

MC PROFESSOR DANILO

FOLHA 04

Apostila 1.

ÍNDICE

- Hidrostática p. 2
- Hidrostática: Princípio de Arquimedes

FATORES DE CONVERSÃO

Vamos ver um pouco mais sobre mudança de unidades de medidas. Começaremos com os fatores de conversão, que ficam à esquerda da unidade de medida.

Tabela 1: fatores de conversão

Fator	Nome	Símbolo
10 ⁻²⁴	yocto	y
10 ⁻²¹	zepto	z
10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ⁻¹⁵	fento	f
10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻¹	deci	d
10 ¹	deca	da
10 ²	hecto	h
10 ³	kilo	k
10 ⁶	mega	M
10 ⁹	giga	G
10 ¹²	tera	T
10 ¹⁵	peta	P
10 ¹⁸	exa	E
10 ²¹	zeta	Z
10 ²⁴	yota	Y

Na Tabela 1 vemos os fatores de conversão. Como sugestão, procure decorar os valores da tabela acima na faixa do *pico* até o *tera*.

AS UNIDADES BASE DO SISTEMA INTERNACIONAL

Em geral, temos 7 unidades de medidas no Sistema Internacional de Unidades que formam a base de nosso sistema. Isso quer dizer que qualquer outra unidade de medida pode ser escrita em termos destas.

Por exemplo, vimos que o newton é uma unidade de medida de força, mas podemos escrevê-la em termos de kg m / s². Vejamos na Tabela 2,

Tabela 2: Unidades de medidas derivadas em termos das unidades base

GRANDEZA A SER MEDIDA	UNIDADE DE MEDIDA DERIVADA	DE UNIDADES BASE
Força	newton ou N	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Pressão	pascal ou Pa	$\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$
Energia	joule ou J	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$

TEOREMA DE ARQUIMEDES – SEGUNDO ANO – 23/03/2024

Na Tabela 3 você encontra estas unidades de medidas. Note que algumas você certamente já trabalhou, outras, como em elétrica, você verá este ano. Uma delas, em particular, não veremos no ensino médio (a candela – unidade de intensidade luminosa). Perceba que a temperatura é em kelvin, que a abreviação e o nome da grandeza que descreve quantidade de matéria possuem um símbolo só (mol) e que, na eletricidade, não é a carga elétrica a unidade base, e sim a corrente elétrica (objeto de estudo da frente 1).

Tabela 3: Tabela de unidades de base para medidas no Sistema Internacional

Grandeza base	Unidade de Base	
Nome	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

LETRAS GREGAS

Conforme o professor havia comentado, é importante sabermos algumas letras gregas, afinal os físicos adoram usá-las para nomear grandezas.

Como exemplo, é usual utilizarmos μ (“mi”) para representar o coeficiente de atrito ou a massa específica de um corpo; ρ (“rô”) para representar a densidade, além da letra *d*, como faremos nesta disciplina; τ (“tau”) para trabalho; α, β, γ e θ para ângulos; usamos γ (“gama”) também para representar um fóton; λ (“lambda”) para comprimento de onda; Σ (“sigma” maiúscula) para representar somatória e muitos outros (delta maiúsculo para desvio da luz, teta para temperatura, pi é um número (3,14159265358979323846), ômega para velocidade angular e muito provavelmente mais algum que o professor esqueceu).

Tabela 4: Letras gregas.

Nome	Minúsculo	Maiúsculo
Alfa	α	A
Beta	β	B
Gama	γ	Γ
Delta	δ	Δ
Épsilon	ε	E
Zeta	ζ	Z
Eta	η	H
Teta	θ	Θ
Iota	ι	I
Capa	κ	K
Lambda	λ	Λ
Mi	μ	M
Ni	ν	N
Csi	ξ	Ξ
Ômicron	ο	O
Pi	π	Π
Rô	ρ	P
Sigma	σ	Σ
Tau	τ	T
Úpsilon	υ	Υ
Fi	φ ou ϕ	Φ
Qui	χ	X
Psi	ψ	Ψ
Ômega	ω	Ω

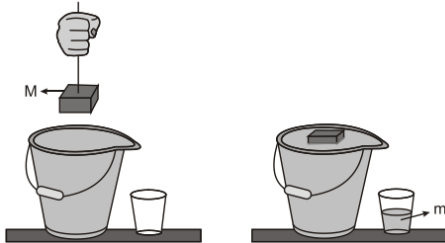
MC PROFESSOR DANILO

TEOREMA DE ARQUIMEDES

O teorema de Arquimedes nos diz que:

Todo corpo sólido, quando mergulhado total ou parcialmente em um fluido (podendo ser líquido ou gás), recebe uma força vertical e para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.

