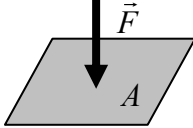


HIDROSTÁTICA

A hidrostática estuda o comportamento dos fluidos (líquidos e gases) em equilíbrio.

Conceito de pressão

Considere uma superfície de área S sujeita à ação de uma força \vec{F} , perpendicular à mesma. Definimos pressão p_m sobre a superfície S à grandeza escalar dada por:

$$p_m = \frac{F}{A}$$


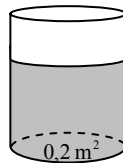
Unidades mais utilizadas de pressão.

No SI	No CGS
N/m^2 ou Pa (pascal)	dyn/cm^2 ou ba (bária)

- Obs.:
- $1Pa = 10\text{ ba}$
 - Outra unidade utilizada é a atmosfera
 $1atm = 760\text{ mmHg} = 10^5\text{ N/m}^2$

TESTES DE SALA:


T09. Um líquido de peso 20 N está no interior de um recipiente cujo fundo tem área igual a $0,2\text{ m}^2$. Calcule a pressão que o líquido exerce no fundo do recipiente.



T10. Determine em N/m^2 , a pressão média exercida por um prédio de 300 t e base de 200 m^2 nos seus pontos de contato com o solo. Adote $g = 10\text{ m/s}^2$.

Massa específica de uma substância “ μ ”

Considere uma amostra de dada substância, de massa m e volume V . Definimos a massa específica μ da substância como o quociente:


$$\mu = \frac{m}{V}$$


Unidades mais utilizadas de massa específica.

No SI	No CGS	Outras
kg/m^3	g/cm^3	kg/l

Densidade de um corpo

Considere um corpo, de massa m e volume V . Definimos a densidade d do corpo como o quociente:

$$d = \frac{m}{V}$$


- Obs.:
- As unidades de densidade são as mesmas de massa específica.
 - Para líquidos homogêneos, não se faz distinção entre massa específica e densidade.

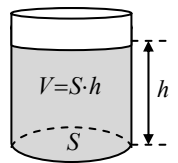
TESTES DE SALA:

T11. Um bloco sólido, maciço e homogêneo, tem volume de 20 cm^3 e massa de 120 g. Determine a massa específica da substância que o constitui.

T12. Um cubo oco de ferro apresenta 10g de massa e volume de $6,0\text{ cm}^3$. O volume da parte “vazia” é $4,7\text{ cm}^3$. Determine a densidade do cubo e a massa específica do ferro

Teorema de Stevin

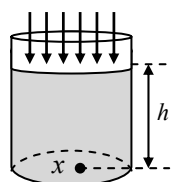
Considere um Líquido homogêneo de densidade absoluta d , em equilíbrio, preenchendo até uma altura h , um recipiente cilíndrico cuja base tem área S .



- A pressão exercida pela coluna do líquido no fundo do recipiente (pressão hidrostática) é dada por :

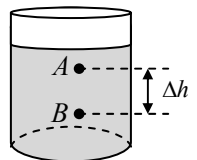
$$p_{liq} = \frac{\text{Peso}}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{d \cdot V \cdot g}{S} = \frac{d \cdot S \cdot h \cdot g}{S} = d \cdot g \cdot h$$

- A pressão p exercida num ponto qualquer do fundo do recipiente é a soma da pressão que o ar exerce na superfície do líquido (pressão atmosférica) mais a pressão que a coluna de líquido exerce, devido ao seu peso.



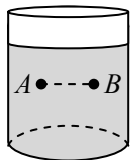
$$p = p_{atm} + p_{liq} \Rightarrow p = p_{atm} + d \cdot g \cdot h$$

- A diferença de pressão entre dois pontos, A e B no interior de um líquido homogêneo é a pressão hidrostática exercida pela coluna líquida entre os dois pontos.



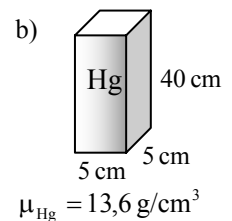
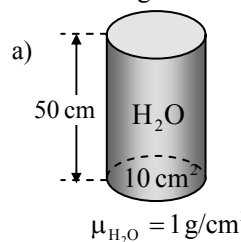
$$\Delta p = p_B - p_A = d \cdot g \cdot \Delta h$$

- Se os pontos A e B estiverem no mesmo nível, $\Delta h = 0$, isto é, $p_A = p_B$.



