Lista de Exercícios 9 - Física II - 2020

1. (HMN2 01-07) Um pistão é constituído por um disco ao qual se ajusta um tubo cilíndrico de diâmetro d, e está adaptado a um recipiente cilíndrico de diâmetro D (v. fig. 1). 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 consequência o pistão se eleva de uma altura H. Calcule H.

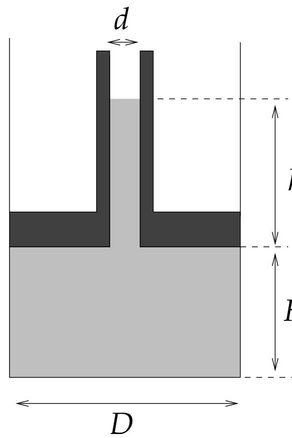

Figura 1: Problema 1.

2. (HMN2 01-10) Um pequeno barco flutua numa piscina; dentro dele estão uma pessoa e uma pedra. A pessoa joga a pedra dentro da piscina. O nível da água sobe, desce ou não se altera? (Três físicos famosos a quem este problema foi proposto erraram a resposta. Veja se você acerta!)

3. Uma caixa d'água tem a forma de um paralelepípedo retangular, cuja base tem lados a e b cuja altura é c. Ela contém água (densidade ρ_0) até a altura $h < c$. a) Calcule a força total exercida pela água sobre o fundo e sobre cada uma das paredes do recipiente. b) Definindo o centro de pressão para uma parede ou para o fundo da caixa como sendo o ponto cujas coordenadas são as médias das coordenadas das posições sobre a parede ou sobre o fundo, ponderadas com a pressão exercida pela água em cada ponto, calcule o centro de pressão para cada uma das paredes e para o fundo da caixa d'água. **Sugestão:** a posição do centro de pressão corresponde à posição do centro de massa de um retângulo plano com densidade superficial de massa proporcional à pressão da água em cada ponto.

4. (HMN2 01-11) Um densímetro tem a forma indicada na figura 2, com uma haste cilíndrica graduada, cuja seção transversal tem área A, ligada a um corpo que contém lastro. Ele é calibrado mergulhando-o em água, marcando com a graduação "1" a altura da haste até a qual ele fica mergulhado, e determinando o volume V_0 da parte mergulhada, isto é, abaixo da marca "1". Seja então h o comprimento do trecho da haste entre a graduação "1" e o nível até onde o densímetro mergulha quando colocado num líquido de densidade desconhecida (v. figura). Calcule a densidade desse líquido com relação à água em função de V_0, A e h.

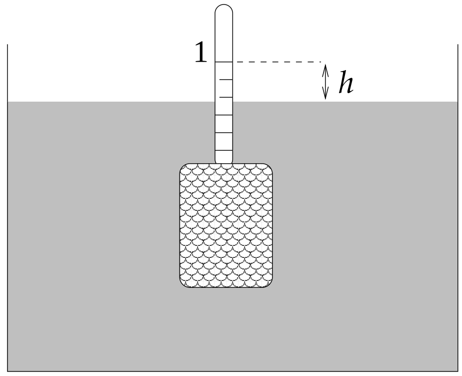

Figura 2: Problema 4.

5. Um tubo em U de seção uniforme s contém água (densidade $\rho_0 = 1$ g/cm^3) até uma determinada altura h_0, o que corresponde ao preenchimento de um trecho de comprimento L do tubo (v. figura 3 (a)). Despeja-se então em um dos lados uma certa quantidade de óleo com densidade $\rho < \rho_0$, a qual ocupa um trecho de comprimento l situado inteiramente de um dos lados do tubo (v. figura 3 (b)). No equilíbrio o desnível entre as superfícies dos fluidos nos dois ramos do tubo é d. A aceleração da gravidade é g.

a) Calcule a densidade do óleo que foi usado, em termos de ρ_0, l e d.

b) Calcule a variação da energia potencial ΔV correspondente a uma variação Δd do desnível com relação ao valor de equilíbrio d.

c) Calcule a frequência ideal de pequenas oscilações do desnível em torno do valor de equilíbrio.