Seja um recipiente completamente cheio de um líquido de densidade d_l , coloca-se um bloco conforme a figura abaixo:



Bloco flutua na água: peso do líquido deslocado igual ao peso do corpo flutuante

Uma massa m de líquido será extravasada (este é o que chamamos de líquido deslocado). Sobre o bloco de massa M surgirá uma força vertical para cima que chamamos de empuxo e esta força é igual, em módulo, ao peso do bloco que flutua (para que fique em equilíbrio):

$$E = M \cdot g$$

É observado que a massa do líquido extravasado é igual à massa do bloco flutuante, quando o equilíbrio é atingido. Podemos supor que não há empuxo se não houver gravidade, logo a relação entre as massas deve depender da gravidade, logo podemos dizer que *O peso do líquido extravasado é igual ao peso do líquido deslocado*

Isto é:

$$m \cdot g = M \cdot g$$

Assim podemos concluir que o empuxo é igual ao peso do líquido deslocado:

$$E = m \cdot g$$

Sendo o volume submerso do bloco igual à V_{sub} e a densidade do líquido igual à d podemos chegar numa nova equação para o empuxo:

$$d = \frac{m}{V_{sub}} \Rightarrow m = d \cdot V_{sub}$$

Substituindo a equação da densidade na equação anterior, temos:

$$E = d \cdot V_{sub} \cdot g$$

DEMONSTRAÇÃO DO TEOREMA DE ARQUIMEDES

Suponha que a profundidade da região submersa do bloco da figura 1 seja h , a área da base do bloco é A , a densidade do líquido é d e a gravidade local é g .

Pelo teorema de Stevin, a pressão no fundo do bloco é:

$$p_{base} = p_{atm} + dgh$$

Na parte superior a pressão é

$$p_{sup} = p_{atm}$$

Com isso a força total que o líquido exerce sobre o bloco, isto é, o empuxo, é dado por:

$$E = p_{inf} \cdot A - p_{sup} \cdot A \Rightarrow E = dgh \cdot A$$

Observe que $h \cdot A = V_{sub}$, ou seja:

$$E = d \cdot V_{sub} \cdot g$$

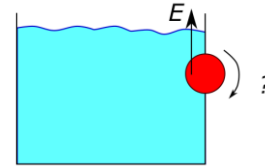
TEOREMA DE ARQUIMEDES – SEGUNDO ANO – 23/03/2024

EMPUXO NÃO ARQUIMEDIANO

Seria o empuxo sempre para cima?

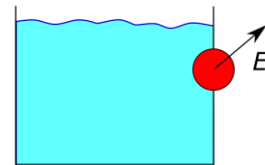
Seja um objeto preso na borda de um aquário. Imagine um cilindro fixo através de um eixo através do qual o cilindro pode girar fixo em um corte na borda de um aquário.

Se o empuxo for para cima, o corpo não deveria girar para todo o sempre, produzindo um *moto-contínuo*



Mas não é isso que acontece...

O empuxo está na direção do centro do cilindro.



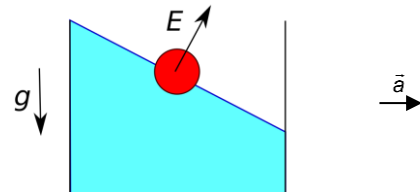
Portanto não há rotação.

Um empuxo que não age contra a direção da gravidade é dito Empuxo não Arquimediano.

Lembre-se: o empuxo é devido à diferença de pressão em um corpo devido à presença de um fluido! Ou seja, Stevin é quem manda aqui.

EMPUXO EM REFERENCIAL NÃO INERCIAL

- Se agora tivermos uma caixa d'água em um veículo com aceleração \vec{a} para a direita, para onde será o empuxo?

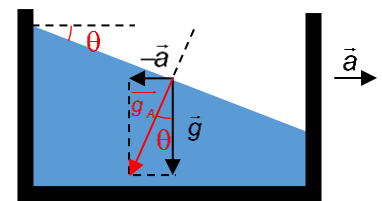


- Primeiramente pensamos que o empuxo está na direção oposta à gravidade
- Einstein propôs que uma aceleração tem efeito como um campo gravitacional
- No entanto uma aceleração para cima atua como uma gravidade para baixo
- Uma aceleração para cima atua como uma gravidade para baixo, como vocês talvez já viram em problemas do elevador

$$\text{tg } \theta = \frac{a}{g}$$

e

$$g_A = \sqrt{a^2 + g^2}$$



- Assim podemos dizer que se há uma aceleração para a direita ela se comporta como se houvesse uma gravidade para a esquerda
- Assim podemos dizer que atua no líquido uma gravidade aparente total g_{total}
- Temos da geometria do problema:

$$\text{tg } \theta = \frac{a}{g} \Rightarrow \theta = \text{arctg} \left(\frac{a}{g} \right)$$