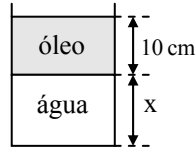
TESTES DE SALA:

T13. Calcule a pressão e a força no fundo dos recipientes indicados nas figuras. Adote $g = 10\text{ m/s}^2$.



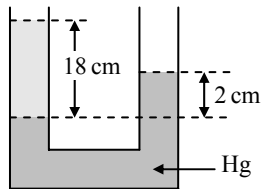
T14. Calcule a pressão no fundo de um lago à profundidade de 25 m. São dados: $1\text{atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

T15. O recipiente da figura contém água e óleo. Sabendo que a pressão absoluta no fundo do recipiente é de $1,038 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/cm}^3$, $\mu_{\text{óleo}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$ e $p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Calcule a altura x da coluna de água.

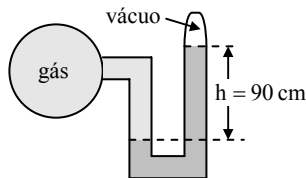


T16. (U. TAUBATÉ-SP) Na figura existem mercúrio, de densidade $13,6 \text{ g/cm}^3$, e outro líquido, não-miscível com o primeiro, cuja densidade será de, aproximadamente:

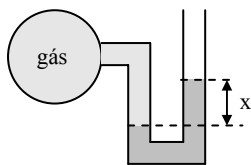
- a) $12,2 \text{ g/cm}^3$
- b) $1,5 \text{ g/cm}^3$
- c) $0,15 \text{ g/cm}^3$
- d) $9,0 \text{ g/cm}^3$
- e) $6,8 \text{ g/cm}^3$



T17. O dispositivo da figura é um manômetro de tubo fechado, que consiste num tubo recurvado contendo mercúrio. A extremidade aberta é conectada com um recipiente no qual está o gás cuja pressão se quer medir; na outra extremidade reina o vácuo. Determine a pressão exercida pelo gás em cm de Hg.



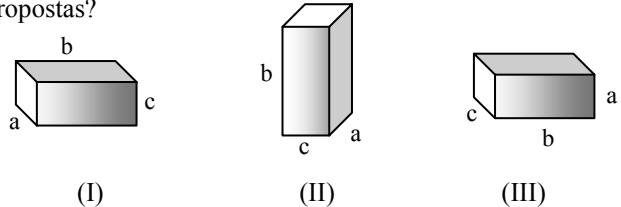
T18. Admita que o mesmo recipiente com gás da questão anterior, é em seguida conectado a um manômetro de tubo aberto, em que a extremidade livre é aberta para o meio ambiente. Se a pressão atmosférica local vale 76 cmHg , qual o novo valor de x da coluna de mercúrio?



EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P07. Uma força de módulo $F = 400 \text{ N}$ é aplicada normalmente a uma superfície retangular de $10 \times 10 \text{ cm}$. Determine a pressão média exercida sobre a superfície.

P08. A caixa da figura abaixo tem peso 400 N e dimensões $a = 10 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$ e $c = 5 \text{ cm}$ e apoia-se em uma superfície plana horizontal. Qual a pressão, em N/cm^2 , que a caixa exerce no apoio, através de sua base em cada uma das situações propostas?



P09. (UFMG) Um artigo recente, na revista Veja, informou que todo o ouro extraído pelo homem, desde a Antiguidade até os dias de hoje, seria suficiente para encher uma caixa cúbica de lado igual a 20 m. Como a densidade do ouro vale cerca de 20 g/cm^3 ($20 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$), pode-se concluir que a massa total de ouro extraída pelo homem, até agora, em toneladas, é de aproximadamente:

- a) 20
- b) 400
- c) 8 000
- d) 160 000
- e) 20 milhões

P10. (UF-PA) Numa proveta graduada em cm^3 , contendo água até o nível de $1\ 300 \text{ cm}^3$, colocou-se uma esfera de 88 g . Com a introdução dessa esfera, o nível da água subiu a $1\ 308 \text{ cm}^3$. A massa específica do chumbo em g/cm^3 é:

