

SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA/SECRETARIA DE EDUCAÇÃO



POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS
COMANDO DE ENSINO POLICIAL MILITAR



CEPMG - POLIVALENTE MODELO VASCO DOS REIS

SÉRIE/ANO: 3°	TURMA(S): A, B, C, D, E, F e G	Disciplina: FÍSICA MODERNA	DATA: ___ / ___ / 2018
PROFESSOR (A): DIÂNGELO C. GONÇALVES		1° BIMESTRE	
ALUNO (A): _____ Nº _____			

HIDROSTÁTICA

Hidromecânica é o ramo da mecânica que trata do equilíbrio e movimento dos fluidos e dos sólidos neles imersos, compreendendo a hidrostática e a hidrodinâmica. A hidrostática estuda a pressão e o equilíbrio dos líquidos e dos gases que se submetem à ação da gravidade e a hidrodinâmica estuda os movimentos de fluidos incompressíveis e a sua interação com a superfície de corpos sólidos.

O termo *hidrostática*, que usamos como título deste capítulo, significa literalmente “estática da água” ou, por extensão, “estática dos líquidos”. No entanto, apesar de utilizarmos esse termo, já consagrado pelo uso, estudaremos a “estática dos fluidos”, isto é, a “Fluidostática”. *Fluidos* é o termo genérico para indicar substâncias que fluem, escoam, adquirindo a forma do recipiente que as contém, já que não apresentam forma própria. Estão nessa categoria de substâncias os líquidos e os gases. Portanto, nesse sentido, podemos afirmar que a Hidrostática é aparte da Mecânica que estuda o equilíbrio dos fluidos.

Dizemos que um fluido está em equilíbrio quando não há movimentação de suas diferentes partes, umas em relação às outras, isto é, quando não há correntes de fluidos no seu interior.

No estudo da hidrostática, poderíamos citar inúmeros exemplos, tais como: o funcionamento de seringas de injeção, dos canudinhos para tomar refrigerante, dos elevadores de carros em postos de gasolina, das bombas para elevar água, teste em sangue e urina, etc.

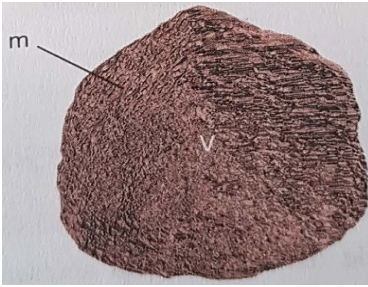
Os primeiros estudos a respeito do comportamento dos líquidos forma feitos pelo grego Arquimedes que viveu em Siracusa no século III a.C. Foi ele quem descobriu um dos princípios mais importantes da hidrostática: o do **empuxo**.

Com o italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), o holandês Simon Stevin (1548-1629) e o francês Blaise Pascal (1623-1662), houve o desenvolvimento da hidrostática.

A seguir, para estudarmos a hidrostática, desenvolveremos alguns conceitos preliminares que serão fundamentais.

DENSIDADE

Qualquer corpo, independentemente do fato de ser ou não homogêneo, possui certa massa m e ocupa um lugar no espaço, isto é, ocupa um volume V (Fig. 1). Define densidade do corpo a grandeza escalar dada pela relação entre sua massa m e seu volume V :



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

A densidade (d) é definida pela razão entre a massa (m) e o correspondente volume (V) de um corpo qualquer. Esse corpo pode ser oco ou constituído por uma mistura de substâncias.

A densidade tem por unidade, no Sistema Internacional de Unidades (SI), o quilograma por metro cúbico (kg/m^3). São usadas também outras unidades, como o grama por centímetro cúbico (g/cm^3) e o quilograma por litro (kg/l). Estas unidades mantêm a seguinte relação entre elas:

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/l} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Quando o corpo é maciço e *homogêneo*, a relação entre a massa m e o volume V define a *massa específica* (μ) da substância de que é feito o corpo:

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

A massa específica (μ) é definida pela razão entre a massa (m) e o correspondente volume (V) de uma substância maciça.

Apesar de utilizarmos a mesma equação para determinar densidade e massa específica, os conceitos são diferentes.

Desse modo, usando uma única substância (com sua massa específica característica), podemos fazer vários corpos de densidades diferentes, deixando espaços “vazios” (ocupados por ar) no seu interior.