MC PROFESSOR DANILO

EXERCÍCIOS

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS QUESTÕES:

Se necessário, use

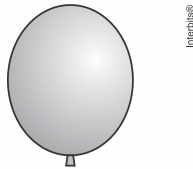
aceleração da gravidade na Terra: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Aceleração da gravidade próximo à superfície da Lua:

$g = 1,6 \text{ m/s}^2$

Densidade da água: $d = 1,0 \text{ kg/L}$

1. (Epcar (Afa) 2016) Um balão, cheio de um certo gás, que tem volume de $2,0 \text{ m}^3$, é mantido em repouso a uma determinada altura de uma superfície horizontal, conforme a figura abaixo.



Sabendo-se que a massa total do balão (incluindo o gás) é de $1,6 \text{ kg}$, considerando o ar como uma camada uniforme de densidade igual a $1,3 \text{ kg/m}^3$, pode-se afirmar que ao liberar o balão, ele

- a) ficará em repouso na posição onde está.
- b) subirá com uma aceleração de $6,25 \text{ m/s}^2$
- c) subirá com velocidade constante.
- d) descerá com aceleração de $6,25 \text{ m/s}^2$

2. (Pucrj 2015) Uma bola de isopor de volume 100 cm^3 se encontra totalmente submersa em uma caixa d'água, presa ao fundo por um fio ideal.

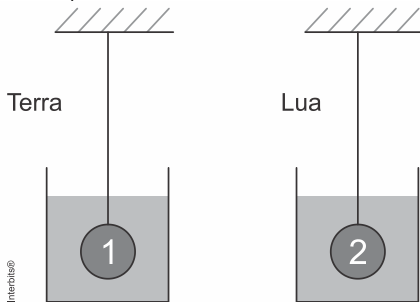
Qual é a força de tensão no fio, em newtons?

Considere: $g = 10 \text{ m/s}^2$

$\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{isopor}} = 20 \text{ kg/m}^3$

- a) 0,80 b) 800 c) 980 d) 1,02 e) 0,98

3. (Cefet MG 2015)

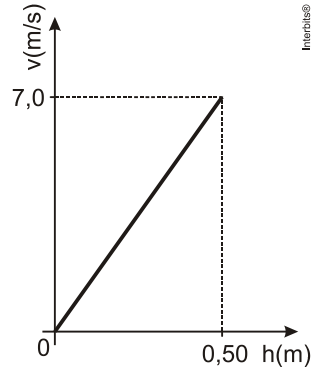


A figura mostra dois corpos 1 e 2 idênticos, em repouso, completamente imersos em recipientes com o mesmo líquido, próximos à superfície da Terra e da Lua, respectivamente. Se T_1 e T_2 são as tensões nos fios, P_1 e P_2 os pesos dos corpos e F_1 e F_2 as forças de empuxo que agem sobre esses corpos, então é correto afirmar que

- a) $T_1 > T_2$, $P_1 = P_2$, $F_1 < F_2$.
- b) $T_1 > T_2$, $P_1 > P_2$, $F_1 > F_2$.
- c) $T_1 < T_2$, $P_1 > P_2$, $F_1 < F_2$.
- d) $T_1 < T_2$, $P_1 = P_2$, $F_1 > F_2$.
- e) $T_1 < T_2$, $P_1 > P_2$, $F_1 > F_2$.

TEOREMA DE ARQUIMEDES – SEGUNDO ANO – 23/03/2024

4. (Acafe 2014) Buscando aumentar a resistência dos músculos de um paciente, um fisioterapeuta elaborou um exercício de hidroginástica com o auxílio de uma bola. O exercício consistia na atividade de baixar uma bola de raio r metros e massa $0,4 \text{ kg}$ até que sua base ficasse a uma profundidade de h metros da superfície da água. Após a realização o exercício algumas vezes, o fisioterapeuta observou que quando o paciente abandonava a bola daquela profundidade ela subia certa altura acima da superfície da água. Decidiu, então, com o auxílio do gráfico abaixo, que despreza a força de resistência da água e mostra o aumento da velocidade da bola enquanto está totalmente submersa, investigar o movimento da bola, e fez algumas suposições a respeito desse movimento.

