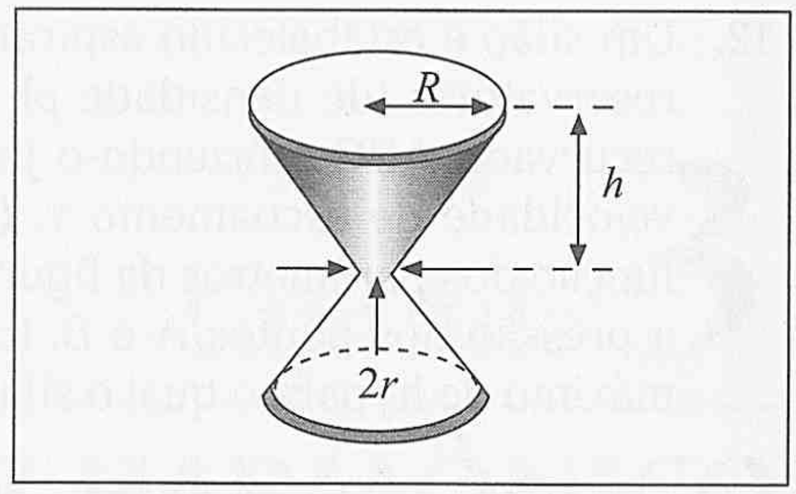

Figura P.2

8. Um filete de água escorre verticalmente de uma torneira de raio a, com escoamento estacionário de vazão Q. Ache a forma do jato de água que cai, determinando o raio ρ da secção transversal em função da altura z de queda (Fig. P.3).

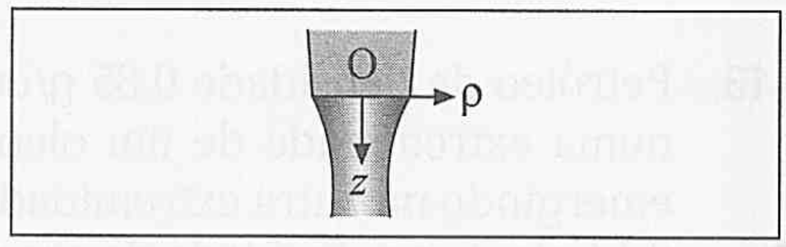

Figura P.3

9. Dois tubinhos de mesmo diâmetro, um retilíneo e o outro com um cotovelo, estão imersos numa correnteza horizontal de água de velocidade v. A diferença entre os níveis da água nos dois tubinhos é $h = 5$ cm (Fig. P. 4). Calcule v.

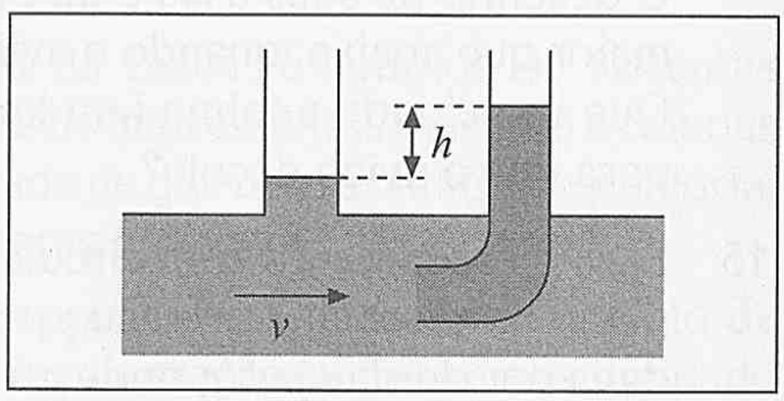

Figura P.4

10. A Fig. P. 5 ilustra uma variante do tubo de Pitot, empregada para medir a velocidade v de escoamento de um fluido de densidade ρ. Calcule v em função do desnível h entre os dois ramos do manômetro e da densidade ρ_f do fluido manométrico.

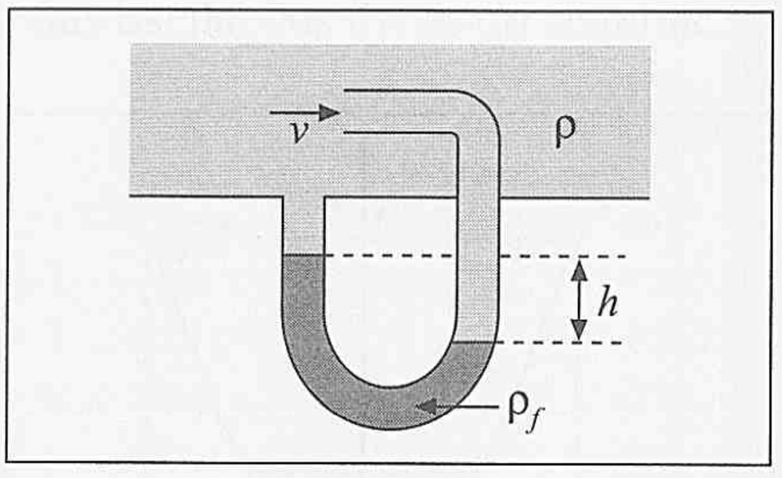

Figura P.5

11. Um medidor tipo Venturi é inserido numa tubulação inclinada de raio R, onde se escoa um fluido de densidade ρ. O estreitamento tem raio r e os ramos do manômetro são inseridos em pontos de alturas z_1 e z_2 (Fig. P. 6); o líquido manométrico tem densidade ρ_f. Calcule a vazão Q do fluido na tubulação em função destes dados e do desnível h entre os dois ramos do manômetro.