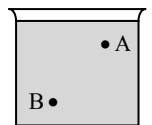
- a) 0,1
- b) 8,0
- c) 11,0
- d) 14,8
- e) 704,0

P11. (UFPI) A diferença de pressão entre dois pontos situados a 2 m e 5 m de profundidade num líquido de densidade 800 kg/m^3 , sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, é em Pa, de:

- a) zero
- b) 8 000
- c) 16 000
- d) 24 000
- e) 40 000

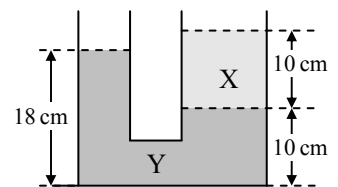
P12. Determine a pressão suportada por um corpo situado a 12 m abaixo da superfície da água do mar, num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$. Dados: $\mu_{\text{água do mar}} = 1,03 \text{ g/cm}^3$ e $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ N/m}^2$.

P13. A figura mostra um recipiente contendo álcool e dois pontos, A e B, cuja diferença de cotas é igual a 15 cm. Sabendo que a pressão no ponto B é igual $1,04 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\mu_{\text{álcool}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$. Calcule a pressão no ponto A.

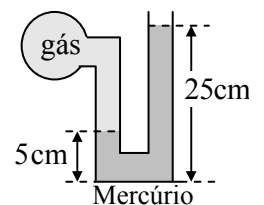


P14. Um submarino encalhou a 40 m de profundidade. A tampa da escotilha tem área de 2 m^2 . Que força é preciso exercer para abri-la? Dados: densidade da água do mar igual a $1,03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ N/m}^2$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

P15. No esquema, X e Y são dois líquidos não miscíveis e homogêneos contidos em um sistema de vasos comunicantes em equilíbrio hidrostático. Sabendo que a densidade absoluta do líquido X é de $0,9 \text{ g/cm}^3$, determine a densidade absoluta do líquido Y.

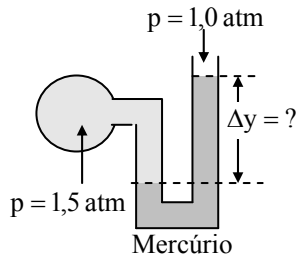


P16. (PUC-PR) O recipiente do manômetro esquematizado contém um gás. O tubo contém mercúrio (massa específica = $13,6 \text{ g/cm}^3$). A pressão atmosférica no local vale 10^5 Pa . Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, pode-se afirmar que a pressão absoluta do gás vale:



- a) $1,03 \cdot 10^5$ Pa
- b) $28,2 \cdot 10^5$ Pa
- c) $1,534 \cdot 10^5$ Pa
- d) $1,272 \cdot 10^5$ Pa
- e) $1,111 \cdot 10^5$ Pa

P 17. (U.F. PE.) O recipiente da figura ao lado contém gás a uma pressão de 1,5 atm e está ligado ao tubo recurvado contendo mercúrio. Se a extremidade aberta do tubo está submetida a uma pressão de 1,0 atm, qual a diferença Δy , em centímetros de mercúrio? Considere $1 \text{ atm} = 76 \text{ cm de Hg}$.



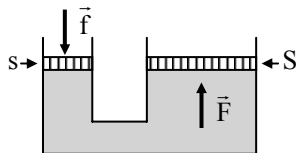
Princípio de Pascal. Prensa hidráulica

“A variação de pressão provocada em um ponto de um líquido se transmite integralmente a todos os pontos do líquido e das paredes do recipiente que o contém”.

A prensa hidráulica consta de dois recipientes cilíndricos, que se intercomunicam, providos de êmbolos cujas secções têm áreas s e S diferentes. Os recipientes são preenchidos com um líquido, geralmente óleo.

