Semipresencial

Supletivo - EJA

Física

Autor

Douglas Maia Sarmento

1ª. Unidade Física Mecânica

FEDERAÇÃO DE ESCOLAS
SIMONSEN
FACULDADES E COLÉGIOS
CONDIÇÕES PARA ESTUDAR
www.simonsen.br Tel.:(0XX21) 2406-6444

Sumário

1º Unidade

"Palavras amáveis não custam nada e conseguem muito."
(Blaise Pascal)

Organização:

Apoio:

SEMIPRESENCIAIS

CTA
CENTRO DE TECNOLOGIA APLICADA

FEDERAÇÃO DE ESCOLAS SIMONSEN
FACULDADES E COLÉGIOS
CONDIÇÕES PARA ESTUDAR
www.simonsen.br Tel.:(0XX21) 2406-6444

Capítulo I — Medidas de Comprimento

O metro é um padrão de medida usado apenas para medidas não muito extensas. Para medidas muito menores foi preciso criar outras unidades derivadas do metro, como mostra a tabela abaixo:

UNIDADE	SÌMBOLO	EQUIVALÊNCIA
Metro	m	---
Quilometro	km	1 km = 10^3 m
Centímetro	cm	1 cm = 10^{-2} m
Milímetro	mm	1 mm = 10^{-3} m
Micrometro	µm	1 µm = 10^{-6} m
ÅngstrÖn	Å	1 Å = 10^{-10} m

Medidas de Massa

Na tabela a seguir, temos algumas unidades de massa:

UNIDADE	SÍMBOLO	EQUIVALÊNCIA
Tonelada	t	1 t = 10^3 kg
Quilograma	kg	---
Grama	g	1 g = 10^{-3} kg
Miligrama	mg	1 mg = 10^{-6}kg

FIQUE ATENTO!

Atualmente a medida padrão internacional da grandeza ***massa*** é um cilindro de um ***quilograma,*** que se encontra no Museu Internacional de Pesos e Medidas, na cidade de Sèveres, próximo de Paris.

Medidas de Intervalos de Tempo

Na tabela a seguir, temos algumas unidades de tempo:

UNIDADE	SÍMBOLO	EQUIVALÊNCIA
Segundo	s	---
Minuto	m	1min = 60s
Hora	h	1h = 3600s

Conceitos Básicos de Cinemática

A mecânica é a parte da física que estuda o movimento e a cinemática e uma divisão da mecânica que estuda os movimentos sem se referir as causas que os produzem.

Repouso, Movimento e Referencial

Analise a seguinte afirmação: quando estamos dentro de um veículo, a paisagem que no cerca e fundamental para estabelecermos os conceitos de movimento e repouso.

Neste caso, percebemos que o movimento e observado a partir de um referencial: a paisagem é o referencial do carro.

Trajetória

Podemos concluir que a trajetória:

- É a linha descrita ou percorrida pelo corpo em movimento;
- Depende do referencial.

Espaço

Espaço (s) é um numero real que permite a localização do móvel em sua trajetória.

FIQUE ATENTO!

No SI, o metro (m) e a unidade de medida de espaço. Nas rodovias, por exemplo, a unidade mais usada e o quilometro (Km).

Deslocamento Escalar

O deslocamento escalar (Δs) mede a variação de espaço realizada pelo móvel em um determinado intervalo de tempo (Δt).

Saiba Mais

Busque mais sobre deslocamento.

Velocidade Escalar Media

Se o motorista de uma automóvel percorre 140 Km em 2h, dizemos que em media, ele se deslocou 70 km em cada hora. Esse resultado expressa a velocidade escalar media (Vm) e pode ser escrito da seguinte forma:

$$Vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow Vm = \frac{70}{1}\frac{Km}{h} \rightarrow Vm = 70\ km/h$$

Como Δt é sempre positivo, o sinal da velocidade escalar media coincide com o sinal do deslocamento escalar:

$\Delta s > 0 \rightarrow Vm > 0$ (o móvel se desloca a favor da trajetória: movimento progressivo)

$\Delta s < 0 \rightarrow Vm < 0$ (o móvel se desloca contra a trajetória: movimento retrogrado)

No SI, a velocidade escalar medida em metros por segundo (m/s). na pratica, a mais usada é quilômetro por hora (k/m).

Como em muitos problemas e importante colocar as unidades de medida num mesmo sistema, passando-as de k/m para m/s ou vice-versa, convém lembrar que:

TRANSFORMAÇÃO DE UNIDADES

1 km = 1000 m
1 h = 60 min
60 min = 3600 s

$$\frac{Km}{h} \xrightarrow{\div 3,6} \frac{m}{s} \qquad \frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3,6} \frac{Km}{h}$$

Movimento Uniforme

Movimento uniforme é aquele que se dá com velocidade constante. Escrevemos:

$$V = V_0$$

No movimento uniforme, o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Esta é a forma de verificar, experimentalmente, se um objeto se move com velocidade constante.

