

Estática dos Fluidos



A base da compreensão
dos fenômenos naturais
e aplicações práticas.



Prof. Ricardo Bastos
FÍSICA • VESTIBULARES



INVESTIGAR

Entender o problema
antes da conta.



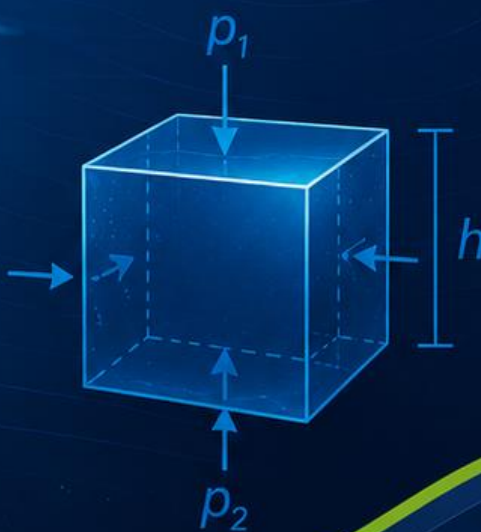
CONHECER

Dominar a teoria com
clareza e profundidade.



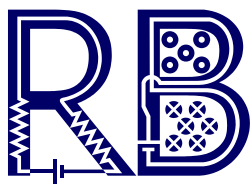
SIMULAR

Treinar, testar e evoluir
com estratégia.



$$p = \rho g h$$

h



Prof. Ricardo Bastos

Teoria sob demanda,
Aprofundada sob medida

TEF-MED • UECE 27.1

Estática dos fluidos

MED-L11



INVESTIGAR



CONHECER



SIMULAR

Fundamentos

1 Introdução

Como o próprio nome sugere, a **Estática dos Fluidos** ou **Hidroestática** é o ramo da mecânica que estuda os fluidos em equilíbrio estático.

Apesar do termo fluido ser usado para designar líquidos e gases, nosso estudo se concentrará nos líquidos.

Ao longo dessa aula estudaremos os principais conceitos da estática dos fluidos, que nos ajudarão a entender, por exemplo, por que o óleo fica sobre a água e não o oposto.



Ou por que os veículos projetados para terrenos arenosos ou lamacentos devem utilizar pneus mais largos do que aqueles que transitam por ruas pavimentadas.



2 Massa específica de uma substância (μ)

É uma das propriedades intrínsecas da matéria, como o calor específico ou a resistividade elétrica.

A massa específica de uma substância expressa a quantidade de matéria (m) que há num determinado volume (V). Matematicamente,

$$\mu = \frac{m}{V_{\text{substância}}}$$

A massa específica depende da temperatura e pressão a que a substância se encontra.

Unidades de medida:

$$\text{No SI: } [\mu] = \frac{\text{quilograma}}{\text{metro cúbico}} = \text{kg} / \text{m}^3$$

Outras unidades bastante utilizadas são o grama por centímetro cúbico (g/cm^3) e o quilograma por litro (kg/L).

Na tabela abaixo mostramos as massas específicas de algumas substâncias sob determinadas condições de temperatura e pressão.

Substância	Massa específica em g/cm^3
Álcool etílico	0,81
Benzeno	0,90
Gelo	0,92
Água	1,00
Glicerina	1,26
Alumínio	2,70
Ferro	7,80
Prata	10,50
Chumbo	11,34
Ouro	19,25
Ósmio	22,61

3 Densidade absoluta de um corpo (d)

O que acontece quando colocamos pregos de aço num recipiente contendo água?



Os pregos afundam, claro!

E um navio, feito do mesmo material, transportando milhares de toneladas além de sua própria massa?



Física com Ricardo Bastos



@ prof.ricardobastos



(88) 9.88143523



Pois é, o navio flutua, contrariando o velho e, nem sempre confiável, senso comum.

Embora prego e o navio sejam feitos do mesmo material, é a forma como a massa é distribuída ao longo do volume que define quem flutua e quem afunda.

A grandeza física que mede essa distribuição volumétrica de massa é denominada densidade absoluta ou, simplesmente, densidade do corpo.

Em termos matemáticos, $d = \frac{m}{V_{\text{corpo}}}$.

Embora possa parecer, a densidade absoluta de um corpo não é idêntica à massa específica da substância que o constitui, pois no cálculo da densidade consideramos também os volumes de partes vazias, o que não ocorre com a massa específica.

Essa é a razão para o navio não afundar!

Se o casco do navio for furado e os compartimentos propositalmente deixados vazios forem preenchidos com água, a densidade do navio aumentará e aquilo que o senso comum julgava óbvio acontecerá: o navio feito de aço, mais pesado que a água, deverá afundar.

Existem dois casos em que a densidade absoluta (d) é igual à massa específica (μ):

$$d = \mu \rightarrow \begin{cases} \text{sólidos maciços} \\ \text{líquidos ideais} \end{cases}$$

As unidades de medida são as mesmas da massa específica, ou seja, $[d] = [\mu]$.

4 Densidade relativa ($d_{A,B}$)

É definida como a razão entre as densidades absolutas de dois materiais, ou seja, $d_{A,B} = \frac{d_A}{d_B}$.

Naturalmente a densidade relativa é uma grandeza adimensional, isto é, $[d_{A,B}] = 1$

5 Densidade da mistura entre dois materiais (d_M)

Ao misturarmos dois materiais A e B de massas m_A e m_B e volumes V_A e V_B , a densidade da mistura (d_M), por definição, será:

$$d_M = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B}$$

5.1 Casos especiais de misturas

A densidade de uma mistura pode ser determinada pela relação geral apresentada anteriormente. Entretanto, quando os materiais são misturados em volumes iguais ou em massas iguais, a expressão pode ser simplificada.

Consideraremos que não ocorre contração nem expansão de volume durante a mistura.

• Mistura de volumes iguais

Se dois materiais de densidades d_A e d_B forem misturados com o mesmo volume V , a densidade da mistura será:

$$d_M = \frac{d_A V + d_B V}{V + V}$$

$$d_M = \frac{d_A + d_B}{2}$$

Portanto:

Nesse caso, a densidade da mistura corresponde à média aritmética das densidades dos materiais.

• Mistura de massas iguais

Se forem misturadas massas iguais m de dois materiais de densidades d_A e d_B , os volumes ocupados por eles serão diferentes:

$$V_A = \frac{m}{d_A} \quad \text{e} \quad V_B = \frac{m}{d_B}$$

Assim, a densidade da mistura será:

$$d_M = \frac{\frac{m}{d_A} + \frac{m}{d_B}}{\frac{m}{d_A} + \frac{m}{d_B}} \therefore d_M = \frac{2d_A d_B}{d_A + d_B}$$

Nesse caso, a densidade da mistura corresponde à média harmônica das densidades dos materiais.

É interessante destacar que o primeiro caso (**volumes iguais**) pode ser estendido para **qualquer quantidade de materiais**, ou seja, $d_M = \frac{d_A + d_B + \dots + d_n}{n}$.





Já o segundo (massas iguais) **só se aplica a dois materiais**, de modo que não podemos generalizar:

$$d_M = \frac{2d_A d_B}{d_A + d_B} \text{ (apenas 2) } \checkmark$$

$$d_M = \frac{2d_A d_B \cdot \dots \cdot d_n}{d_A + d_B + \dots + d_n} \text{ (vários) } \times$$

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R01. (UERJ/2004) Ao comprar uma barra de ouro, com 2 kg de massa, um investidor desconfiou haver também prata em sua composição. Para certificar-se, mergulhou a barra em um recipiente contendo água e verificou que o deslocamento da água correspondeu a um volume de 140 cm³.

Sabendo que as massas específicas do ouro e da prata são, respectivamente, 20 g·cm⁻³ e 10 g·cm⁻³, o investidor pode concluir que há, na barra, uma massa em prata equivalente, em gramas, a:

- A) 600 B) 800 C) 1.000 D) 1200

Resolução

Sejam:

- m_o : massa de ouro (em gramas)
- m_p : massa de prata (em gramas)
- V_{ouro} : volume de ouro (em cm³)
- V_{prata} : volume de prata (em cm³)

Sabendo que o volume é calculado pela razão entre a massa e a massa específica ($V = \frac{m}{\rho}$), podemos expressar os volumes do ouro e da prata em função de suas respectivas massas:

$$V_{\text{ouro}} = \frac{m_o}{20} \text{ e } V_{\text{prata}} = \frac{m_p}{10}$$

1. Equação das massas:

A soma das massas dos dois metais resulta na massa total da barra (2000 g):

$$m_o + m_p = 2000 \Rightarrow m_o = 2000 - m_p$$

2. Equação dos volumes:

A soma dos volumes dos dois metais resulta no volume total de água deslocado (140 cm³):

$$V_{\text{ouro}} + V_{\text{prata}} = 140$$

Substituindo os volumes pelas relações estabelecidas anteriormente, temos:

$$\frac{m_o}{20} + \frac{m_p}{10} = 140$$

3. Resolução

Multiplicando toda a equação dos volumes por 20 para eliminar os denominadores:

$$m_o + 2m_p = 2800$$

Substituindo $m_o = 2000 - m_p$ na equação acima:

$$(2000 - m_p) + 2m_p = 2800 \Rightarrow 2000 + m_p = 2800$$

$$m_p = 2800 - 2000 = 800 \text{ g}$$

Alternativa correta: B)

R02. (Mackenzie-SP/2016.1) No laboratório de uma fábrica de perfumes, as essências são armazenadas em frascos que possuem o mesmo volume. Em um recipiente, são misturados três frascos com essência de densidade 3,00 g/cm³ e três frascos com essência de densidade 2,00 g/cm³. A densidade da mistura homogênea, em g/cm³, é igual a

- a) 2,00 b) 2,50 c) 3,00 d) 3,50 e) 4,00

Resolução

1. Pelo Caso Particular (Atalho)

Ao ler o problema, notamos que a quantidade de frascos de cada essência é idêntica (três frascos da primeira e três da segunda) e que todos os frascos têm exatamente o mesmo volume.

Sempre que misturamos volumes iguais de líquidos diferentes, a densidade final da mistura homogênea é simplesmente a média aritmética das densidades dos líquidos misturados.

Portanto, basta calcular a média:

$$d_{\text{mistura}} = \frac{3,00 + 2,00}{2} = 2,50 \text{ g/cm}^3$$

2. Pelo Método Tradicional

Seja v o volume de um único frasco.

• Passo 1: Analisar a primeira essência

- $V_1 = 3v$
- $d_1 = 3,00 \text{ g/cm}^3$
- $m_1 = 3,00 \cdot 3v = 9v$

• Passo 2: Analisar a segunda essência

- $V_2 = 3v$





- $d_2 = 2,00 \text{ g/cm}^3$
- $m_2 = 2,00 \cdot 3v = 6v$

• **Passo 3: Calcular a mistura total**

A densidade da mistura é a massa total dividida pelo volume total:

- Massa total (m_t): $m_1 + m_2 = 9v + 6v = 15v$
- Volume total (V_t): $V_1 + V_2 = 3v + 3v = 6v$

Aplicando na fórmula da densidade final:

$$d_{\text{mistura}} = \frac{m_t}{V_t} = \frac{15v}{6v} = 2,50 \text{ g/cm}^3$$

Alternativa correta: B)

6 Pressão (p)

Caminhar por um canteiro de obras exige cuidado e equipamentos de segurança como capacete, luvas e botas, pois os acidentes podem acontecer a qualquer momento, sem que nenhum alarme soe, como mostra a figura a seguir.