Se for aplicada ao êmbolo menor uma força f , haverá sobre o líquido um acréscimo de pressão

$$\Delta p = \frac{f}{s}$$



Esse acréscimo de pressão, segundo o princípio de Pascal, transmite-se a todos os pontos do líquido e das paredes, inclusive do embolo maior, de tal maneira que:

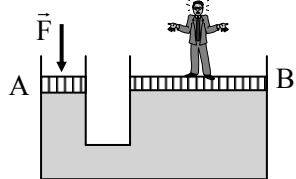
$$\Delta p = \frac{F}{S}$$

Igualando as duas expressões, temos:

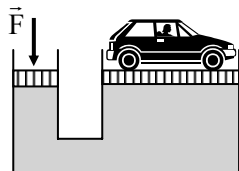
$$\frac{f}{s} = \frac{F}{S}$$

TESTES DE SALA:

T19. Os êmbolos da prensa hidráulica da figura têm áreas $S_A = 4 \text{ cm}^2$ e $S_B = 120 \text{ cm}^2$. Sobre o êmbolo menor aplica-se a força de intensidade $F = 40 \text{ N}$ que mantém em equilíbrio o homem sobre o êmbolo B. Calcule o peso do homem.



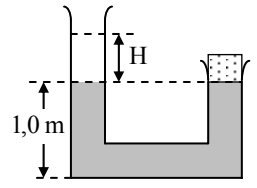
T20. O elevador de automóveis esquematizado ao lado consta de dois pistões cilíndricos, de diâmetros 0,1 m e 1,0 m, que fecham dois reservatórios interligados por um tubo. Todo o sistema é cheio de óleo. Sendo desprezíveis os pesos dos pistões e do óleo, em comparação ao do automóvel, que é de $1,0 \cdot 10^4 \text{ N}$, qual a intensidade mínima da força \vec{F} que deve ser aplicada ao pistão menor para que o automóvel seja elevado?



EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P18. Em um elevador hidráulico, um automóvel de 1200 Kg de massa está apoiado num pistão cuja área é de 800 cm^2 . Que força deve ser aplicada no pistão de 20 cm^2 de área para erguer o automóvel? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

P19. (Fuvest-SP) A figura a seguir ilustra um tubo cilindro em U, de 4,0 cm de diâmetro, fechado em uma de suas extremidades por uma rolha que, para ser removida, requer a aplicação de uma força mínima de 6,28 N. Dados: densidade da água = $1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ e pressão atmosférica = 10^5 N/m^2 .



- a) Qual é a pressão total exercida no fundo do tubo?
- b) Qual a altura H da água que deve ser adicionada para remover a rolha?

Princípio de Arquimedes (empuxo)

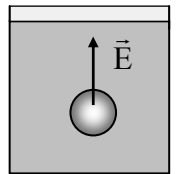
Quando mergulhamos um corpo em um líquido, seu peso aparentemente diminui, chegando às vezes a ser totalmente anulado (quando o corpo flutua). Esse fato se deve à existência de uma **força vertical de baixo para cima**, exercida pelo líquido sobre o corpo, à qual damos o nome de **empuxo**.

Teorema de Arquimedes

“Um fluido em equilíbrio age sobre um corpo nele imerso (parcial ou totalmente) com uma força vertical e para cima, denominada empuxo, aplicada no centro de gravidade do volume do fluido deslocado, cuja intensidade é igual à do peso do volume do líquido deslocado”.

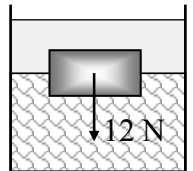
$$E = P_L$$

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$



TESTES DE SALA:

T21. Qual a intensidade do empuxo que age sobre um corpo de peso 12 N que flutua parcialmente imerso num líquido



T22. Um corpo de 200 cm^3 de volume está totalmente submerso em água. Calcule a intensidade do empuxo que atua no corpo. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $d_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$

T23. Um pedaço de madeira, cuja densidade é $0,80 \text{ g/cm}^3$, flutua num líquido de densidade $1,2 \text{ g/cm}^3$. O volume da madeira é 36 cm^3 . Determine o volume do líquido deslocado.

T24. Um corpo sólido flutua em água pura com $1/5$ de seu volume imerso. O mesmo sólido flutua em óleo com $1/4$ de seu volume imerso. A densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$. Determine a densidade do óleo.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P20. Um corpo de volume 12 cm^3 é totalmente imerso num líquido de densidade 800 kg/m^3 . Calcule o empuxo sobre o corpo, adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

P21. Um bloco no ar pesa 80 N e na água 60 N , num local da Terra onde $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando o empuxo do ar.

- a) Qual a massa do corpo?
- b) Qual é o valor do empuxo?
- c) Qual é o volume do corpo?
- d) Qual é a densidade do corpo?