Função Horária do Espaço

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

Quando: $t_0 = 0$

Teremos: $V_m = \dfrac{s - s_0}{t}$

como

$V_m = v = constante \neq 0$

$$v \cdot t = s - s_0$$

$$s = v \cdot t + s_0$$

Função Horária do Espaço

A expressão que obtivemos é a função horária dos espaços para o movimento uniforme.

FIQUE ATENTO!

Movimento Uniformemente Variado

Para um movimento seja denominado MUV (movimento uniformemente variado) ele tem que possuir uma aceleração escalar é constante e diferente de zero.

Aceleração Escalar Média

Considerando o motociclista em movimento numa rodovia, de tal forma que em um intervalo de tempo Δt, a sua velocidade tenha sofrido uma variação Δv.

Definimos como aceleração escalar média:

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad \alpha = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Função Horária dos Espaços

A função horária dos espaços para o movimento uniformemente variado é representado por uma equação do 2º grau, como indicamos a seguir:

$$s = s_o + v_o \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

s_o - Posição inicial
v_o - Velocidade inicial
a - Aceleração do corpo

Função Horária da Velocidade

Determinação da função horária da velocidade para o movimento uniformemente variado.

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$v - v_0 = a \cdot t$$

$$\mathbf{v = v_0 + a \cdot t}$$

Essas expressões fornecem a velocidade escalar **v** num instante **t** qualquer do movimento. Ela é, por isso, denominada função horária da velocidade escalar instantânea. A função obtida é de primeiro grau em t.

Exemplo

1. Duas cidades A e B, distam 200km entre si. Simultaneamente, um carro parte de A para B a 60km/h, e outro de B para A com rapidez de 40km/h, seguindo pela mesma estrada.

a) Depois de quanto tempo irão se encontrar?

b) A que distância de A lês se encontrarão?

Existem Duas Formas de Resolver o Problema Acima

1. Por rapidez relativa:

Carro A: Carro B:

(o sinal negativo indica um sentido de movimento oposto ao do carro A)

Como os movimentos possuem a mesma direção e sentidos opostos, a rapidez relativa será:

$$v_R = 60 + 40 = 100 \frac{km}{h}$$

Trata-se de um MRU, pois não há nada que indique variação na rapidez (módulo da velocidade), logo:

$$\Delta x = v_R . \Delta t$$

$$200km = 100\frac{km}{h}.\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{200km}{100\frac{km}{h}} = 2h$$

O carro A terá percorrido:

$$\Delta x_A = v_A . \Delta t$$

$$\Delta x_A = 60\frac{km}{h}.2h = 120km$$

2. Usando a equação horária da posição do MU:

$$X = X_0 + V . \Delta t$$

Para o carro A:

$X_A = 0 + 60 . \Delta t$

Para o carro B:

$XB = 200 – 40 . \Delta t$

No momento do encontro:

$$x_A = x_B$$

$$0 + 60.\Delta t = 200 - 40.\Delta t$$

$$100.\Delta t = 200$$

$$\Delta t = \frac{200}{100} = 2h$$

A posição do carro A no momento do encontro será:

Equação de Torricelli

Em algumas circunstâncias, quando por exemplo não sabemos a variação da velocidade em função do tempo, será conveniente utilizarmos a equação de Torricelli.

$$V^2 = V_0^2 + 2a\,\Delta s$$

v - Velocidade final
v_0 - Velocidade inicial
a - Aceleração do corpo
Δs - Variação de espaço

Propriedade do M.U.V.

No Movimento Uniformemente Variado é válido afirmarmos que a velocidade média num dado intervalo de tempo é igual à média aritmética das velocidades instantâneas.

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

V_1 - Velocidade no instante t_1
V_2 - Velocidade no instante t_2

Saiba Mais

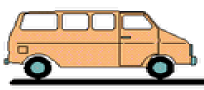
Busque mais sobre M.U.V

FIQUE ATENTO!

Classificação de um Movimento

MOVIMENTO ACELERADO

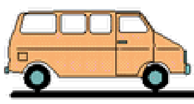
- O módulo da velocidade cresce no decorrer do tempo.
- A Velocidade e a aceleração têm o mesmo sinal.



$\alpha > 0$, $V > 0$ ou $\alpha < 0$, $V < 0$

MOVIMENTO RETARDADO

- O módulo da velocidade decresce no decorrer do tempo.
- A Velocidade e a aceleração têm sinais contrários.