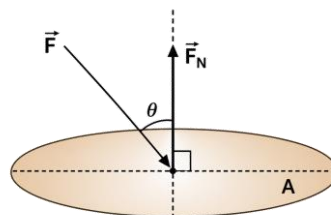
Como sabemos pregos são projetados para penetrarem objetos ou superfícies e no caso acima não há dúvida que ele cumprirá sua função, a menos que o indivíduo olhe para baixo e desista de pisá-lo.

Mas o que dizer da situação a seguir?



O senso comum nos leva a acreditar que a pessoa sobre os pregos sofrerá não uma, mas diversas perfurações. No entanto, a prática nos revela que a pessoa do exemplo anterior nada sofrerá!

A explicação para o fato está na pressão, que definiremos como a razão entre o módulo da componente normal da força (F_N) e a superfície (A) onde ela é aplicada.

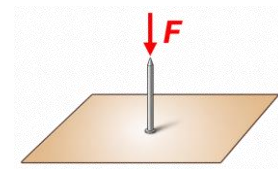


$$p = \frac{|\vec{F}_N|}{A}$$

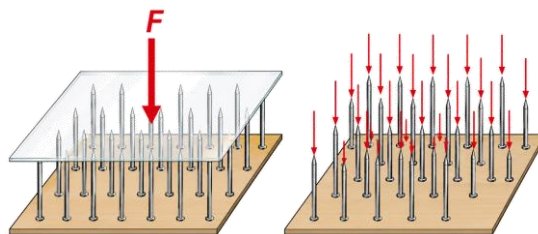
Agora, de posse da nossa nova ferramenta, reanalisemos as duas situações descritas anteriormente.

No caso do operário, preste a pisar o prego, ele está na iminência de aplicar uma força F sobre uma área muito pequena (ponta do prego).

No caso do homem descalço sobre vários pregos, o peso é distribuído sobre vários pregos, o que reduz bastante a pressão sobre cada ponto de contato.



Se tudo sair como o planejado, ou seja, o espaçamento entre os pregos for suficientemente pequeno, ele ficará apenas com as marcas das pontas dos pregos, em vez de furos.



Apesar do cuidado necessário ao manusear objetos pontiagudos, eles são indispensáveis em algumas situações, como na aplicação de injeções.

Não é o tamanho da seringa que determina o desconforto, mas principalmente a espessura da agulha. Como a pressão é dada por $p = \frac{F}{A}$, quanto menor a área de sua ponta, maior será a pressão produzida pela mesma força, facilitando a penetração na pele. Além disso, agulhas mais finas tendem a causar menos danos aos tecidos e, conseqüentemente, menos dor.





• Unidades de medida

A pressão é um caso interessante de grandeza física no que diz respeito à unidade de medida, pois mesmo após a adoção do sistema internacional de unidades (SI) vários países, incluindo o Brasil, ainda utilizam várias unidades fora desse sistema, conforme mostraremos adiante.

Sistema internacional (SI)

$$[p] = \frac{\text{newton}}{\text{metro quadrado}} = \text{N} / \text{m}^2 = \text{pascal (Pa)}$$

Sistema inglês

$$[p] = \frac{\text{libra-força}}{\text{pol}^2} = \text{psi}$$

Esta unidade é usada especialmente nos calibradores de pneus distribuídos em postos de combustíveis e borracharias, e é curiosamente, a única unidade que os borracheiros ou condutores realmente compreendem.



O termo psi é um acrônimo (palavra formada pelas letras iniciais de várias palavras) na língua inglesa para *pound force per square inch*, que em nosso idioma seria, libra-força por polegada quadrada (lbf/pol²).

Embora conceitualmente incorreto o psi também é conhecido como libra por polegada quadrada, considerando-se libra como unidade de peso, quando na verdade é uma unidade de massa.

• Outras unidades

Além do pascal e do psi, existem outras unidades de pressão. O milímetro de mercúrio (mmHg), por exemplo, é utilizado nos esfigmomanômetros (figura abaixo), aparelhos empregados na medição da pressão arterial. Também são comuns a atmosfera (atm), o bar (bar), aproximadamente igual a 1 atm, e o quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm²), entre outras.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

R03. (Fuvest-SP/2005) A janela retangular de um avião, cuja cabine é pressurizada, mede 0,5 m por 0,25 m. Quando o avião está voando a uma certa altitude, a pressão em seu interior é de, aproximadamente, 1,0 atm, enquanto a pressão ambiente fora do avião é de 0,60 atm. Nessas condições, a janela está sujeita a uma força, dirigida de dentro para fora, igual ao peso, na superfície da Terra, da massa de:

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2; g = 10 \text{ m/s}^2.$$

- a) 50 kg. b) 320 kg. c) 480 kg.
d) 500 kg. e) 750 kg.

Resolução

1. Área da Janela (A)

A janela é retangular, logo sua área é o produto de seus lados:

$$A = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125 \text{ m}^2$$

2. Diferença de Pressão (ΔP)

A força líquida que atua de dentro para fora é devida à diferença de pressão entre o interior e o exterior da cabine:

$$\Delta P = P_{\text{int}} - P_{\text{ext}}$$

$$\Delta P = 1,0 - 0,60 = 0,40 \text{ atm.}$$

Convertendo para pascals (N/m²):

$$\Delta P = 0,40 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

3. Força Resultante na Janela (F)

Sabendo que $P = \frac{F}{A}$, temos que a força é dada por:

$$F = \Delta P \cdot A = (4 \cdot 10^4) \cdot 0,125 = 5000 \text{ N}$$

4. Massa Equivalente ao Peso (m)

O problema pede a massa cujo peso na superfície da Terra corresponde a essa força de 5000 N. Sabendo que $P = m \cdot g$: $F = m \cdot g$

$$5000 = m \cdot 10 \Rightarrow m = \frac{5000}{10} = 500 \text{ kg}$$

Alternativa correta: D)



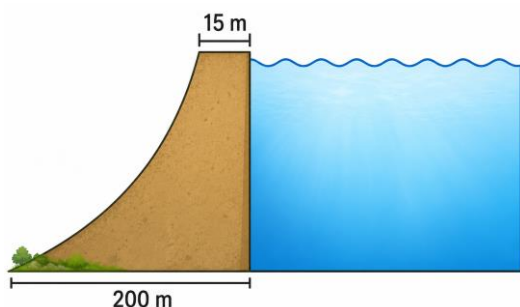


Princípios da Hidrostática

Localizada entre os estados de Nevada e Arizona a represa Hoover, concluída em 1936, é um dos ícones norte-americanos.



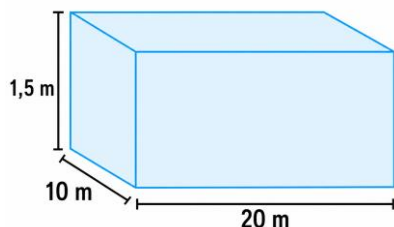
De acordo com a enciclopédia livre Wikipédia a parede da represa tem dimensões 221,4 m de altura por 379,2 m de largura e espessura variando entre 200 m na base e 15 m no topo, com capacidade instalada de produção de 2.078 MW.



Diante desses dados, surge uma pergunta: Por que a espessura da parede varia?

7 Princípio de Stevin

Consideremos uma piscina com dimensões 20 m × 10 m, com água até a altura de 1,5 m.



Qual a pressão exercida, exclusivamente pela água, no fundo da piscina?

Fácil! É só usarmos a definição, ou seja,

$$p_{\text{fundo}} = \frac{F}{A}$$

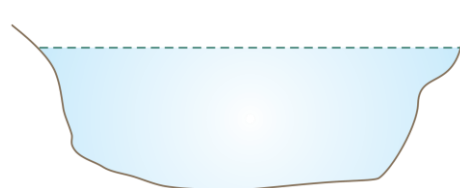
Como a força aplicada corresponde ao peso da água, cuja densidade consideraremos 10^3 kg/m^3 e $g = 10 \text{ m/s}^2$, vem:

$$p_{\text{fundo}} = \frac{P_{\text{água}}}{A} = \frac{m_{\text{água}} \cdot g}{A} = \frac{d_{\text{água}} \cdot V_{\text{água}} \cdot g}{A}$$

Fazendo as substituições,

$$p_{\text{fundo}} = \frac{10^3 \cdot (20 \times 10 \times 1,5) \cdot 10}{(20 \times 10)} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Agora ao invés de uma piscina, consideremos um lago, com o perfil da figura abaixo.



Para calcular a pressão no fundo do lago precisamos saber sua área e o peso total da água, certo?

Felizmente não!

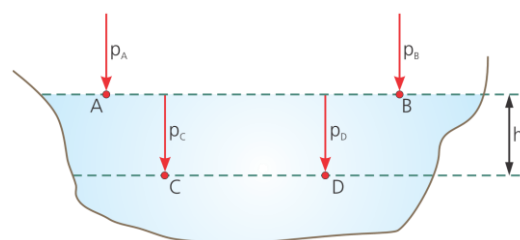
Neste caso, usaremos o princípio enunciado pelo belga Simon **Stevin** (1548-1620) e que leva o seu nome:

Pontos situados à mesma profundidade de um mesmo fluido, suportam a mesma pressão.

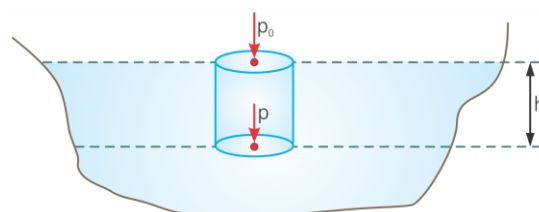


Assim, escolhendo quatro pontos da água do lago, A, B, C e D, podemos afirmar que:

$$\begin{cases} p_A = p_B = p_0 \\ p_C = p_D = p \end{cases}, \text{ onde } p_0 \text{ é a pressão atmosférica}$$



Usando essa ideia, vamos considerar uma seção cilíndrica de água, com área da base igual a A e altura h, conforme a figura.





Calculando a pressão exercida exclusivamente pelo peso da água sobre a área considerada, ou seja, descontando a pressão atmosférica, temos:

$$p - p_0 = \frac{F}{A} = \frac{P}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{dVg}{A} = \frac{dAhg}{A}$$

$$p = p_0 + dgh$$

Como se trata de um líquido, a densidade é igual à massa específica, de modo que podemos escrever também: $p = p_0 + \mu gh$

Onde,

- p é denominada pressão total ou absoluta,
 - p_0 a pressão atmosférica e,
 - $p - p_0$, a pressão exercida exclusivamente pela coluna e que denominamos também como pressão efetiva, manométrica ou hidrostática.
- **Gráfico da pressão absoluta (p) em função da profundidade (h)**

Respondendo à pergunta que abriu essa aula – **por que a base da parede de uma represa é mais espessa que o seu topo?** – fica claro agora que a pressão aplicada por um líquido aumenta com a profundidade, exigindo uma estrutura mais reforçada.