Por exemplo, consideremos o cobre, cuja massa específica é $\mu = 8,9 \text{ g/cm}^3$ (cada 1 cm^3 de cobre tem $8,9 \text{ g}$ de massa). Qualquer corpo maciço de cobre – um cubo, uma esfera, um fio – terá densidade $d = 8,9 \text{ g/cm}^3$, isto é, coincidente com a massa específica do cobre. No entanto, se o corpo for oco, ele poderá ter maior volume para a mesma massa de cobre, pois uma parte desse volume será ocupada por ar. Em consequência, a densidade será menor que a massa específica do cobre.

A água a $4,0 \text{ }^\circ\text{C}$ tem uma massa específica ou densidade (supondo-a homogênea) que é frequentemente adotada como padrão de referência. Seu valor, nas várias unidades, é:

$$d_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3 = 1,0 \text{ kg/l} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Chamamos de *densidade relativa* de um corpo ou de uma substância à relação entre sua densidade e a densidade de outra substância tomada como referência. Geralmente, a

densidade relativa de sólidos e líquidos é definida em relação à água. Assim, por exemplo, o mercúrio, que tem densidade $d_{Hg} = 13,6 \text{ g/cm}^3$, terá densidade relativa em relação à água:

$$d_R = \frac{d_{Hg}}{d_{\text{água}}} = \frac{13,6 \text{ g/cm}^3}{1,0 \text{ g/cm}^3} = d_R = 13,6$$

Portanto:

$$d_{1,2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

A densidade relativa ($d_{1,2}$) de um material é dada pela razão entre a massa específica dele (μ_1) e massa específica de outro material (μ_2).

Observe que a densidade relativa é uma grandeza adimensional, não apresentando, portanto, unidade de medida.

Logicamente, é possível tomar outros padrões de referência que não à água. A densidade relativa dos gases é comumente referida em relação ao oxigênio.

A seguir, apresentamos uma tabela contendo as massas específicas de algumas substâncias.

Substâncias	g/cm^3	Substâncias	g/cm^3
Hidrogênio	0,00009	Alumínio	2,7
Ar	0,0013	Ferro	7,6
Cortiça	0,24	Cobre	8,9
Gasolina	0,70	Prata	10,5
Gelo	0,92	Chumbo	11,3
Água	1,0	Mercúrio	13,6
Água do mar	1,09	Ouro	19,3
Glicerina	1,25	Platina	21,4

Outra grandeza física muito utilizada na hidrostática é o **peso específico**, que é utilizado para análise de pressão, desenvolvimento de sistemas de flutuação com ou sem total submersão, comparação de desníveis de colunas líquidas imiscíveis, etc. a sua definição é a seguinte:

$$\rho = \frac{P}{V}$$

Peso específico (ρ) de um corpo qualquer é a razão entre o seu peso (P) e o volume correspondente (V).

A unidade de medida adotada para o peso específico no Sistema Internacional de Unidades (SI), é o newton por metro cúbico (N/m^3), pois a unidade de força no SI é o newton (N) e a unidade de volume é o metro cúbico (m^3).

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

01 – Um objeto feito de ouro maciço tem 500 g de massa e 25 cm^3 de volume. Determine a densidade do objeto e a massa específica do ouro em g/cm^3 e kg/m^3 .

02 – Um bloco cúbico de concreto de aresta 2,0 m tem massa 56 t. Determine, em g/cm^3 , densidade do bloco.

03 – Um bloco de madeira, cujo volume é de 500 cm^3 , tem massa igual a 0,3 kg. Qual a densidade dessa madeira em g/cm^3 ?

04 – Um pedaço de zinco tem massa de 19,2 g e volume de $2,7 \text{ cm}^3$. Qual é a densidade do metal?

05 – Uma joia feita de ouro ($\mu = 19,3 \text{ g/cm}^3$) tem 70 g de massa. Determine o volume dessa joia. Se uma joia idêntica fosse feita de prata ($\mu = 10,5 \text{ g/cm}^3$), qual seria a sua massa?

06 – Um objeto maciço tem massa igual a 100 g e volume igual a 200 cm^3 . Qual o valor da massa, em quilograma, de outro objeto maciço feito com o mesmo material, que tem volume igual a 100 cm^3 ?

07 – Uma joia de prata pura, homogênea e maciça de 200 g e ocupa um volume de 20 cm^3 . Determine a densidade da joia e a massa específica da prata.