$\alpha > 0$, $V < 0$ ou $\alpha < 0$, $V > 0$

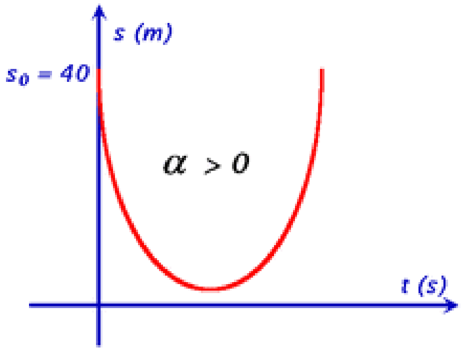
Gráfico do Espaço em Função do Tempo

No MUV a relação entre espaço e tempo s=f(t), é dada por uma função do 2º grau. Ou seja:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

s_0 - Posição inicial
v_0 - Velocidade inicial
a - Aceleração do corpo

A representação gráfica desta equação é uma parábola, cuja concavidade está voltada para cima (aceleração positiva) ou para baixo (aceleração negativa). É bom lembrar que consideraremos o tempo sempre maior igual a zero.



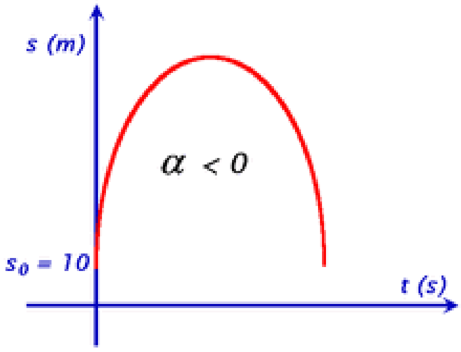
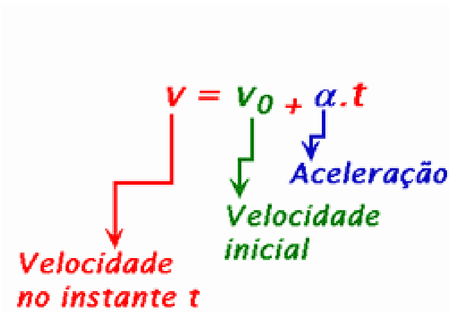
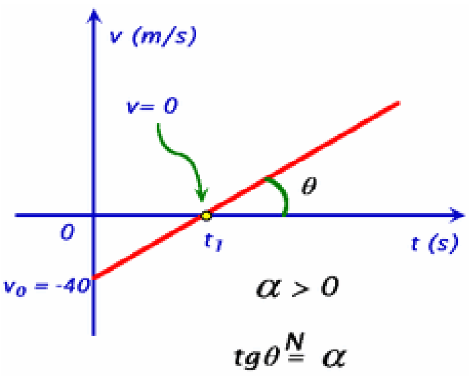


Gráfico da Velocidade em Função do Tempo

Recordando a função horária da velocidade v = f(t), notamos que é uma equação do 1º grau cuja representação gráfica é uma reta oblíqua. Podemos analisar duas situações como vemos a seguir.





Quando a função for crescente como indica a figura ao lado teremos a aceleração positiva, olhando a reta vemos que a inclinação é menor que 90º.

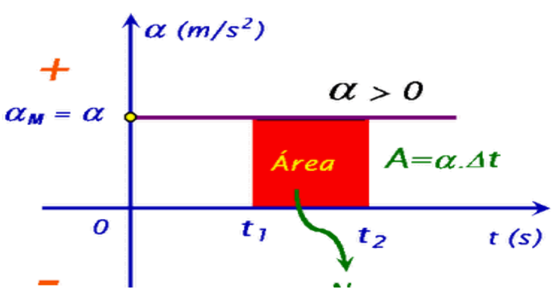
$$\boxed{\theta < 90^\circ \qquad \alpha > 0}$$

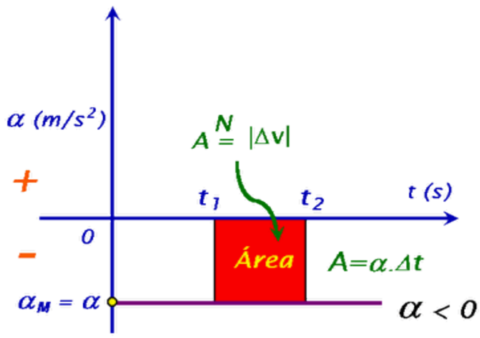
Gráfico da Aceleração em Função do Tempo

Graficamente teremos duas opções:

a) Reta paralela acima do eixo t.

