



NOME:

#USP:

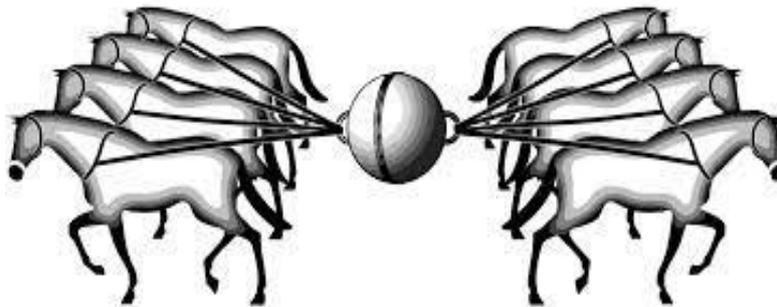
**INSTRUÇÕES:**

- i) **Descreva e justifique todos os passos durante a resolução dos problemas. Não serão plenamente computadas apenas respostas diretas.**
- ii) **Essa é uma prova sem consulta aos colegas ou qualquer material de apoio, além do indicado.**
- iii) **O tempo da prova é de 2 horas. Indique seu nome e #USP em todas as páginas.**

**Problema 1 (3 pontos)**

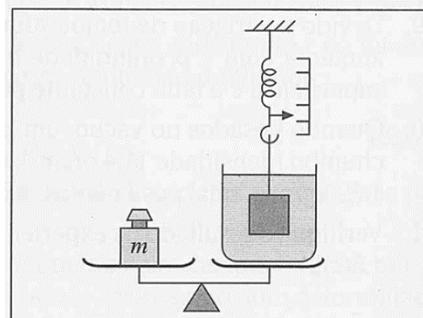
Na experiência dos hemisférios de Magdeburgo seja  $\Delta p$  a diferença entre a pressão atmosférica externa e a pressão interna, e seja  $d$  o diâmetro dos hemisférios.

- (a) Calcule a força que teria de ser exercida por cada parelha de cavalos para separar os hemisférios (1.5 pontos)
- (b) Na experiência realizada em 1654, tinha-se  $d = 37$  cm e pode-se estimar a pressão interna residual em  $0,1$  atm. Qual era a força necessária nesse caso ? (1.0 ponto)
- (c) 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 ? (0.5 ponto)

**Problema 2 (3 pontos)**

Um bloco cúbico de aço, de  $5$  cm de aresta e densidade  $7,8$  g/cm<sup>3</sup>, está mergulhado num recipiente de água, suspenso de uma balança graduada em kgf. A massa total do recipiente e da água é de  $1$  kg, e ele está sobre um prato de balança, equilibrado por um peso de massa  $m$  no outro prato conforme a Figura abaixo.

- (a) Qual é a leitura da balança de molas (1.5 pontos)
- (b) Qual o valor de  $m$  ? (1.5 pontos)





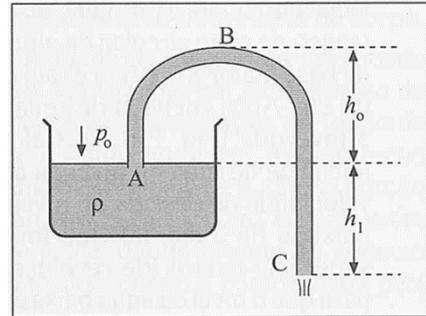
NOME:

#USP:

**Problema 3 (4 pontos)**

Um sifão é estabelecido aspirando o líquido do reservatório (de densidade  $\rho$ ) através do tubo recurvado ABC e fazendo-o jorrar em C, com velocidade de escoamento  $v$ .

- Calcule  $v$  em função dos parâmetros da figura ao lado (1.5 pontos)
- Calcule a pressão nos pontos A e B (1.5 pontos)
- Qual o valor máximo de  $h_0$  para qual o sifão funciona? (1 ponto)



**Bonus (1 ponto)** Três físicos famosos a quem este problema foi proposto erraram a resposta. Veja se você acerta!

- Um cubo de gelo flutua sobre água gelada num copo, com a temperatura da água próxima a  $0^\circ \text{C}$ . Quando o gelo derrete, sem que haja mudança apreciável da temperatura, o nível da água no copo sobe, desce ou não se altera? JUSTIFIQUE
- 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? JUSTIFIQUE

**Formulário:**

$$\rho = \frac{m}{V}, p = \frac{F}{A}, p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h, \text{ Eq. continuidade } R = A \cdot v = \text{constante}$$

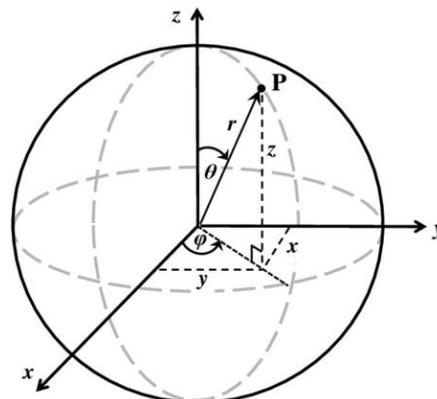
$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