- **Determinando a pressão atmosférica. Experiência de Torricelli**

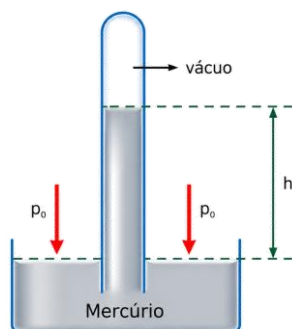
Em 1643 o jovem cientista italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu Galilei (1564-1642), realizou a seguinte experiência:

Entornou um grande tubo de vidro (cerca de 1,0 m) preenchido com mercúrio numa vasilha contendo o mesmo líquido.



Em vez do mercúrio escorrer completamente, o tubo permaneceu parcialmente preenchido, pois a pressão que ele exercia sobre a superfície do líquido no recipiente era equilibrada pela pressão atmosférica (p_0).

Pela importância dessa experiência, a altura da coluna



de mercúrio (h) foi utilizada como unidade de medida para a pressão atmosférica, que ao nível do mar equivale a 76 cm.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R04. (UFU-MG/2006.1) Ao usarem elevadores, algumas pessoas apresentam problemas nos ouvidos devido a mudanças de pressão. Se a pressão interna do tímpano não mudar durante a subida, a diminuição na pressão externa causa o aparecimento de uma força direcionada para fora do tímpano. Considere a área do tímpano de $0,6 \text{ cm}^2$, a densidade do ar admitida constante e igual a $1,3 \text{ grama/litro}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ e as pressões interna e externa do tímpano inicialmente iguais. Quando o elevador sobe 100 m , a força exercida sobre o tímpano, nas condições acima, seria de

- A) $7,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$. B) $9,7 \cdot 10^2 \text{ N}$.
C) $7,8 \cdot 10^2 \text{ N}$. D) $9,7 \cdot 10^{-2} \text{ N}$.

Resolução

1. Dados do Problema e Conversão de Unidades

- Área do tímpano (A):

$$A = 0,6 \text{ cm}^2 = 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

- Densidade do ar (d):

$$d = 1,3 \text{ g/L} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

- Variação de altura (Δh): 100 m

2. Cálculo da Variação de Pressão (ΔP)

Utilizando o teorema de Stevin para encontrar a variação da pressão atmosférica externa ao subir 100 m :

$$\Delta P = d \cdot g \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta P = 1,3 \cdot 10 \cdot 100$$

$$\Delta P = 1300 \text{ N/m}^2 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

3. Cálculo da Força Resultante no Tímpano (F)

A força exercida sobre o tímpano é devida à diferença entre a pressão interna (que permaneceu constante) e a nova pressão externa:

$$F = \Delta P \cdot A \Rightarrow F = 1300 \cdot (0,6 \cdot 10^{-4})$$

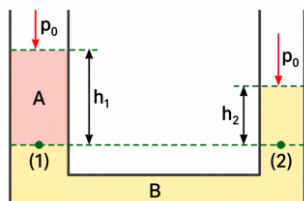
$$F = 780 \cdot 10^{-4} \therefore F = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

Alternativa correta: A)



7.1 Vasos comunicantes

Seja o tubo em forma de U aberto nas duas extremidades e preenchido com dois líquidos imiscíveis A e B.



Segundo o princípio de Stevin, podemos afirmar que as pressões nos pontos (1) e (2) são iguais e, portanto,

$$p_{(1)} = p_{(2)} \Rightarrow p_0 + d_1 g h_1 = p_0 + d_2 g h_2$$

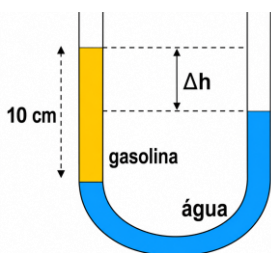
$$\therefore d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

É fácil notar que altura da coluna de líquido é inversamente proporcional à sua densidade.

É por essa razão que materiais menos densos flutuam sobre meios mais densos.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R05. (PUC-RJ/2017.1) Um tubo em forma de U, aberto nos dois extremos e de seção reta constante, tem em seu interior água e gasolina, como mostrado na figura.



Sabendo que a coluna de gasolina (à esquerda) é de 10 cm, qual é a diferença de altura Δh , em cm, entre as duas colunas?

Dados: $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{\text{gasolina}} = 0,75 \text{ g/cm}^3$.

A) 0,75 B) 2,5 C) 7,5 D) 10 E) 25

Resolução

1. Dados e Relação Geométrica

- Altura da coluna de gasolina (h_{gasolina}): 10 cm
- Massa específica da gasolina (ρ_{gasolina}): $0,75 \text{ g/cm}^3$
- Massa específica da água ($\rho_{\text{água}}$): 1 g/cm^3

Analisando a geometria do vaso:

Se a diferença entre os níveis é Δh , a altura da coluna de água acima do nível de referência é expressa por:

$$h_{\text{água}} = 10 - \Delta h$$

2. Igualdade de Pressões

Na linha Isóbara (nível de separação no ramo esquerdo), a pressão da coluna de gasolina iguala a pressão da coluna de água:

$$P_{\text{gasolina}} = P_{\text{água}}$$

$$h_{\text{gasolina}} \cdot \rho_{\text{gasolina}} \cdot g = h_{\text{água}} \cdot \rho_{\text{água}} \cdot g$$

$$h_{\text{gasolina}} \cdot \rho_{\text{gasolina}} = h_{\text{água}} \cdot \rho_{\text{água}}$$

3. Substituição e Resolução

Substituindo a relação $h_{\text{água}} = 10 - \Delta h$ e os valores dados:

$$10 \cdot 0,75 = (10 - \Delta h) \cdot 1 \Rightarrow 7,5 = 10 - \Delta h$$

$$\Delta h = 2,5 \text{ cm}$$

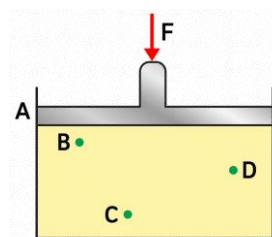
Alternativa correta: B)

8 Princípio de Pascal

Blaise Pascal (1623–1662) foi um matemático, físico e filósofo francês que realizou importantes estudos sobre a pressão nos fluidos.



Considere um fluido ideal, incompressível e em equilíbrio, contido em um recipiente rígido e fechado por um êmbolo de área A . Quando uma força $\vec{F}$ é aplicada ao êmbolo, produz-se sobre o fluido um acréscimo de pressão dado por:



$$\Delta p = \frac{F}{A}$$

De acordo com o princípio de Pascal, esse acréscimo de pressão é transmitido integralmente, e com a mesma intensidade, a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.

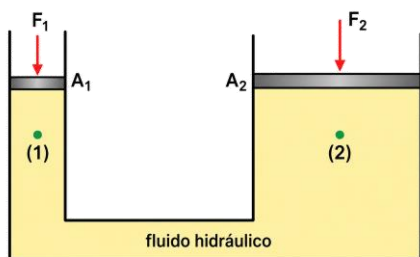
Assim, os pontos B , C e D recebem o mesmo acréscimo de pressão, independentemente de suas posições no interior do líquido.

$$\Delta p_B = \Delta p_C = \Delta p_D$$

8.1 Prensa hidráulica

Seja um tubo em forma de U, preenchido com um líquido ideal, que denominaremos fluido hidráulico e dois pistões de áreas transversais A_1 e A_2 .





Segundo o princípio de Pascal o acréscimo de pressão provocado pela aplicação de uma força sobre um dos ramos deverá ser transmitido a todos os pontos do fluido, de modo que: $\Delta p_{(1)} = \Delta p_{(2)}$

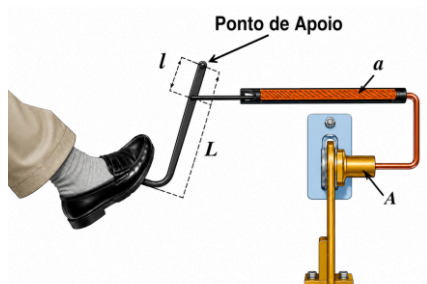
O mecanismo é denominado prensa hidráulica e relação entre as intensidades de força e as áreas dos pistões é dada por:

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

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R06. (UFRN/2012) Do ponto de vista da Física, o sistema de freios dos carros atuais é formado por uma alavanca e por uma prensa hidráulica.

Enquanto a alavanca tem a capacidade de ampliação da força aplicada por um fator igual à razão direta de seus braços, a prensa hidráulica amplia a força da alavanca na razão direta de suas áreas. Finalmente, a força resultante aciona os freios, conforme mostrado na Figura, fazendo o veículo parar.



Considere que a alavanca tem braço maior, L , igual a 40 cm e braço menor, l , igual a 10 cm, e a prensa hidráulica apresenta êmbolos com área maior, A , oito vezes maior que a área menor, a .

Levando em consideração as características descritas acima, tal sistema de freios é capaz de fazer a força exercida no pedal dos freios, pelo motorista, aumentar

- A) 32 vezes. B) 12 vezes.
C) 24 vezes. D) 16 vezes.

Resolução

1. Amplificação da Alavanca

Segundo o enunciado, a alavanca amplia a força aplicada na razão direta de seus braços:

$$\text{Fator}_{\text{alavanca}} = \frac{L}{l}$$

Substituindo os valores fornecidos:

- Braço maior (L) = 40 cm
- Braço menor (l) = 10 cm

$$\text{Fator}_{\text{alavanca}} = \frac{40}{10} = 4 \text{ vezes}$$

2. Amplificação da Prensa Hidráulica

A prensa hidráulica amplia a força na razão direta de suas áreas:

$$\text{Fator}_{\text{prensa}} = \frac{A}{a}$$

Como a área maior (A) é 8 vezes maior que a área menor (a):

$$\text{Fator}_{\text{prensa}} = 8 \text{ vezes}$$

3. Amplificação Total do Sistema

O sistema combina os dois efeitos em sequência. Para encontrar a amplificação total da força exercida no pedal, multiplicamos os dois fatores de amplificação:

$$\text{Fator}_{\text{total}} = \text{Fator}_{\text{alavanca}} \times \text{Fator}_{\text{prensa}}$$

$$\text{Fator}_{\text{total}} = 4 \times 8 = 32 \text{ vezes}$$

Alternativa correta: A)

9 Princípio de Arquimedes

Ao iniciarmos o estudo da estática dos fluidos, vimos que objetos abandonados num determinado fluido podem afundar ou flutuar, como acontece com o patinho da figura a seguir.



Ao longo deste tópico estudaremos a força que o fluido exerce sobre o patinho, mas antes faremos uma pausa para falar um pouco de história.

9.1 Um pouco de história





Não é raro que pensamentos, frases ou experiências sejam atribuídas (às vezes indevidamente) a pessoas cujas realizações marcaram profundamente a história.