08 – Qual é, em gramas, a massa de um volume de 50 cm^3 de um líquido cuja densidade é igual a $2,0 \text{ g/cm}^3$?

09 – Um cilindro tem $5,0 \text{ cm}^2$ como área da base e 20 cm de altura, sendo sua massa igual a 540 g. Esse cilindro tem a parte central oca na forma de paralelepípedo de volume 64 cm^3 . Determine:

a) A densidade do cilindro;

b) a massa específica da substância de que é feito.

10 – Um cubo de aresta 8,0 cm é homogênea, exceto na sua parte central, onde existe uma região oca, na forma de um cilindro de altura 4,0 cm e área da base $5,0 \text{ cm}^2$. Sendo 1.280 g a massa do cubo, determine:

a) A densidade do cubo;

b) a massa específica da substância de que o constitui.

11 – Um cubo tem 5,0 cm de aresta e massa igual a 60 gramas. No centro, esse cubo é oco, tendo a parte oca forma cúbica com aresta 2,0 cm. Determine a densidade do cubo e a densidade do material que o constitui.

12 – Uma esfera tem raio 2,0 cm. Sua parte central, também esférica, é oca e tem raio 1,0 cm. Suponha que a parte não oca é homogênea e tem massa 80 gramas, determine: Dados: volume de uma esfera $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

a) a densidade da esfera;

b) a densidade do material que constitui a esfera.

13 – Vazio, um frasco tem massa igual a 30 g. Cheio de água, sua massa altera-se para 110 g. Cheio de outro líquido, o mesmo frasco passa a ter massa igual a 150 g. Determine a densidade do outro, se a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$.

14 – Um objeto cúbico de lados iguais a 20 cm pesa 500 N em um local onde a aceleração da gravidade é aproximadamente igual a 10 m/s^2 . Determine para este objeto o seu peso específico e a sua massa específica.

15 – A densidade do óleo é $0,80 \text{ g/cm}^3$. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine quanto pesa o óleo contido em uma lata de 900 ml.

16 – Numa proveta graduada em cm^3 , contendo água até o nível de 1300 cm^3 , colocou-se uma esfera de chumbo de 88 g. Com a introdução desta esfera, o nível da água subiu a 1308 cm^3 . Qual a massa específica do chumbo?

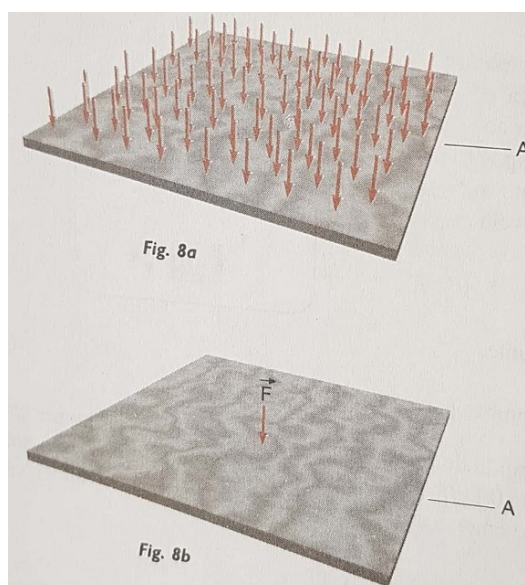
17 – Um cubo de gelo foi formado solidificando-se completamente 57,6 g de água. Qual é a medida da aresta do cubo? A densidade do gelo é $0,90 \text{ g/cm}^3$.

18 – Um cristal de quartzo de forma irregular tem massa de 42,5 g. Quando submerso em água num tubo de ensaio de raio 1,5 cm, o nível da água sobe de 2,26 cm. Qual a densidade do cristal?

PRESSÃO

Você pode imaginar a dificuldade que encontraria ao tentar pregar na parede um prego rombudo (sem ponta). Por que a ponta facilita a entrada do prego? A resposta é que a força exercida pelo martelo se distribui numa superfície de menor área. Para se levar em conta a área onde uma força se distribui, define-se uma grandeza denominada pressão.

Assim, se tivermos uma superfície de área A sobre a qual de distribuem forças perpendiculares (fig. 8a), cuja resultante é \vec{F} sobre (fig. 8b), define-se *pressão média* sobre essa superfície a grandeza escalar dada pela relação entre a intensidade da força \vec{F} e a área da superfície.



$$p_m = \frac{|\vec{F}|}{A} \quad e \quad p = \frac{F}{A}$$

A pressão é definida como sendo a razão entre a intensidade da força (F) que age perpendicularmente sobre uma superfície e a área (A) desta superfície.