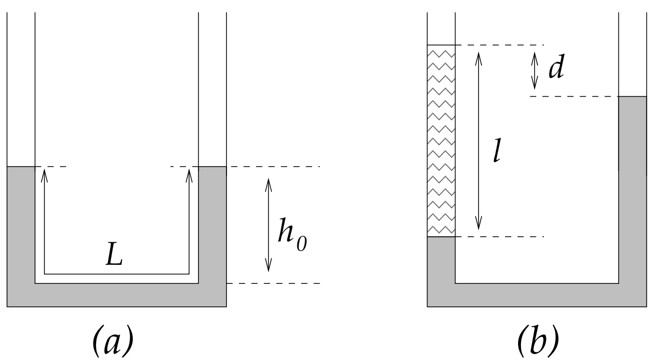

Figura 3: Problema 5.

6. Num trabalho intitulado *La Bilancetta*[1], de 1586 (quando tinha 22 anos) Galileu descreve um procedimento para obter a densidade média relativa (peso dividido pelo peso de um volume igual de água) de um objeto mais denso que a água. A motivação foi obter uma precisão compatível com a que teve que ter tido o procedimento usado por Arquimedes para atender ao pedido do rei de Siracusa a respeito do teor de ouro em sua nove coroa.

O procedimento de Galileu usa uma balança de braços OA e OB de mesmo comprimento. O objeto a estudar é colocado no extremo B, e a balança é equilibrada por meio de uma tara

[1]Uma tradução desse trabalho, juntamente com um texto explicativo, foi publicado por Pierre Lucie, então professor do Departamento de Física da PUC do Rio de Janeiro nos '*Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Número 9/1986, p. 95.

de mesmo peso colocada no extremo A, como mostrado na figura 4, à esquerda. Em seguida o objeto em estudo é imerso num recipiente com água no extremo B, o que desequilibra a balança devido ao princípio de Arquimedes. Para re-equilibrá-la a tara tem que ser deslocada da A até uma posição C. Sendo p o peso tanto da tara como do objeto em estudo, e p_a o peso da água que ele desloca quando imerso, para determinar a densidade relativa Galileu invoca a "lei da alavanca", formulada dizendo que "pesos desiguais, a distâncias desiguais, pesarão igualmente toda vez que essas distâncias estiverem em proporção inversa àquelas em que estão os pesos". Verifique que, desse modo, se chega a $p/p_a = \overline{OA}/\overline{CA}$.

Figura 4: Problema 6.

7. Atmosfera politrópica. Uma classe de modelos usados para o equilíbrio não isotérmico da atmosfera é a do equilíbrio *politrópico*, caracterizada pela relação entre pressão e densidade dada por $p = k\rho^n$, onde k é uma constante e o expoente n é chamado *expoente politrópico* (não necessariamente inteiro; o caso particular do equilíbrio adiabático de um gás ideal diatômico é um equilíbrio politrópico com $n = C_p/C_v = 1,4$). O valor da constante k pode ser obtido de $k = p_0/\rho_0^n$, p_o e ρ_0 sendo valores correspondentes a uma altitude de referência (por exemplo, o nível do mar, $z \equiv 0$)).

a) Supondo que a atmosfera satisfaça a equação de estado de um gás ideal, isto é, $pV = nRT$ ou $p = \rho rT$, sendo r a constante dos gases R dividida pela massa média de um mol, verifique que o valor da constante k pode também ser expresso como $k = (rT_0)^n/p_0^{n-1}$.

b) Verifique que a dependência da pressão com a altitude z é dada por

$$p(z) = p_0 \left(1 - \frac{n-1}{n}\frac{g}{rT_0}z\right)^{\frac{n}{n-1}} .$$

c) Obtenha expressões para a temperatura T e para a densidade ρ como funções de z (além de n, T_0 e ρ_0, claro).

8. Uma "cuia flutuante" tem a forma forma de uma esfera oca cortada ao meio. O raio externo da esfera é R. A massa da cuia é tal que, colocada na água com a sua borda circular para cima e na horizontal, ela flutua de forma que a altura da parte submersa é $R/2$, e portanto igual à altura da parte que permanece acima do nível da água.

a) Determine a posição do centro de empuxo e do centro de massa da cuia. Para facilitar as coisas, neste último caso suponha a espessura das paredes da cuia desprezível em comparação com R.

b) Estude a estabilidade da cuia flutuante determinando a posição do metacentro.