Quando há registros passíveis de consulta, tudo bem. O problema é quando o “suposto” documento se perdeu, como as inúmeras obras que descansavam em alguma prateleira da biblioteca de Alexandria (Egito), alvo de vários incêndios e totalmente destruída no século VII de nossa época.



Feitas essas considerações, passemos à famosa história (ou estória) sobre Arquimedes de Siracusa (287 – 212 a.C.).

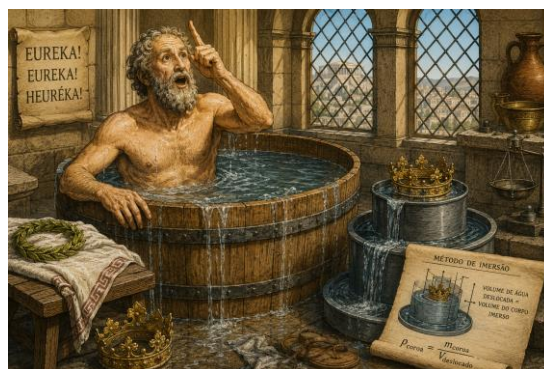
De acordo com o arquiteto romano Marcus Vitruvius Pollio (século I a.C.), em sua obra intitulada *De architectura*, Hierão, rei de Siracusa na época de Arquimedes, desconfiou que a coroa de ouro que encomendara continha uma quantidade de ouro inferior àquela que havia fornecido ao ourives, que podia ter usado outro metal.



Não havendo meios de comprovar isso, deu a Arquimedes, já famoso por suas invenções, a tarefa de descobrir a constituição da coroa, sem que a destruísse (via fundição).

Absorvido há vários dias pelo problema, Arquimedes foi tomar um banho numa banheira pública, muito comum na época. Foi quando ele observou que a água da banheira subia enquanto ele imergia, um fato outrora irrelevante, mas que naquele momento lhe deu a ideia para determinar o material utilizado na coroa.

Partindo dessa observação, Arquimedes teria comparado o volume deslocado pela coroa e por uma porção de ouro de mesma massa, quando imersas em água.

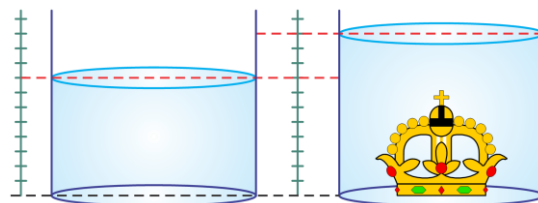


Bom, na teoria, tudo está correto! A questão é: Arquimedes teria acesso a instrumentos de medição tão precisos?

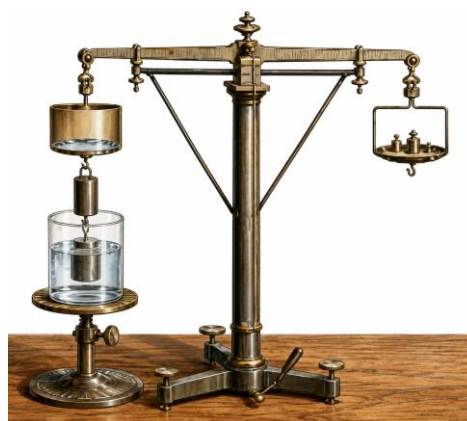
Para que possamos compreender a complexidade do problema, vamos considerar que a coroa tivesse 1,2 kg e 20 cm de diâmetro. Para simplificar, admitamos que a massa específica do ouro fosse exatamente 20 g/cm³, deste modo o volume por ela deslocado seria de

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{1.200 \text{ g}}{20 \text{ g/cm}^3} = 60 \text{ cm}^3$$

Finalmente tomemos um recipiente cilíndrico com cerca de 25 cm de diâmetro ($A \approx 480 \text{ cm}^2$), o que nos leva a uma elevação de nível de 1,25 mm!



O próprio Galileo (1564-1642), num pequeno tratado denominado *La bilancetta* (pequena balança) faz referência ao suposto método utilizado por Arquimedes afirmando sua frágil ou total imprecisão.



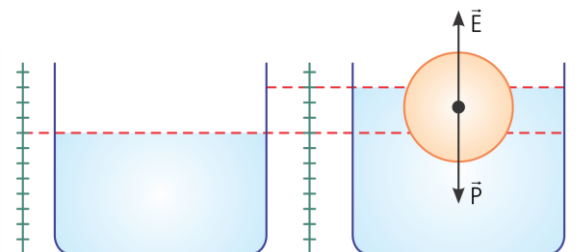
Balança hidrostática, inventada por Galileu em 1586

De acordo com ele, Arquimedes deveria ter usado medidas de massa ao invés de volume.



9.2 Empuxo arquimediano

Devido ao princípio da impenetrabilidade, dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar ao mesmo tempo, ou seja, para que um objeto penetre um fluido (incompressível) este deve ser deslocado.



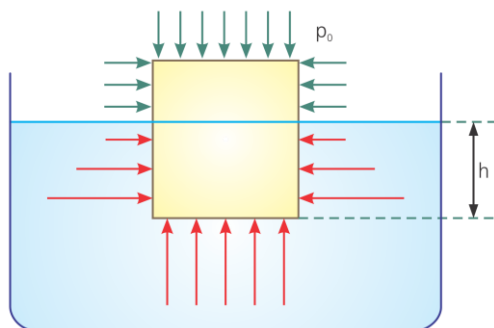
De acordo com Arquimedes, a intensidade da força vertical para cima que o fluido exerce sobre o objeto é, em módulo, igual ao peso do fluido deslocado, ou seja,

$$E = P_{\text{fluido deslocado}} = m_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

$$\therefore E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$$

9.3 Empuxo não-arquimediano

Seja um corpo em forma de prisma reto (bloco), com área da base igual a **A**, cuja altura imersa denominaremos de **h**.



No interior do fluido a pressão (Δp) varia com a profundidade, h , conforme Stevin:

$$\Delta p = dgh, \begin{cases} d \rightarrow \text{densidade do fluido} \\ g \rightarrow \text{aceleração da gravidade} \end{cases}$$

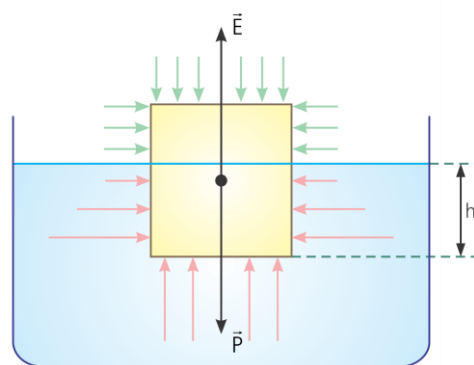
Deste modo, usando a definição de pressão, a intensidade da força sobre o corpo (empuxo) é dada por:

$$\Delta p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \Delta p \cdot A \Rightarrow E = dgh \cdot A \therefore E = dVg$$

Onde V é o volume da parte submersa do corpo (volume deslocado).

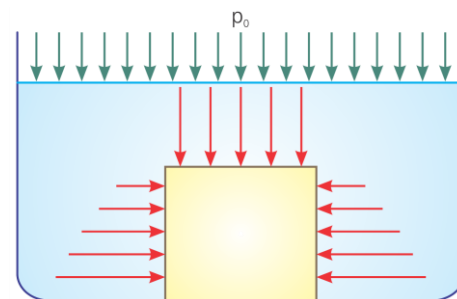
Como a pressão sobre a base do corpo é maior do que a pressão sobre seu topo, a pressão resultante tem

direção vertical e sentido para cima, como no empuxo arquimediano, de acordo com a figura adiante.

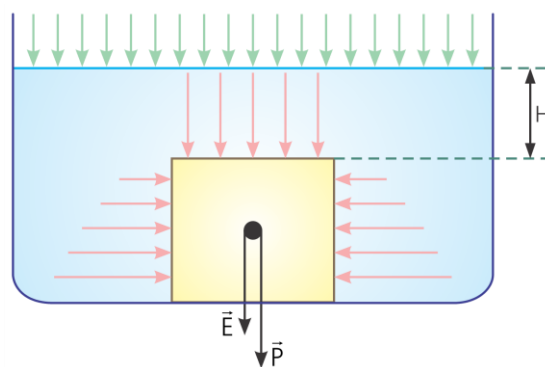


Nesse sentido, o empuxo é vertical e ascendente, como proposto por Arquimedes.

E se o corpo estivesse com sua base rente ao fundo do recipiente?



Neste caso, a pressão resultante seria vertical e o seu sentido para baixo!



A intensidade do empuxo sobre o corpo seria o resultado da pressão exercida pela coluna (H) de fluido sobre o seu topo, isto é,

$$F = \Delta p \cdot A \therefore E = dgH \cdot A$$



9.4 Peso aparente

Você já deve ter percebido que seu peso parece menor quando está relaxando numa piscina, certo?



Esse fato é conhecido como peso aparente ($P_{ap.}$) e seu módulo é dado por:

$$P_{ap.} = P - E, \begin{cases} P \rightarrow \text{peso medido no ar} \\ E \rightarrow \text{empuxo} \end{cases}$$

Quando flutuamos nosso peso aparente zera e nos sentimos como se não tivéssemos peso algum, numa situação denominada de imponderabilidade, semelhante àquela experimentada por astronautas a bordo de uma estação espacial.

• Aplicação medicinal do peso aparente

Além do relaxamento, as piscinas também são indicadas por profissionais da saúde para o tratamento de lesões musculares ou problemas vasculares, nos membros inferiores, numa atividade denominada hidroginástica.



Dentre os vários benefícios da hidroginástica destacamos dois:

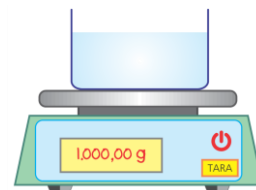
- Menor impacto nas articulações, permitindo que músculos e tendões sejam exercitados de forma mais suave;
- Pressão decrescente dos pés ao coração, favorecendo a circulação sanguínea nos membros inferiores.

9.5 “Pesando” o empuxo

Consideremos um recipiente de massa 300 g, contendo 700 mL de água ($d_{\text{água}} = 1 \text{ kg/L}$), sobre uma balança digital de precisão.

Agora, coloquemos no interior do recipiente um objeto de massa 200 g e volume 10 cm^3 .

A nova indicação da balança, ou seja, a nova massa registrada, seria a soma da anterior com a massa do objeto, óbvio!



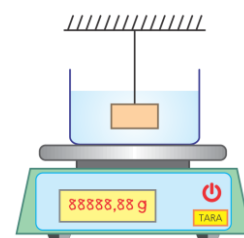
E se o objeto estivesse totalmente imerso, mas suspenso através de um fio, de modo a não tocar o recipiente?

Para responder a esse questionamento, vamos refletir um pouco...

• O que mede uma balança?

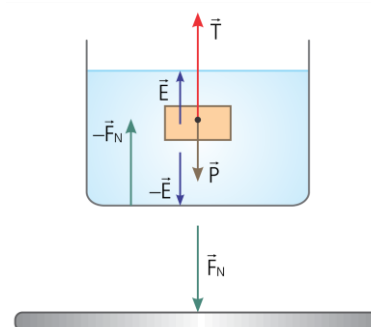
Seria a massa do corpo, seu peso ou outra coisa...?