**Lembrete matemático:**

$$\int \text{sen } x \, dx = -\text{co } s \, x$$

$$\int \text{cos } x \, dx = \text{sen } x$$

$$\int \text{sen}^2 x \, dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4}\text{sen } 2x$$



$$x = r \sin \theta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\theta = \cos^{-1}(z/r)$$

$$\varphi = \tan^{-1}(y/x)$$

**BOA SORTE !**



NOME \_\_\_\_\_

P1 \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

P2 \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

P3 \_\_\_\_\_

TOTAL \_\_\_\_\_

1

## Problema 1

- a) Área superficial de um único hemisfério da esfera  
(em função do diâmetro)

$$A = 2\pi \frac{d^2}{4} = \frac{\pi}{2} d^2$$

A força que cada uma das duas parselhas é

$$F = \frac{P \cdot A}{2} = \frac{\pi d^2 \Delta P}{4} \quad 1,5 \quad \frac{\pi (2r)^2 \Delta P}{4}$$
$$= \pi r^2 \Delta P$$

- b)  $\Delta P = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ atm} \approx 9,1 \times 10^4 \text{ Pa}$

A força necessária é:

$$F = \frac{\pi}{4} (0,37)^2 \times 9,1 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$= 9785 \text{ N} \approx 1000 \text{ Kg.f} \quad 1,5$$

- c) Cada cavalo  $\Rightarrow$  tração de 80 Kg.f

$$n = \frac{1000}{80} = 13 \text{ cavalos}$$

12,5



NOME \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

bloco cúbico 5 cm de aresta

densidade 7800 kg/cm<sup>3</sup>

(kg)

$$m_{\text{recipiente} + \text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ Kg}$$

(a) leitura da balança de molas

Força exercida sobre a mola que suspende o bloco

No Equilíbrio: empuxo

Força exercida pela mola

$$F_m + E = P$$

↳ peso

$$E = \rho_{\text{H}_2\text{O}} V \cdot g$$

$$F_m + \rho_{\text{H}_2\text{O}} V \cdot g = M g$$

$$F_m = (M - \rho_{\text{H}_2\text{O}} V) g$$

$$= (\rho_{\text{bloco}} \cdot V - \rho_{\text{H}_2\text{O}} V) \cdot g$$

$$M = \rho_{\text{bloco}} \cdot V$$

valores: volume = (0.05)<sup>3</sup>

$$\rho_{\text{bloco}} = 7800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$F_m = (7800 \times (0.05)^3 - 1000 \times (0.05)^3) \cdot g$$

$$= 8.3 \text{ N}$$

$$= 0,85 \text{ Kg}$$



NOME \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

## b) Peso vs volume

No banco: a pedra desloca um peso de água equivalente ao seu próprio peso, ou seja um volume de água maior que o seu

$$P_{\text{pedra}} > P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Dentro d'água: a pedra desloca o volume de água equivalente ao seu próprio volume.

Qdo jogada na piscina, a pedra provoca a diminuição de nível d'água

a) velocidade de escoamento do reservatório  $\approx 0$

$\Rightarrow$  Pela eq. de Bernoulli

$$\frac{P_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_s^2}{2g} + h_1 = \frac{P_0}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_0$

superfície do  
líquido e  
seção do tubo  
(ponto C)

$$v = \sqrt{2gh_1}$$

b) Pela eq de Bernoulli entre A e a superfície do líquido no reservatório

Vazão cte  $\Rightarrow$  velocidade ao longo do sifão é cte

velocidade de escoamento em A é igual a velocidade de escoamento na seção de sifão

$2gh_1$  (Eq. Torricelli)

$$\frac{P_0}{\rho g} + h_1 = \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + h_1 \quad \times (\rho g)$$

$$P_A = P_0 - \rho g h_1$$

$$\text{Em B} \Rightarrow \frac{P_0}{\rho g} + h_1 = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + h_0 + h_1$$

$$P_B = P_0 - \rho g (h_1 + h_0)$$



NOME \_\_\_\_\_

P1 \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

P2 \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

P3 \_\_\_\_\_

TOTAL \_\_\_\_\_

1

Q3 c)

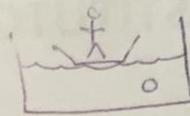
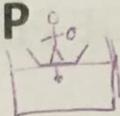
Aplicando Bernoulli a superfície do líquido no reservatório:

$$\left[ P_B + \rho g (h_0 + h_1) = \frac{P_0}{\rho g} \right]$$

No caso de pressão nula no pto B:

$$h_{0_{\max}} = \frac{P_0}{\rho g} - h_1$$

c.g.d



NOME \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

Q bonus:

Força peso é igual ao empuxo

$$m = \rho \cdot V_s \rightarrow \text{volume do gelo submerso}$$

massa do gelo

densidade da água

 $V_0 = \text{volume inicial da água} + \text{volume do gelo submerso}$ Após derreter  $V_0$  + água vindo do gelo

$$V_f = V_0 - V_s + \frac{m}{\rho}$$

↳ volume de água do gelo derretido

$$m = \rho \cdot V_s \Rightarrow V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$V_f = V_0 - V_s + V_s$$

$$= V_0 \quad (\text{não se altera})$$

b) Nível desce  $\Rightarrow$



NOME \_\_\_\_\_

PROFESSOR \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

b) Peso vs volume

No banco: a pedra desloca um peso de água equivalente ao seu próprio peso, ou seja um volume de água maior que o seu

$$P_{\text{pedra}} > P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Dentro d'água: a pedra desloca o volume de água equivalente ao seu próprio volume.

Qdo jogado na piscina, a pedra provoca a diminuição do nível da água