A pressão exercida pela força que age sobre uma superfície é diretamente proporcional à sua intensidade e inversamente proporcional à área da superfície de contato.

A pressão em uma superfície é uniforme quando ela tem o mesmo valor em todos os pontos. Nesse caso, a pressão em qualquer ponto da superfície coincide com o valor da pressão média.

A unidade de pressão corresponde à relação entre uma unidade de intensidade de força e uma unidade de área:

$$\text{unidade de pressão} = \frac{\text{unidade de intensidade de força}}{\text{unidade de área}}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI) essa unidade é o newton por metro quadrado (N/m^2), denominada pascal (símbolo Pa).

Há ainda unidades práticas de pressão, estabelecidas a partir da pressão exercida por colunas líquidas, como o milímetro de mercúrio (mmHg) e a atmosfera (atm). As unidades como o kgf/cm^2 , usado nos manômetros de postos de combustível, e a unidade de origem inglesa lbf/pol^2 , libra-força por polegada quadrada.

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

01 – Uma força de intensidade 2,0 N é aplicada perpendicularmente a uma superfície por meio de um pino de $1,0 \text{ mm}^2$ de área. Determine a pressão, em N/m^2 , que o pino exerce sobre a superfície.

02 – Um tijolo tem dimensões 5,0 cm x 10 cm x 20 cm e massa 200 g. Determine as pressões, expressas em N/m^2 , que ele pode exercer quando apoiado sobre uma superfície horizontal. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

03 – A cápsula de um toca-discos tem 2,0 g de massa e a ponta da agulha apresenta área igual a 10^{-6} cm^2 . Determine a pressão que a agulha exerce sobre o disco, expressa em N/m^2 . Adote, para a aceleração da gravidade, o valor $g = 10 \text{ m/s}^2$.

04 – Um paralelepípedo de massa 5,0 kg tem 2,0 m de comprimento, 0,5 m de largura e 0,2 m de altura. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine as pressões que esse paralelepípedo pode exercer quando apoiado sobre uma superfície horizontal.

05 – Uma pessoa com peso de 600 N e que calça um par de sapatos que cobrem uma área $0,05 \text{ m}^2$. Qual a pressão exercida por essa pessoa.

06 – Uma criança de peso 200 N se equilibra num só pé, cuja área de contato com o solo é de 150 m^2 . A pressão exercida no solo, é de?

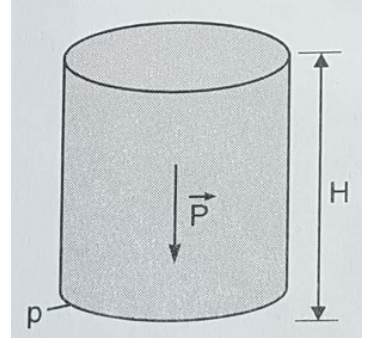
07 – Em uma vitrola, a agulha aplica sobre o disco uma força de intensidade 10^{-2} N . Tendo a ponta da agulha área igual a 10^{-10} m^2 , determine a pressão exercida pela agulha no disco.

08 – Um trator de esteira tem 8,0 toneladas de massa e a área da esteira em seu contato com o solo é $2,0 \text{ m}^2$. Determine a pressão média exercida no solo, usando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

09 – Um paralelepípedo de massa 20 kg tem dimensões 2,0 m, 4,0 m e 6,0 m. Determine a pressão exercida por esse paralelepípedo quando apoiado sobre uma superfície horizontal em cada uma de suas faces. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Consideremos um recipiente cilíndrico de eixo vertical, cuja altura é H e cuja área da base é A , completamente cheio por um fluido de densidade d , num local onde a aceleração da gravidade é \vec{g} (Fig. 3). Em virtude do seu peso \vec{P} , esse fluido exerce no fundo do recipiente uma pressão p dada por:



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

Mas o peso P é dado por:

$$P = m \cdot g = \underbrace{d \cdot V}_{\text{massa}} \cdot g = d \cdot \underbrace{A \cdot H}_{\text{volume}} \cdot g$$

Substituindo:

$$p = \frac{d \cdot A \cdot g \cdot H}{A} \rightarrow p = d \cdot g \cdot H$$

A essa pressão, exercida na base por uma coluna líquida, em virtude do seu peso, dá-se o nome de *pressão hidrostática*. Observe que o valor dessa pressão depende da natureza do líquido (d : densidade), do local onde se encontra (g : aceleração da gravidade) e de sua altura (H). Não depende da área de sua secção (A).