Na verdade, uma balança de molas (ou sensores) como a utilizada em nosso exemplo, mede a força de contato, ou seja, a força normal.



Para que funcione corretamente, deve ser calibrada de modo que sua indicação corresponda à massa do corpo.

Dito isto, analisemos as forças aplicadas ao bloco e à balança de nosso exemplo:



Em concordância com a 3ª lei de Newton, o empuxo exercido pelo fluido sobre o objeto produz uma reação no fluido, que segundo Pascal, é transmitida integralmente a todo os pontos deste, onde destacamos a base do recipiente.



Por outro lado, ainda levando em conta a 3ª lei de Newton, o recipiente apoiado sobre a balança sofre uma força normal, que é a reação àquela que o recipiente exerce sobre a balança e que a mesma converte em quantidade de massa.

Finalmente, como todo o sistema está em equilíbrio estático, temos:

Sobre o recipiente:

$$-\vec{F}_N + (-\vec{E}) = \vec{0} \xrightarrow{\text{em módulo}} F_N = E$$

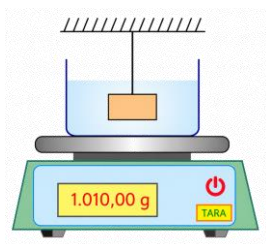
Assim, o acréscimo na indicação da balança, descontados os pesos do fluido e do recipiente, é, em módulo igual ao empuxo sofrido pelo corpo.

Sobre o corpo:

$$\vec{E} + \vec{T} + \vec{P} = \vec{0} \xrightarrow{\text{em módulo}} T = P - E$$

A tração exercida sobre o fio, peso aparente, é a diferença entre o peso no ar (peso real) e o empuxo.

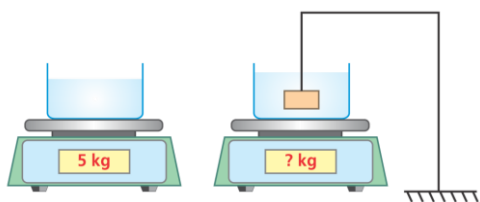
Assim, voltando ao problema, a nova indicação da balança seria 1.010,00 g.



Eis a razão pela qual dizemos que a balança pesa o empuxo!

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R07. (UFLA-MG/2019[1]) Uma panela contendo água, cuja densidade é de 1.000 kg/m^3 , é posta sobre uma balança que indica uma massa total, panela mais água, de 5 kg. Um objeto de massa 2 kg e volume de $0,001 \text{ m}^3$ é suspenso por uma corda de massa desprezível e, então, é totalmente submerso na água sobre a balança. Considere que a corda continua tensionada após o objeto ser submerso na água e que esse não toca no fundo da panela, e $g = 10 \text{ m/s}^2$.



O novo valor indicado na balança será de:

- A) 4 kg B) 5 kg C) 6 kg D) 7 kg

Resolução

1. Cálculo do Empuxo (E)

O empuxo é a força vertical para cima exercida pela água sobre o objeto submerso:

$$E = \rho_{\text{água}} \cdot V \cdot g$$

Substituindo os valores dados:

- Densidade da água ($\rho_{\text{água}}$) = 1000 kg/m^3
- Volume submerso (V) = $0,001 \text{ m}^3$
- Gravidade (g) = 10 m/s^2

$$E = 1000 \cdot 0,001 \cdot 10 = 10 \text{ N}$$

2. Reação no conjunto (Panela + Água)

Pela Terceira Lei de Newton, se a água empurra o objeto para cima com uma força de 10 N (Empuxo), o objeto empurra a água para baixo com uma força de mesma intensidade (10 N).

3. Novo valor na balança

A força total normal (N) sobre a balança será a soma do peso inicial do conjunto mais a força de reação do empuxo:

$$\text{Peso inicial } (P_{\text{inicial}}) = m \cdot g = 5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 50 \text{ N}$$

Força total exercida na balança (N)

$$50 \text{ N} + 10 \text{ N} = 60 \text{ N}$$

Convertendo a força registrada para a massa equivalente indicada na balança:

$$m_{\text{indicada}} = \frac{N}{g} = \frac{60 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 6 \text{ kg}$$

Alternativa correta: C)

ANOTAÇÕES





- S01. (TEF-UECE/27.1)** Durante a pandemia de Covid-19, o uso do álcool 70% tornou-se indispensável para a higienização e desinfecção de mãos e superfícies. Nos rótulos desses produtos, a concentração alcoólica costuma ser expressa em duas escalas: em graus Gay-Lussac (°GL), que indica a porcentagem de etanol em volume, e em graus INPM (°INPM), que indica a porcentagem em massa.

Considere a preparação de 1000 mL de uma solução antisséptica hidroalcoólica de 70 °GL. Sabendo que a densidade do etanol puro é 0,8 g/mL e a densidade da água é 1,0 g/mL, a concentração dessa mesma solução, expressa na escala °INPM, é de aproximadamente

- A) 65°. B) 70°. C) 78°. D) 86°.

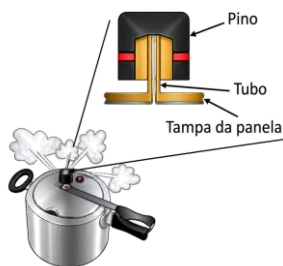
- S02. (TEF-UECE/27.1)** Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), a conduta de dirigir sob a influência de álcool é severamente punida, sendo que a constatação de concentração igual ou superior a 0,6 g de álcool por litro de sangue configura crime de trânsito.

Considere um indivíduo com volume sanguíneo de 6 L que consumiu em curto intervalo de tempo 150 mL de uísque com teor alcoólico de 40% (porcentagem em volume). Admita que a densidade do etanol seja de 0,8 g/mL e que 30% da massa de álcool ingerida foi absorvida e permaneceu na corrente sanguínea.

A concentração de álcool no sangue desse condutor ultrapassa o limite criminal citado na lei em

- A) 1,5 vez. B) 2,0 vezes.
C) 3,0 vezes. D) 4,0 vezes.

- S03. (Fuvest-SP/2015)** Para impedir que a pressão interna de uma panela de pressão ultrapasse um certo valor, em sua tampa há um dispositivo formado por um pino acoplado a um tubo cilíndrico, como esquematizado na figura a seguir.



Enquanto a força resultante sobre o pino for dirigida para baixo, a panela está perfeitamente vedada. Considere o diâmetro interno do tubo cilíndrico igual a 4 mm e a massa do pino igual a 48 g. Na situação em que apenas a força gravitacional, a pressão atmosférica e a exercida pelos gases na panela atuam no pino, a pressão absoluta máxima no interior da panela é

Note e adote:

$$\pi = 3; 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{aceleração local da gravidade} = 10 \text{ m/s}^2$$

- A) 1,1 atm B) 1,2 atm C) 1,4 atm
D) 1,8 atm E) 2,2 atm

ANOTAÇÕES:





- S04. (TEF-UECE/27.1)** Um sistema em U é constituído por dois tubos verticais abertos e de seções retas diferentes, conectados pela base por um tubo horizontal de volume desprezível. O tubo A possui área transversal de $8,0 \text{ cm}^2$ e o tubo B possui área de $4,0 \text{ cm}^2$. Inicialmente, o sistema contém água de densidade $1,0 \text{ g/cm}^3$.

Em seguida, derrama-se lentamente no tubo A um volume de $48,0 \text{ cm}^3$ de um óleo imiscível de densidade $0,75 \text{ g/cm}^3$. Após o sistema atingir o equilíbrio hidrostático, a diferença de altura H entre a superfície livre do óleo no tubo A e a superfície livre da água no tubo B é igual a

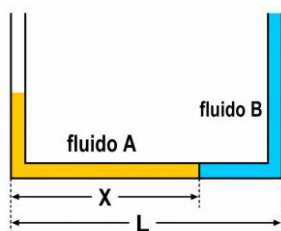
A) 1,5 cm. B) 2,0 cm. C) 3,5 cm. D) 4,5 cm.

- S05. (UECE/2026.1[F1])** Um tubo em formato de U, com extremidades abertas e de seção reta uniforme, encontra-se parcialmente preenchido com um líquido de densidade d . Nesta situação, os níveis do líquido de densidade d são iguais em ambos os ramos de U (nível primitivo). Derrama-se lentamente, no ramo da direita, um segundo líquido de densidade $d' < d$, que não se mistura com o primeiro, e espera-se o equilíbrio. Nessa situação, observa-se que a superfície horizontal livre do segundo líquido, de densidade d' , encontra-se a uma distância vertical Y acima da superfície horizontal livre do líquido de densidade d presente no ramo oposto. Sabendo que os líquidos são incompressíveis e que a superfície livre do líquido de densidade d no ramo esquerdo elevou-se a uma altura H , em relação ao seu nível primitivo, a razão d'/d é:

A) $H/(H+Y)$. B) $2H/(2H+Y)$.
C) H/Y . D) $Y/(2H+Y)$.

- S06. (EFOMM/2026)** Dois líquidos A e B, respectivamente com densidades ρ_A e ρ_B , estão em repouso no tubo em forma de U, de seção transversal uniforme e muito pequena, representado na imagem.

Ambos os líquidos possuem o mesmo volume, que é igual ao volume da base do tubo, cujo comprimento vale L . O comprimento x , que mede a posição do contato entre os dois líquidos a partir da extremidade esquerda, vale:



- A) $\frac{(\rho_A + \rho_B)^2}{8\rho_A\rho_B} L$ B) $\frac{\rho_A}{\rho_A + \rho_B} L$
C) $\frac{\rho_B}{\rho_A + \rho_B} L$ D) $\frac{2\rho_A\rho_B}{(\rho_A + \rho_B)^2} L$
E) $\frac{2\rho_B^2}{(\rho_A + \rho_B)^2} L$

ANOTAÇÕES:





- S07. (TEF-UECE/27.1)** Um tubo em formato de U, com seção transversal de área constante A , contém um líquido de densidade ρ . Inicialmente, o fluido é mantido fora do equilíbrio hidrostático por uma trava, de forma que as colunas nos dois ramos verticais possuem alturas h_1 e h_2 em relação à base do tubo.

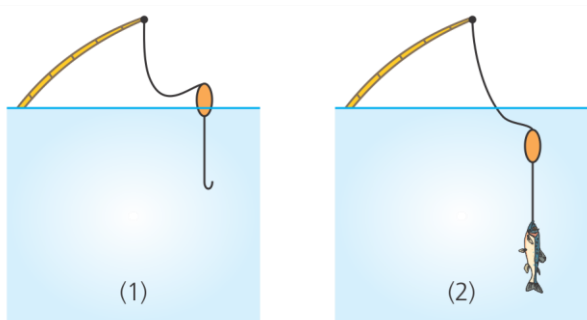
Ao se liberar a trava, o líquido se movimenta até atingir a nova posição de equilíbrio hidrostático, na qual as duas colunas alcançam a mesma altura.