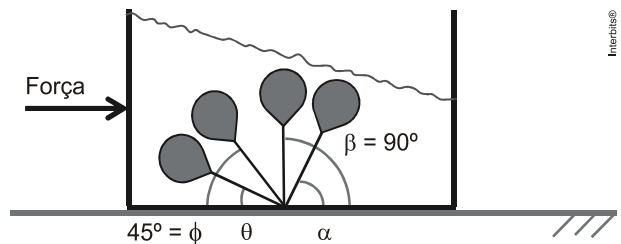


- Desprezando a resistência do ar, considerando que a bola sobe em linha reta e utilizando o gráfico, verifique quais das suposições levantadas pelo fisioterapeuta estão corretas. (considere a posição zero na profundidade máxima)
- I. O módulo do empuxo é maior que o módulo do peso enquanto a bola estiver toda submersa.
- II. À medida que a bola sobe de 0 até $0,50 \text{ m}$ o empuxo sobre ela diminui até que se iguale numericamente ao peso.
- III. De acordo com o gráfico, após o abandono da bola na profundidade indicada, até imediatamente antes de tocar a superfície da água, a bola sofre um empuxo superior a 15 N .
- IV. O empuxo sobre a bola na profundidade de $0,66 \text{ m}$ é o dobro do empuxo sobre a bola na profundidade de $0,25 \text{ m}$.
- V. Quando a bola começa a sair da água, o empuxo que a água exerce sobre ela diminui até que se anula, quando ela está totalmente fora da água, porém, nesse intervalo de tempo sua velocidade aumenta para depois começar a diminuir.

Todas as afirmações corretas estão em:

- a) IV - V b) III - IV
- c) I - III - V d) II - III - IV

5. (Uece 2014) Uma boia completamente submersa em um tanque contendo água está presa ao fundo por uma linha inextensível e de massa desprezível. Esse tanque está sobre uma mesa horizontal e se desloca sem atrito sob a ação da força peso e de uma força constante também horizontal, conforme a figura a seguir.



A aceleração horizontal do tanque tem módulo ligeiramente menor do que o módulo da aceleração da gravidade. Assinale a opção que melhor representa o ângulo de inclinação da linha que prende a boia.

- a) β b) α c) θ d) \emptyset

MC PROFESSOR DANILO

TEOREMA DE ARQUIMEDES – SEGUNDO ANO – 23/03/2024

6. (Pucrj 2012) Um barco flutua de modo que metade do volume de seu casco está acima da linha da água. Quando um furo é feito no casco, entram no barco 500 kg de água até o barco afundar.

Calcule a massa do barco.

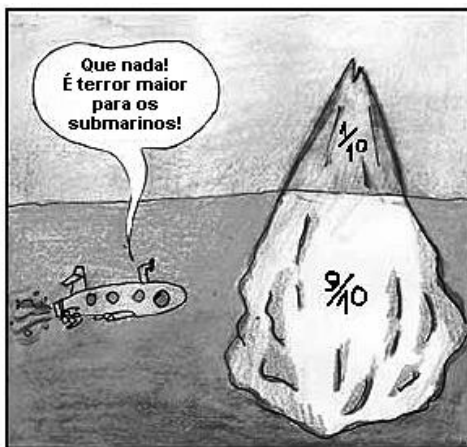
Dados: $d_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 1500 kg
- b) 250 kg
- c) 1000 kg
- d) 500 kg
- e) 750 kg

7. (Pucrj 2012) Uma esfera de massa $1,0 \times 10^3 \text{ kg}$ está em equilíbrio, completamente submersa a uma grande profundidade dentro do mar. Um mecanismo interno faz com que a esfera se expanda rapidamente e aumente seu volume em 5,0 %. Considerando que $g = 10 \text{ m/s}^2$ e que a densidade da água é $d_{\text{água}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, calcule:

- a) o empuxo de Arquimedes sobre a esfera, antes e depois da expansão dela;
- b) a aceleração da esfera logo após a expansão.

8. (Ueg 2009) Leia a tirinha a seguir e responda ao que se pede.



Disponível em: <<http://www.cbpf.br/~eduhaq/html/tirinhas/>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

- a) Determine a razão entre as densidades da água do mar e do iceberg na tirinha.
- b) Supondo que repentinamente todo o sal do mar fosse retirado, o que aconteceria com o volume imerso do iceberg? Justifique sua resposta.

RESPOSTA

- 1. B
- 2. E
- 3. B
- 4. C
- 5. B

6. D

7. a) $E_1 = 1 \times 10^4 \text{ N}$

$E_2 = 1,05 \times 10^4 \text{ N}$

b) $a = 0,5 \text{ m/s}^2$

8. a) $\frac{d_{\text{água}}}{d_{\text{ice}}} = \frac{10}{9}$.

b) Se todo sal da água fosse retirado, a densidade da água ($d'_{\text{água}}$) iria diminuir e o volume imerso passaria a ser V'_i . O peso do iceberg continuaria o mesmo. Então:

$E' = P \Rightarrow d'_{\text{água}} V'_i g = d_{\text{ice}} V g \Rightarrow$

$V'_i = \frac{d_{\text{ice}}}{d'_{\text{água}}} V$. Se a densidade da água diminui, o volume

imerso aumenta.