As unidades práticas de pressão – centímetro de mercúrio (cmHg) e milímetro de mercúrio (mmHg) – são definidas como a pressão exercida na sua base por colunas de mercúrio de altura, respectivamente, de 1 cm e de 1 mm, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e a 0°C , temperatura em que a densidade do mercúrio é $d = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Estabelecendo a relação com a unidade do SI, temos:

$$1,0 \text{ cmHg} = 1332,8 \text{ Pa}$$

$$1,0 \text{ mmHg} = 133,28 \text{ Pa}$$

$$1,0 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1,0 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

CARACTERÍSTICAS DOS FLUIDOS

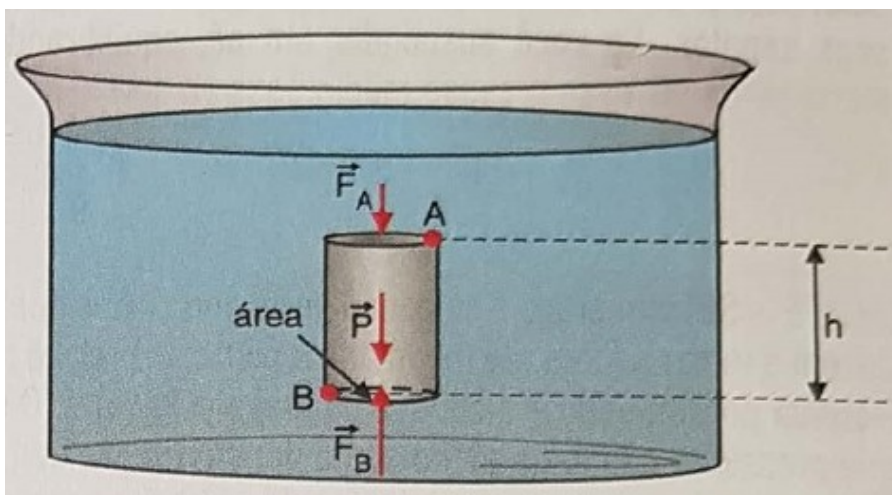
Na natureza, nós temos quatro tipos de forças: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. As partículas que compõem um líquido não formam uma estrutura rígida, mas têm uma forte tendência de permanecerem ligadas devido às forças nucleares. Por essa razão, os líquidos se acomodam à forma do recipiente que os contém e apresentam sempre uma superfície plana horizontal quando em equilíbrio. Já os gases apresentam partículas praticamente independentes, que se distribuem por todo o volume do recipiente que os contém.

Desta forma, enquanto nos gases a pressão resulta de um processo dinâmico, ou seja, do choque entre as partículas que o compõem o gás e as paredes do recipiente que o contém, nos líquidos a pressão é consequência de um processo estático (como todas as partículas têm peso, elas se comprimem, o que resulta no aparecimento de forças que agem tanto nas paredes laterais quanto no fundo do recipiente).

Outra característica importante no líquidos é que eles podem ser considerados incompressíveis, ou seja, um aumento de pressão não acarreta uma grande alteração de volume.

Outra característica importante dos fluidos é a viscosidade. Ela interfere nos estudos de hidrodinâmica. Por esse motivo não a levaremos em consideração nesse nosso estudo de hidrostática.

TEOREMA DE STEVIN



Considere que em uma caixa d'água, como a da figura acima, temos água que apresenta densidade constante em todos os seus pontos (por apresentar uma propriedade constante em todos os seus pontos, podemos considerar que esta água é um líquido homogêneo), e que está em equilíbrio, sujeito unicamente à ação da força da gravidade. Considere, também dois pontos, A e B, situados no interior da água, separados por um desnível h . Imagine agora um cilindro

dentro da água de modo que cada uma de suas bases contenha os pontos A e B, respectivamente. Atuando em nossa caixa d'água, temos forças horizontais e forças verticais.