Desprezando os atritos e a viscosidade do fluido, e considerando a aceleração da gravidade local igual a g , o trabalho realizado pela força peso (W_{peso}) durante todo esse processo é igual a:

- A) $\frac{\rho g A}{4}(h_1 - h_2)^2$ B) $-\frac{\rho g A}{4}(h_1 - h_2)^2$
 C) $-\frac{\rho g A}{2}(h_1 - h_2)^2$ D) $\frac{\rho g A}{4}(h_1^2 - h_2^2)$

- S08. (Unicamp-SP/2019)** Em uma pescaria é utilizada uma linha com boia e anzol.

Inicialmente, na posição de espera, a linha acima da boia mantém-se frouxa e a boia flutua, ficando com $1/3$ do seu volume submerso (figura 1). Quando o peixe é fisgado, a boia é puxada, ficando totalmente submersa e momentaneamente parada; simultaneamente, a linha que a une ao anzol fica esticada verticalmente (figura 2). A parte superior da linha, acima da boia, mantém-se frouxa. Nessa situação, quanto vale o módulo da tensão da linha que une a boia ao anzol? Despreze as massas da linha e do anzol, bem como o atrito viscoso com a água.



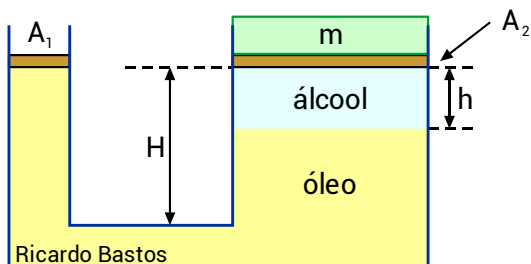
- a) O peso da boia.
 b) O dobro do peso da boia.
 c) O peso do peixe menos o peso da boia.
 d) O peso do peixe menos o dobro do peso da boia.

ANOTAÇÕES:



S09. (Escola Naval/2011) O sistema hidráulico da figura abaixo consiste em dois êmbolos, de massas desprezíveis, de áreas A_1 e A_2 , fechando completamente as aberturas de um tubo em U cilíndrico. O óleo no interior do tubo está contaminado com certa quantidade de álcool etílico, formando assim uma pequena coluna de altura h logo abaixo do êmbolo de área $A_2 = 5 \cdot A_1$. Considere os líquidos incompressíveis. Para que os êmbolos estejam à mesma altura H , um pequeno bloco de massa

$m = 30$ gramas foi colocado sobre o êmbolo de área maior. O volume, em litros, de álcool etílico no interior do tubo é



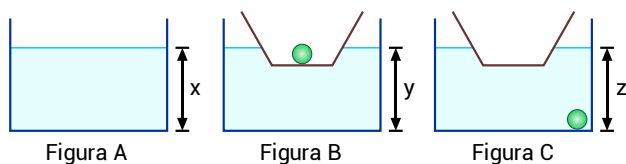
Dados: $\mu_{\text{álcool}} = 0,80 \text{ g/cm}^3$; $\mu_{\text{óleo}} = 0,90 \text{ g/cm}^3$.

A) 0,20 B) 0,30 C) 0,50 D) 1,0 E) 1,5

S10. (AFA/2023) Um aquário de paredes finas e área da base igual a S contém água cuja densidade vale μ_A , até a altura x (Figura A).

Um barquinho de madeira, com uma esfera maciça dentro dele, é posto a flutuar e o nível da água se eleva até a altura y (Figura B).

Ao retirar a esfera e colocá-la diretamente na água, com o barquinho ainda a flutuar, ela afunda e o nível de água altera para o valor z (Figura C).



Considerando que as figuras foram feitas em escalas diferentes, e sendo o volume da esfera igual a V e sua densidade μ_E , pode-se afirmar corretamente que

- a) $z - y = \left(\frac{\mu_E}{\mu_A} - 1 \right) \cdot \frac{V}{S}$ b) $y - z = \left(\frac{\mu_E}{\mu_A} - 1 \right) \cdot \frac{V}{S}$
 c) $z - x = \left(\frac{\mu_E}{\mu_A} + 1 \right) \cdot \frac{V}{S}$ d) $z + x = \left(\frac{\mu_E}{\mu_A} + 1 \right) \cdot \frac{V}{S}$

ANOTAÇÕES:



S11. (UECE/2023.2[F2]) Ao observar um bloco de madeira de formato cúbico, de aresta L e de densidade d , flutuando em um fluido de densidade $D > d$, uma criança nota que o bloco permanece parcialmente submerso e que a parte visível, em contato com o ar, tem altura A quando medida do topo do bloco à superfície livre do líquido. Em uma atitude infantil, a criança resolve retirar o bloco do fluido e seccioná-lo, cortando e descartando a parte do bloco que permanecia visível anteriormente, com intuito de deixar numa mesma cota, quando reinserido na água, o topo do novo bloco, assim obtido, e a superfície livre do fluido. Ao reinserir o novo bloco no fluido, a criança observa, estarecida, que ele flutua em uma nova configuração estável e com altura B quando medida a partir do novo topo à superfície livre do fluido de

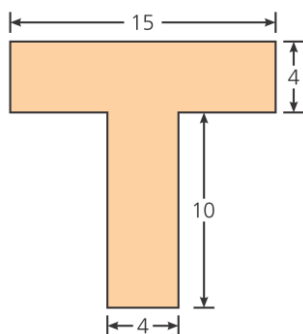
A) A^2/L .B) 0 .C) $A(L-A)/L$.D) $(L-A)^2/L$.**ANOTAÇÕES:****ANOTAÇÕES:**



C01. (Fasa-MG/2015.1) Considerando-se que a quantidade de sangue circulando no corpo de uma pessoa é de 75,0 mL/kg e que a densidade do sangue é igual a 1,05 g/cm³, é correto afirmar que a massa do sangue que circula no corpo de uma pessoa de 80,0 kg é igual, em kg, a

- A) 5,0. B) 6,3. C) 7,0. D) 7,5. E) 8,0.

C02. (Unifor-CE/2009.2) Uma haste maciça de alumínio tem 2,0 m de comprimento e seção transversal em forma de T, com as dimensões abaixo dadas em cm.



A densidade do alumínio é $d = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. A massa da haste é, em kg,

- A) 81 B) 54 C) 41 D) 27 E) 14

C03. (Univas-MG/2014) Em uma farmácia de manipulação o farmacêutico diluiu uma substância líquida em água para produzir certo medicamento. Para essa mistura, utilizou 80 gramas de água e 80 gramas da substância. Sabendo-se que as densidades da água e da substância valem, respectivamente, 1,0 g/cm³ e 0,5 g/cm³, determine, a densidade final, em g/cm³, da mistura promovida pelo farmacêutico.

- A) $\frac{1}{2} \text{ g/cm}^3$. B) $\frac{3}{2} \text{ g/cm}^3$. C) $\frac{3}{4} \text{ g/cm}^3$.
D) $\frac{2}{3} \text{ g/cm}^3$. E) $\frac{1}{3} \text{ g/cm}^3$.

C04. (TEF-UECE/27.1) Em um laboratório, um profissional necessita preparar exatamente 800 mL de uma solução antisséptica de limpeza com concentração de 75 °GL (porcentagem de álcool em volume). Para isso, ele dispõe apenas de um frasco contendo álcool etílico absoluto (100% v/v) e água destilada.

Desconsiderando eventuais efeitos de contração volumétrica, os volumes de álcool absoluto e de água destilada que devem ser misturados para obter essa solução são, respectivamente,

- A) 600 mL e 200 mL. B) 550 mL e 250 mL.
C) 480 mL e 320 mL. D) 750 mL e 50 mL.

ANOTAÇÕES:





C05. (TEF-UECE/27.1) Os discos intervertebrais atuam como amortecedores entre as vértebras, suportando altas pressões decorrentes das atividades diárias e da sustentação do peso corporal. Estima-se que um determinado disco intervertebral da região lombar consiga resistir a uma pressão máxima de $12,0 \text{ N/mm}^2$ antes de sofrer risco de lesão grave ou ruptura.

Considerando que a área média da seção transversal desse disco seja de $8,5 \text{ cm}^2$ e que a aceleração da gravidade local seja $g = 10 \text{ m/s}^2$, a massa máxima, em quilogramas, que um único disco lombar pode suportar sob essas condições é igual a

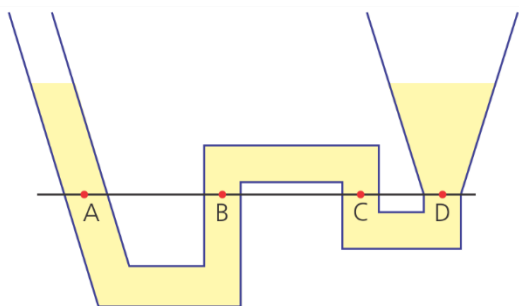
- A) 1020 kg. B) 102 kg.
C) 850 kg. D) 10.200 kg.

C06. (FMTM-MG/2004.2) A válvula reguladora de pressão em uma panela de pressão tem massa igual a 60 g e está apoiada sobre um orifício de diâmetro 2,8 mm da tampa da panela, vedando perfeitamente a comunicação do exterior com o interior. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, a mínima variação de pressão no interior da panela, que fará com que a válvula permita o escape do vapor do interior da panela, é, aproximadamente, em Pa: (Dado $\pi = 3$)



- A) $0,8 \cdot 10^5$. B) $0,9 \cdot 10^5$. C) 10^5 .
D) $1,2 \cdot 10^5$. E) $1,8 \cdot 10^5$.

C07. Udesc-SC/2017.1) A figura mostra um tubo aberto em suas extremidades, contendo um único líquido em equilíbrio.



Assinale a alternativa correta com relação às pressões p_A , p_B , p_C e p_D nos pontos A, B, C e D situados sobre a mesma linha horizontal, conforme mostra a figura.

- A) $p_A = p_B = p_C < p_D$. B) $p_A = p_B = p_C = p_D$.
C) $p_A > p_B = p_C = p_D$. D) $p_A = 2p_B = 3p_C = 4p_D$.
E) $4p_A = 3p_B = 2p_C = p_D$.

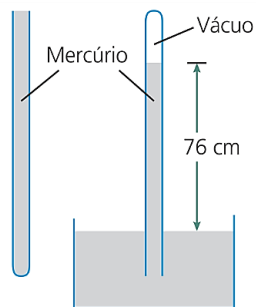
ANOTAÇÕES:



C08. (Famerp-SP/2019) Em 1643, Evangelista Torricelli realizou um experimento com o qual mediu a pressão atmosférica terrestre ao nível do mar.

Encheu com mercúrio um tubo de aproximadamente 1 m de comprimento, fechou-o e, invertendo o tubo, mergulhou sua extremidade em outro recipiente também contendo mercúrio.

Após a abertura da extremidade do tubo, o mercúrio desceu até estabilizar-se à altura de 76 cm.



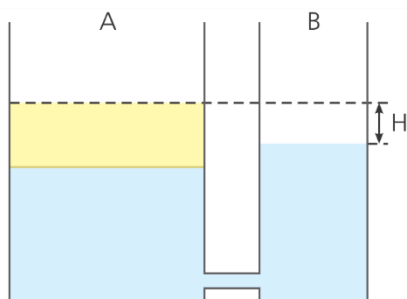
(<http://seara.ufc.br>. Adaptado.)