P22. (PUC-MG) Um bloco de madeira flutua em água ($d = 1,0 \text{ g/cm}^3$), conservando $2/3$ do seu volume imerso. Isso significa que a densidade do bloco vale, em g/cm^3 , aproximadamente:

- a) 0,30 b) 0,33 c) 0,46 d) 0,50 e) 0,67

P23. (F. C. CHAGAS) Uma esfera de peso igual a 10 N , flutua na água com 25% de seu volume acima da superfície livre do líquido. O valor do empuxo exercido pelo líquido, em newtons, é igual a:

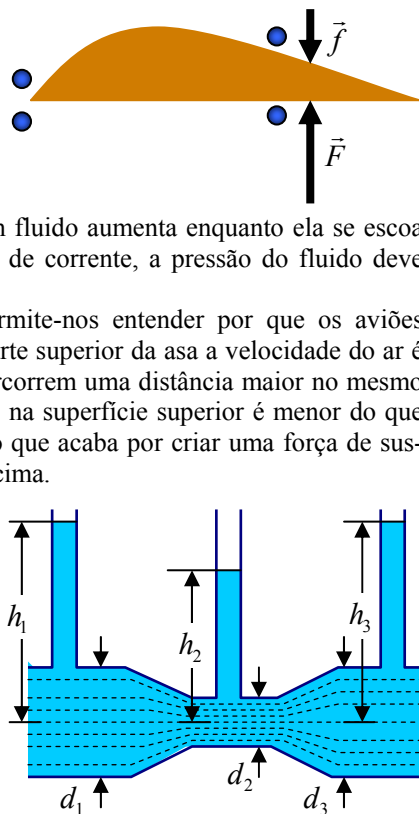
- a) 0 b) 2,5 c) 7,5 d) 10 e) 12,5

Princípio de Bernoulli

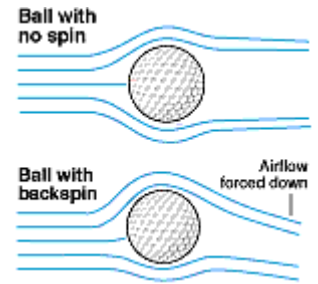
O físico suíço *Daniel Bernoulli* propôs um princípio para o escoamento dos fluidos, que pode ser enunciado da seguinte maneira: "Se a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela se escoa ao longo de uma linha de corrente, a pressão do fluido deve diminuir e vice-versa".

Esse conhecimento permite-nos entender por que os aviões conseguem voar. Na parte superior da asa a velocidade do ar é maior (as partículas percorrem uma distância maior no mesmo tempo), logo, a pressão na superfície superior é menor do que na superfície inferior, o que acaba por criar uma força de sustentação de baixo para cima.

O princípio de Bernoulli também pode ser aplicado no escoamento de líquido por um tubo de diâmetros diferentes: sendo o diâmetro da parte central do tubo menor que nas duas extremidades, o escoamento é mais rápido na região mais estreita e a pressão menor. É este o princípio do *medidor de venturi*; um dispositivo que permite calcular a velocidade de um fluido em um tubo horizontal, por meio da diferença de pressão nos tubos verticais.



Um outro cientista no século XIX, chamado Magnus, usou o princípio de Bernoulli para explicar o efeito de uma bola. A rotação da bola em torno dela mesma também é chamado de spin. O spin da bola cria diferentes velocidades relativas do ar, o que dão origem a diferentes zonas de pressão (como explicado no princípio de Bernoulli), o que por sua vez desviam a trajetória da bola.



Esta apostila foi elaborada e editada pelo professor

Adriano Lucciola do Valle
adrianodovalle@yahoo.com.br

RESPOSTAS:

- P07.** 4 N/cm^2 **P08.** a) 2 N/cm^2 b) 8 N/cm^2 c) 4 N/cm^2 **P09.** d) **P10.** c **P11.** d **P12.** $2,236 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$
- P13.** $1,028 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ **P14.** $10,24 \cdot 10^5 \text{ N}$ **P15.** $1,12 \text{ g/cm}^3$
- P16.** d **P17.** 38 cm **P18.** 300 N
- P19.** a) $1,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; b) $0,5 \text{ m}$ **P20.** $9,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$
- P21.** a) $8,0 \text{ kg}$; b) 20 N ; c) $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; d) $4,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- P22.** e **P23.** d