As horizontais são aplicadas pelo líquido na superfície lateral do cilindro. Elas são todas normais à superfície lateral do cilindro porque desprezamos a viscosidade e estão todas em equilíbrio, uma vez que o cilindro imaginário está em equilíbrio na direção horizontal. As forças verticais que atuam no cilindro imaginário são três: o próprio peso do cilindro de água (\vec{P}), a soma das forças normais que a água aplica na base superior do cilindro (\vec{F}_A) e a soma de forças normais que a água aplica na base inferior do cilindro (\vec{F}_B). Como o cilindro imaginário também está em equilíbrio na direção vertical, temos:

$$F_B = F_A + P$$

Como $P = m \cdot g$, substituindo esta equação, temos:

$$F_B = F_A + m \cdot g$$

Como $m = V \cdot \mu = A \cdot h \cdot \mu$, substituindo esta equação, temos:

$$F_B = F_A + A \cdot h \cdot \mu \cdot g$$

Como $F = p \cdot A$, substituindo na equação acima, temos:

$$p_B \cdot A = p_A \cdot A + A \cdot h \cdot \mu \cdot g$$

Dividindo todos os termos da equação pela área A, obteremos a expressão do Teorema de Stevin, que pode ser assim enunciado:

$$p_B = p_A + \mu \cdot g \cdot h \quad \text{ou} \quad \Delta p = \mu \cdot g \cdot h$$

A pressão hidrostática ou diferença de pressão entre dois pontos situados no interior de um líquido homogêneo e em equilíbrio, sob a ação da gravidade, é diretamente proporcional à massa específica do líquido, ao módulo da aceleração da gravidade e à diferença de nível entre os pontos.

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

01 – Embora a tendência geral em Ciência e Tecnologia seja a de adotar exclusivamente o Sistema Internacional de Unidades (SI), em algumas áreas existem pessoas que, por questões de costume, ainda utilizam outras unidades. Na área da Tecnologia do Vácuo, por exemplo, alguns pesquisadores ainda costumam fornecer a pressão em milímetros de mercúrio. Se alguém lhe disser que a pressão no interior de um sistema é de $1,0 \times 10^{-4}$ mmHg, essa grandeza dever ser expressa em unidades SI como?

02 – Determine a pressão que exerce na sua base uma coluna de água com 10 metros de altura. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Dado: $d_{\text{água}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

03 – Num local onde a pressão atmosférica é $1,02 \times 10^5 \text{ Pa}$ e a aceleração da gravidade é 10 m/s^2 , um mergulhador desce no mar até uma profundidade de 15 metros. Sendo a densidade da água do mar $1,02 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, determine a pressão suportada pelo mergulhador.

04 – Considere a represa da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Calcule a pressão hidrostática no fundo da represa em unidade do SI. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\mu_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$ e $h_{\text{Itaipu}} = 196 \text{ m}$.

05 – Suponha que uma caixa d'água de 10 metros esteja cheia de água cuja densidade é igual a 1 g/cm^3 . A pressão atmosférica na região vale 10^5 Pa e g é igual a 10 m/s^2 . Calcule a pressão, em Pa, no fundo da caixa d'água.

06 – A diferença de pressão máxima que o pulmão de um ser humano pode gerar por inspiração é em torno de $0,1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ou $0,1 \text{ atm}$. Assim, mesmo com a ajuda de um snorkel (respiradouro), um mergulhador não pode ultrapassar uma profundidade máxima, já que a pressão sobre os pulmões aumenta à medida que ele mergulha mais fundo, impedindo-os de inflarem. Considerando a densidade da água $\mu \cong 10^3 \text{ kg/m}^3$ e a aceleração da gravidade $g \cong 10 \text{ m/s}^2$, a profundidade máxima estimada, representada por h , que uma pessoa pode mergulhar respirando com a ajuda de um snorkel é igual a?

07 – É do conhecimento dos técnicos de enfermagem que, para o soro penetrar na veia de um paciente, o nível do soro deve ficar acima do nível da via, devido à pressão sanguínea sempre superior à pressão atmosférica. Considerando a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, a densidade do soro $d = 1,0 \text{ g/cm}^3$, a pressão exercida, exclusivamente, pela coluna de soro na veia do paciente $P = 9,0 \times 10^3 \text{ Pa}$, a altura em que se encontra o nível do soro do braço do paciente, para que o sangue não saia em vez do soro entrar, em metros, é de?

OBSERVAÇÕES:

Data da entrega da lista de exercícios: 16 / 03 / 2018 (Somente na 1ª aula para o Chefe de Turma que deve encaminhar a Coordenadora Jane)

- Folha de papal almaço;
- Somente respostas;