Anos depois, por iniciativa de Blaise Pascal, o mesmo experimento foi realizado na França, no alto de uma montanha, e a coluna de mercúrio se estabilizou a uma altura de 60,8 cm.

Considerando a pressão atmosférica ao nível do mar igual a $1,0 \cdot 10^5$ Pa e que a aceleração da gravidade tem o mesmo valor no alto da montanha e ao nível do mar, a pressão atmosférica no alto da montanha onde foi realizado o experimento era

- A) $8,0 \cdot 10^3$ Pa. B) $6,6 \cdot 10^4$ Pa.
C) $1,25 \cdot 10^4$ Pa. D) $8,0 \cdot 10^4$ Pa.
E) $6,6 \cdot 10^3$ Pa.

C09. (PUC-RJ/2019.1) Um tubo em U, composto por dois tubos grandes (tubo A com seção reta de $5,00 \text{ cm}^2$ e tubo B com seção reta de $2,50 \text{ cm}^2$), ligados por um pequeno tubo horizontal, contém uma certa quantidade de água. Coloca-se então um volume $V = 25,0 \text{ cm}^3$ de óleo, que não se mistura com a água, no tubo A. Ao atingir o equilíbrio, o sistema fica como mostrado na figura, tal que a superfície livre do tubo A fica a uma altura H acima da superfície livre do tubo B.



Dados: $g = 10,0 \text{ m/s}^2$; $d_{\text{óleo}} = 0,800 \text{ g/cm}^3$; $d_{\text{água}} = 1,00 \text{ g/cm}^3$.

Calcule H , em cm.

- A) 0,0 B) 1,0 C) 4,0 D) 5,0 E) 10,0

ANOTAÇÕES:





C10. (TEF-UECE/27.1) Um tubo em formato de U, de extremidades abertas e seção reta uniforme, contém água de densidade d . Inicialmente, o líquido encontra-se em repouso no nível primitivo em ambos os ramos.

Em seguida, adiciona-se óleo de densidade d' no ramo da esquerda até que a coluna desse óleo atinja uma altura total X . No novo equilíbrio hidrostático, sabendo que a água no ramo da direita subiu uma altura h em relação ao nível primitivo, a razão d'/d entre as densidades do óleo e da água é expressa por

- A) h/X . B) $2h/X$.
C) $(X-h)/X$. D) $(X-2h)/X$.

C11. (UECE/2025.2[F1]) Um tubo em formato de U, aberto nas extremidades, é utilizado em laboratório para obtenção da densidade d de um líquido desconhecido a partir da densidade d' de um líquido conhecido. O tubo, de seção transversal uniforme, possui como características um ramo esquerdo E, um trecho horizontal de comprimento L e um ramo direito D de mesmo comprimento que o esquerdo E. São despejados no tubo volumes iguais de dois líquidos, admitidamente imiscíveis, e aguarda-se o equilíbrio. Atingido o equilíbrio, observa-se que o ramo esquerdo E encontra-se preenchido até uma altura X com o líquido de densidade d , ao passo que o ramo direito D encontra-se preenchido até uma altura Y com o líquido de densidade d' . A razão d/d' para que o trecho horizontal do tubo também se encontre preenchido com o líquido de densidade d' é:

- A) $(X+L)/X$ B) $Y/(Y+L)$
C) $(X-L)/(X+L)$ D) $(Y-L)/(Y+L)$

C12. (UECE/2023.2[F1]) Arquimedes foi um matemático, cientista e engenheiro que viveu na antiga cidade de Siracusa. Em um de seus nove tratados sobre a flutuação dos corpos, Arquimedes estabelece os fundamentos da hidrostática. De acordo com a lenda, é atribuída a Arquimedes a solução do problema posto por Hieron II de Siracusa, o de determinar se uma coroa confeccionada por um artesão era feita de ouro maciço ou possuía outro metal menos nobre em sua composição. É provável que Arquimedes tenha-se utilizado de uma balança hidrostática para resolver o problema da coroa, ao invés da versão popular da água transbordando na banheira. O problema em questão consiste em uma joia, confeccionada em ouro, que possui massa de 36 g quando medida no ar, ao passo que, quando imersa em água, cuja densidade é de 1g/cm^3 , possui massa aparente de 34 g.

Suponha que outro metal menos nobre, prata, por exemplo, tenha sido misturado ao ouro na confecção da joia.

Adotando para efeito de cálculo que a densidade do ouro e da prata valem, respectivamente, 20g/cm^3 e 10g/cm^3 , a razão entre a massa de prata e a massa de ouro presentes na joia é de

- A) $1/8$. B) $1/3$. C) $1/4$. D) $1/16$.

ANOTAÇÕES:





C13. (TEF-UECE|26.2) Um corpo de densidade ρ flutua na interface de dois líquidos imiscíveis, de densidades ρ_1 e ρ_2 , com $\rho_1 > \rho_2$. Do volume total V do corpo, uma parcela V_1 fica imersa no líquido de densidade ρ_1 e o restante V_2 fica imerso no líquido de densidade ρ_2 . Desprezando efeitos de tensão superficial, a razão $\frac{V_1}{V_2}$ é:

A) $\frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho}$

B) $\frac{\rho_1 - \rho}{\rho - \rho_2}$

C) $\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho - \rho_2}$

D) $\frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}$

C14. (UECE/2022.2[F2]) Uma maneira de determinar a densidade D de um fluido desconhecido consiste em utilizar um bloco retangular padrão e um fluido de densidade d conhecida. Ao mergulhar o bloco padrão no fluido de densidade conhecida, observa-se que, no equilíbrio, $2/3$ de seu volume ficam submersos. Em seguida, ao mergulhar o bloco no fluido de densidade desconhecida D , observa-se que, no equilíbrio $9/10$ de seu volume, permanecem submersos. Com base nas informações fornecidas, a densidade do fluido desconhecido, em termos de d , é

A) $2d/3$.

B) $20d/27$.

C) $9d/15$.

D) $10d/3$.

ANOTAÇÕES:

Gabarito das Questões de Casa

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
B	B	D	A	A	C	B	D	B	B
11	12	13	14	Teoria sob demanda					
B	A	A	B	Aprofundada sob medida					



**Questão C01.**

Inicialmente vamos calcular o volume de sangue (V) no corpo do indivíduo considerado:

$$V = 75 \frac{\text{mL}}{\text{kg}} \times 80 \text{ kg} \therefore V = 6.000 \text{ mL}$$

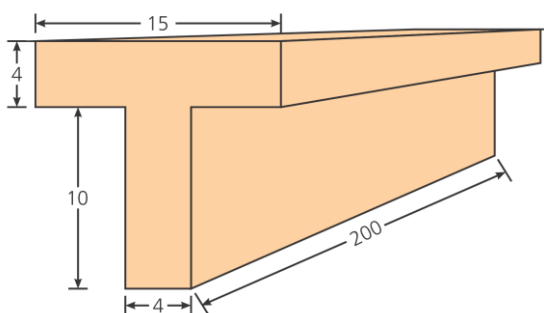
De posse do valor encontrado e, lembrando que $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$, calculemos a massa deste volume de sangue:

$$d_s = \frac{m_s}{V}, \begin{cases} d_s = 1,05 \text{ g/cm}^3 \\ V = 6.000 \text{ mL ou } 6.000 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

$$1,05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{m_s}{6000 \text{ cm}^3} \therefore m_s = 6.300 \text{ g ou } 6,3 \text{ kg}$$

Alternativa correta: B)**Questão C02.**

Em perspectiva, temos:



O volume da peça é dado por:

$$V = A_{\text{seção transversal}} \times h$$

Calculemos a área da seção transversal:

$$A_{\text{seção transversal}} = (4 \times 15) + (10 \times 4) = 100 \text{ cm}^2 \text{ ou } 10^{-2} \text{ m}^2$$

Sendo $h = 2,0 \text{ m}$, o volume da haste é:

$$V = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

Logo, sua massa é:

$$d = \frac{m}{V}, \begin{cases} d = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ V = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \end{cases}$$

$$m = 2,7 \cdot 10^3 \times 2 \cdot 10^{-2} = 54 \text{ kg}$$

Alternativa correta: B)**Questão C03.**

$$\text{Dados: } \begin{cases} m_{\text{água}} = m_{\text{substância}} = 80 \text{ g} \\ d_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3 \\ d_{\text{substância}} = 1,05 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

Logo, a densidade da mistura, sabendo que foram usadas massas iguais, será:

$$d_M = 2 \cdot \left(\frac{d_{\text{água}} \times d_{\text{substância}}}{d_{\text{água}} + d_{\text{substância}}} \right) = 2 \cdot \left(\frac{1 \times 0,5}{1 + 0,5} \right) \therefore d_M = \frac{2}{3} \text{ g/cm}^3$$

Alternativa correta: D)**Questão C04.****1. Conceito do Grau Gay-Lussac (°GL)**

A indicação de 75 °GL significa que 75% do volume total da solução final deve ser composto por álcool puro (soluto).

2. Cálculo do volume de álcool absoluto

Para obter 800 mL de solução a 75 °GL:

$$V_{\text{álcool}} = 75\% \text{ de } 800 \text{ mL} = \frac{75}{100} \cdot 800 = 600 \text{ mL}$$

3. Cálculo do volume de água destilada

O restante do volume final deve ser completado com água destilada:

$$\text{Volume de água} = 800 \text{ mL} - 600 \text{ mL} = 200 \text{ mL}$$

Portanto, para preparar a solução final, são necessários 600 mL de álcool absoluto e 200 mL de água.

Alternativa correta: A)**Questão C05.****1. Identificação dos Dados**

- Pressão máxima (p): $12,0 \text{ N/mm}^2$
- Área (A): $8,5 \text{ cm}^2$
- Aceleração da gravidade (g): 10 m/s^2

2. Conversão de Unidades

Para trabalhar na mesma unidade de área (cm^2), convertemos a pressão:

Como $1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$, temos $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$.

$$p = 12,0 \text{ N/mm}^2 \cdot 100 \text{ mm}^2 / \text{cm}^2 = 1200 \text{ N/cm}^2$$

3. Cálculo da Força Máxima (F)

A relação da pressão é $p = \frac{F}{A}$. Multiplicando a pressão pela área:

$$F = p \cdot A$$

$$F = 1200 \text{ N/cm}^2 \cdot 8,5 \text{ cm}^2 = 10.200 \text{ N}$$



4. Cálculo da Massa Máxima (m)

Sabendo que a força exercida corresponde ao peso ($P = m \cdot g$):

$$m = \frac{F}{g} = \frac{10.200 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 1020 \text{ kg}$$

Alternativa correta: A)

Questão C06.

$$\text{Dados: } \begin{cases} m = 60 \text{ g} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \\ D = 2,8 \text{ mm} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

A diferença de pressão no interior da panela (Δp), que fará a válvula ser acionada, é igual àquela produzida pela válvula, que calculamos a seguir:

$$\Delta p = \frac{F}{A},$$

$$\text{Dados: } \begin{cases} F = P = mg = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 60 \cdot 10^{-2} \text{ N} \\ A = \pi \frac{D^2}{4} = 3 \cdot \frac{(2,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 5,88 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \end{cases}$$

$$\Delta p = \frac{F}{A} = \frac{60 \cdot 10^{-2}}{5,88 \cdot 10^{-6}} \approx 1,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

Alternativa correta: C)

Questão C07.