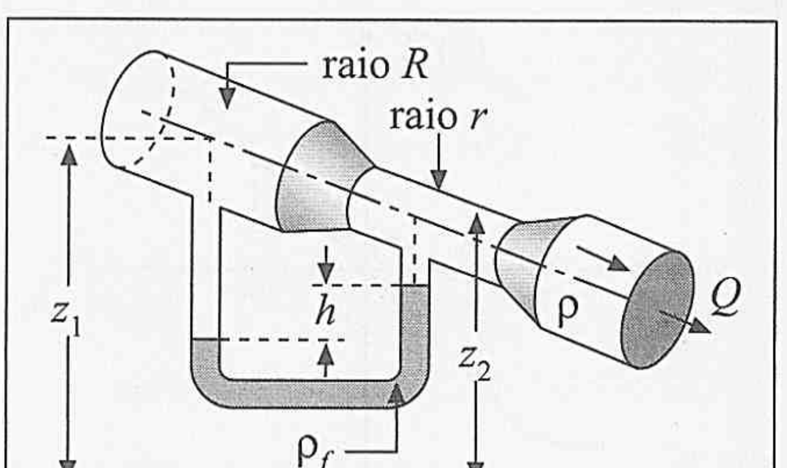

Figura P.6

12. Um sifão é estabelecido aspirando o líquido do reservatório (de densidade ρ) através do tubo recurvado ABC e fazendo-o jorrar em C, com velocidade de escoamento v. (a) Calcule v em função dos parâmetros da figura P.7. (b) Calcule a pressão nos pontos A e B. (c) Qual é o valor máximo de h_0 para o qual o sifão funciona?

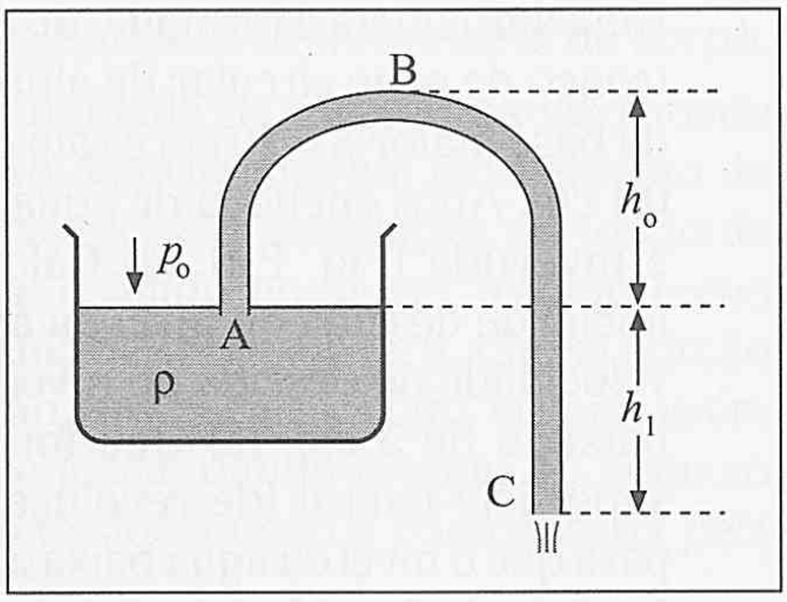

Figura P.7

13. Petróleo de densidade 0,85 g/cm^3 e viscosidade 1 poise é injetado, à pressão de 5 atm, numa extremidade de um oleoduto de 20 cm de diâmetro e 50 km de comprimento, emergindo na outra extremidade à pressão atmosférica. (a) Calcule a vazão em litros/dia; (b) Calcule a velocidade de escoamento ao longo do eixo do oleoduto.

14. Um avião tem uma massa total de 2.000 kg e a área total coberta por suas asas é de 30 m^2. O desenho de suas asas é tal que a velocidade de escoamento acima delas é 1,25 vezes maior que abaixo, quando o avião está decolando. A densidade da atmosfera é 1,3 kg/m^3. Que velocidade mínima (em km/h) de escoamento acima das asas precisa ser atingida para que o avião decole?

15. Para o escoamento com circulação constante definido pela (2.6.6), demonstre que, num plano horizontal, a pressão p varia com a distância r ao eixo com uma taxa de variação dada por $dp/dr = \rho v^2/r$, onde ρ é a densidade do fluido. Interprete este resultado. Obtenha p como função de r a partir desta equação e explique o resultado obtido.