Em concordância com o princípio de Stevin os pontos A, B, C e D são submetidos à mesma pressão, por estarem à mesma profundidade (linha horizontal) num mesmo líquido.

Logo,

$$p_A = p_B = p_C = p_D$$

Alternativa correta: B)

Questão C08.

Como pressão atmosférica (p_0) e altura da coluna de mercúrio (h) são diretamente proporcionais, deduzimos que:

$$\frac{p_0}{h} = \text{cte.}$$

Assim, denotando as pressões atmosféricas medidas ao nível do mar e no alto da montanha, respectivamente, por p_0 e p'_0 , bem como as alturas das colunas de mercúrio, na mesma ordem, por h e h' , vem:

$$\frac{p_0}{h} = \frac{p'_0}{h'}, \begin{cases} p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\ h = 76 \text{ cm} \\ h' = 60,8 \text{ cm} \end{cases}$$

Logo,

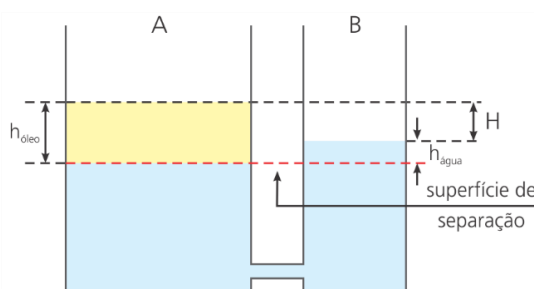
$$\frac{1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{76 \text{ cmHg}} = \frac{p'_0}{60,8 \text{ cmHg}} \therefore p'_0 = 8,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Alternativa correta: D)

Questão C09.

Ao ser colocado no tubo de 5 cm^2 (A_A) de seção reta os 25 cm^3 ($V_{\text{óleo}}$) formam uma coluna $h_{\text{óleo}}$ igual a:

$$V_{\text{óleo}} = A_A \cdot h_{\text{óleo}} \Rightarrow 25 = 5 \times h_{\text{óleo}} \therefore h_{\text{óleo}} = 5,0 \text{ cm}$$



Segundo o princípio de Stevin o acréscimo de óleo faz a água subir, em relação à superfície de separação entre os dois líquidos, uma altura $h_{\text{água}}$ igual a:

$$\Delta p_{\text{óleo}} = \Delta p_{\text{água}}$$

$$d_{\text{óleo}} \cdot h_{\text{óleo}} = d_{\text{água}} \cdot h_{\text{água}}, \begin{cases} d_{\text{óleo}} = 0,8 \text{ g/cm}^3 \\ h_{\text{óleo}} = 5,0 \text{ cm} \\ d_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

$$0,8 \cdot 5 = 1 \cdot h_{\text{água}} \therefore h_{\text{água}} = 4,0 \text{ cm}$$

Logo, o desnível entre as superfícies do óleo e da água, H , é dada por:

$$H = h_{\text{óleo}} - h_{\text{água}} = 5,0 - 4,0 \therefore H = 1,0 \text{ cm}$$

Alternativa correta: B)

Questão C10.

1. Coluna de água acima da interface

A água no ramo da direita subiu uma altura h em relação ao nível primitivo.

Por simetria do tubo uniforme, no ramo da esquerda a água desceu a mesma altura h em relação ao nível primitivo.

A diferença total de nível da água (da interface no lado esquerdo até o topo da água no lado direito) é:

$$h_{\text{água}} = h + h = 2h$$





2. Coluna de óleo

O enunciado já nos dá diretamente a altura total da coluna de óleo colocada no ramo esquerdo:

$$h_{\text{óleo}} = X$$

3. Equilíbrio Hidrostático (Teorema de Stevin)

Igualando as pressões na interface (nível de separação entre o óleo e a água):

$$P_{\text{esquerda}} = P_{\text{direita}}$$

$$d' \cdot g \cdot h_{\text{óleo}} = d \cdot g \cdot h_{\text{água}}$$

Cancelando a gravidade g :

$$d' \cdot X = d \cdot (2h)$$

4. Razão d' / d

Isolando a razão entre as densidades:

$$\frac{d'}{d} = \frac{2h}{X}$$

Alternativa correta: B)

Questão C11.

1. Igualdade dos Volumes

Como o tubo possui seção transversal uniforme A e foram despejados volumes iguais dos dois líquidos:

Líquido desconhecido (densidade d): ocupa apenas o ramo esquerdo até uma altura X .

$$\text{Volume}_1 = A \cdot X$$

Líquido conhecido (densidade d'): ocupa todo o trecho horizontal de comprimento L mais o ramo direito até a altura Y .

$$\text{Volume}_2 = A \cdot (Y + L)$$

Como os volumes são iguais ($\text{Volume}_1 = \text{Volume}_2$):

$$A \cdot X = A \cdot (Y + L)$$

$$X = Y + L$$

2. Equilíbrio Hidrostático

A interface entre os dois líquidos encontra-se na junção entre o ramo esquerdo e o trecho horizontal. Na altura dessa superfície horizontal de separação, as pressões exercidas pelas colunas de líquido em ambos os lados devem ser iguais:

$$P_0 + d \cdot g \cdot X = P_0 + d' \cdot g \cdot Y$$

Cancelando a pressão atmosférica P_0 e a aceleração da gravidade g :

$$d \cdot X = d' \cdot Y$$

Isolando a razão $\frac{d}{d'}$:

$$\frac{d}{d'} = \frac{Y}{X}$$

3. Substituição

Substituindo $X = Y + L$ na equação da razão entre as densidades:

$$\frac{d}{d'} = \frac{Y}{Y + L}$$

Alternativa correta: B)

Questão C12.

1. Determinação do Volume da Joia (V_{total})

Quando a joia é imersa na água, ela sofre a ação da força de empuxo (E), o que reduz o seu peso medido (peso aparente).

- Massa real no ar (m_{total}): 36 g
- Massa aparente na água (m_{aparente}): 34 g
- Massa de água deslocada: 36 g – 34 g = 2 g

Como a densidade da água é $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$, o volume de água deslocado — que é igual ao volume total da joia — vale:

$$V_{\text{total}} = \frac{m_{\text{água}}}{d_{\text{água}}} = \frac{2 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3} = 2 \text{ cm}^3$$

2. Sistema de Equações para as Massas

Seja m_{Au} a massa de ouro e m_{Ag} a massa de prata.

- Massa total:

$$m_{\text{Au}} + m_{\text{Ag}} = 36 \Rightarrow m_{\text{Au}} = 36 - m_{\text{Ag}}$$

- Volume total:

O volume é a soma dos volumes de ouro e prata

$$(V = \frac{m}{d}):$$

$$V_{\text{Au}} + V_{\text{Ag}} = V_{\text{total}}$$

$$\frac{m_{\text{Au}}}{20} + \frac{m_{\text{Ag}}}{10} = 2$$

3. Resolução do Sistema

Substituindo $m_{\text{Au}} = 36 - m_{\text{Ag}}$ na equação dos volumes:

$$\frac{36 - m_{\text{Ag}}}{20} + \frac{m_{\text{Ag}}}{10} = 2$$





$$(36 - m_{\text{Ag}}) + 2 \cdot m_{\text{Ag}} = 40$$

$$36 + m_{\text{Ag}} = 40 \therefore m_{\text{Ag}} = 4 \text{ g}$$

Agora, calculamos a massa de ouro:

$$m_{\text{Au}} = 36 - 4 = 32 \text{ g}$$

4. Razão entre a Massa de Prata e a Massa de Ouro

A razão pedida $\frac{m_{\text{Ag}}}{m_{\text{Au}}}$ é:

$$\frac{m_{\text{Ag}}}{m_{\text{Au}}} = \frac{4}{32} = \frac{1}{8}$$

Alternativa correta: A)

Questão C13.

1. Condição de Equilíbrio Hidrostático

Quando o corpo flutua em equilíbrio na interface dos dois líquidos imiscíveis, a força peso (P) do corpo é exatamente equilibrada pela soma das forças de empuxo (E_1 e E_2) exercidas por cada um dos líquidos:

$$P = E_1 + E_2$$

2. Expressões das Forças

- Peso do corpo (P):

Dado em função do seu volume total $V = V_1 + V_2$ e de sua densidade ρ :

$$P = \rho \cdot (V_1 + V_2) \cdot g$$

- Empuxo do líquido 1 (E_1):

Devido à parcela de volume V_1 imersa no líquido de densidade ρ_1 :

$$E_1 = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g$$

- Empuxo do líquido 2 (E_2):

Devido à parcela de volume V_2 imersa no líquido de densidade ρ_2 :

$$E_2 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot g$$

3. Desenvolvimento Algébrico

Substituindo os termos na equação de equilíbrio:

$$\rho \cdot (V_1 + V_2) \cdot g = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g + \rho_2 \cdot V_2 \cdot g$$

Podemos simplificar a aceleração da gravidade g em ambos os lados:

$$\rho \cdot V_1 + \rho \cdot V_2 = \rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2$$

Agrupando os termos contendo V_1 de um lado e V_2 do outro:

$$\rho \cdot V_2 - \rho_2 \cdot V_2 = \rho_1 \cdot V_1 - \rho \cdot V_1$$

Colocando os volumes em evidência:

$$V_2 \cdot (\rho - \rho_2) = V_1 \cdot (\rho_1 - \rho)$$

Isolando a razão $\frac{V_1}{V_2}$:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho}$$

Alternativa correta: A)

Questão C14.

1. Primeiro fluido (densidade d)

No equilíbrio, o Peso do bloco (P) equivale ao Empuxo do primeiro fluido (E_1): $P = E_1$

$$\rho_{\text{bloco}} \cdot V_{\text{total}} \cdot g = d \cdot V_{\text{submerso, 1}} \cdot g$$

Como $V_{\text{submerso, 1}} = \frac{2}{3} V_{\text{total}}$, podemos simplificar a equação

cancelando V_{total} e g : $\rho_{\text{bloco}} = \frac{2}{3} d$

2. Segundo fluido (densidade D)

Repetindo o processo para o segundo fluido:

$$P = E_2$$

$$\rho_{\text{bloco}} \cdot V_{\text{total}} \cdot g = D \cdot V_{\text{submerso, 2}} \cdot g$$

Como $V_{\text{submerso, 2}} = \frac{9}{10} V_{\text{total}}$, simplificamos novamente:

$$\rho_{\text{bloco}} = \frac{9}{10} D$$

3. Relação entre as densidades

Igualando as duas expressões obtidas para a densidade do bloco (ρ_{bloco}):

$$\frac{9}{10} D = \frac{2}{3} d$$

Isolando D :

$$D = \frac{2}{3} d \cdot \frac{10}{9} \Rightarrow D = \frac{20d}{27}$$

Alternativa correta: B)