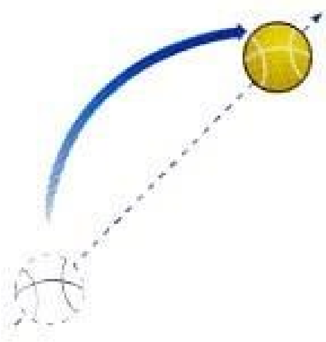
b) Reta paralela acima do eixo t:





Lançamento Vertical

Considere a gravura abaixo na qual temos o lançamento de uma bola verticalmente para cima.



Ao observar tal situação podemos concluir que existe um instante no qual a velocidade da bola cessa (V = 0). Como a velocidade é decrescente podemos dizer ainda que esse movimento descrito por essa bola é um movimento uniformemente retardado, pois sua velocidade decresce à medida que varia sua posição. Como o lançamento vertical é um movimento uniformemente variado, a aceleração do móvel é constante. As equações que determinam o lançamento vertical são as mesmas do movimento uniformemente variado com pequenas diferenças. São essas as equações:

$$\mathbf{S = S_0 + v_0 t + 1/2 g t^2}$$
$$\mathbf{V = V_0 + gt}$$

Onde g é o módulo da aceleração da gravidade local, que na Terra vale aproximadamente 9,8 m/s^2.

Queda Livre

O estudo de queda livre vem desde 300 a.C. com o filósofo grego Aristóteles. Esse afirmava que se duas pedras, uma mais pesada do que a outra, fossem abandonadas da mesma altura, a mais pesada atingiria o solo mais rapidamente. A afirmação de Aristóteles foi aceita como verdadeira durante vários séculos. Somente por volta do século XVII que um físico italiano chamado Galileu Galilei contestou essa afirmação.

As equações que definem a queda livre de um corpo são:

$$\boxed{v = g\,t \quad \text{e} \quad d = \frac{g\,t^2}{2}}$$

FIQUE ATENTO!

g é o módulo da aceleração da gravidade local, e tem valor aproximadamente igual a 9,8 m/s^2.

a

QUESTÕES DO ENEM E VESTIBULARES

1 O fabricante informa que um carro, partindo do repouso, atinge 100 km/h em 10 segundos. A melhor estimativa para o valor da aceleração nesse intervalo de tempo, em m/s^2, é:

A) $3{,}0.10^{-3}$

B) 2,8

C) 3,6

D) 9,8

E) 10

---

2 Uma móvel parte da origem do eixo x com velocidade constante igual a 3m/s. No instante t=6s o móvel sofre uma aceleração a= $-4m/s^2$. A equação horária, a partir do instante t=6s, será?

Resposta:____

---

3 A luz solar gasta 5,0 . 102 s para chegar à Terra. O diâmetro do Sol é da ordem de 1,4. 106 km. Seja 10n a ordem de grandeza do número de corpos idênticos ao Sol que cabem no espaço entre o Sol e a Terra, com centros na reta que una o centro do Sol ao centro da Terra. O valor de n é:

A) 1

B) 2

C) 3

D) 4

E) 10

4 (FUND. CARLOS CHAGAS) Um trem de 200m de comprimento, com velocidade escalar constante de 60 km/h, gasta 36s para atravessar completamente uma ponte. A extensão da ponte, em metros, é de:

A) 200

B) 400

C) 500

D) 600

E) 800

---

5 Em um prédio de 20 andares (além do térreo) o elevador leva 36s para ir do térreo ao 20º andar.Uma pessoa no andar x chama o elevador,que está inicialmente no térreo,e 39,6s após a chamada a pessoa atinge o andar térreo.Se não houve paradas intermediárias,e os tempos de abertura e fechamento da porta do elevador e de entrada e ´saída do passageiro são desprezíveis,podemos dizer que o andar x é o?

Resposta:____

---

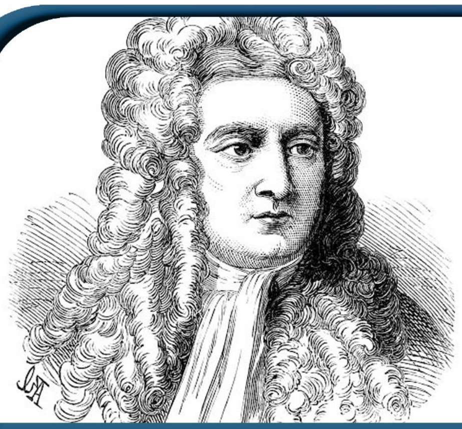
6 Um automóvel viaja a 30km/h durante 1h, em seguida, a 60km/h durante 1/2h. Qual foi a velocidade média no percurso?

____

____

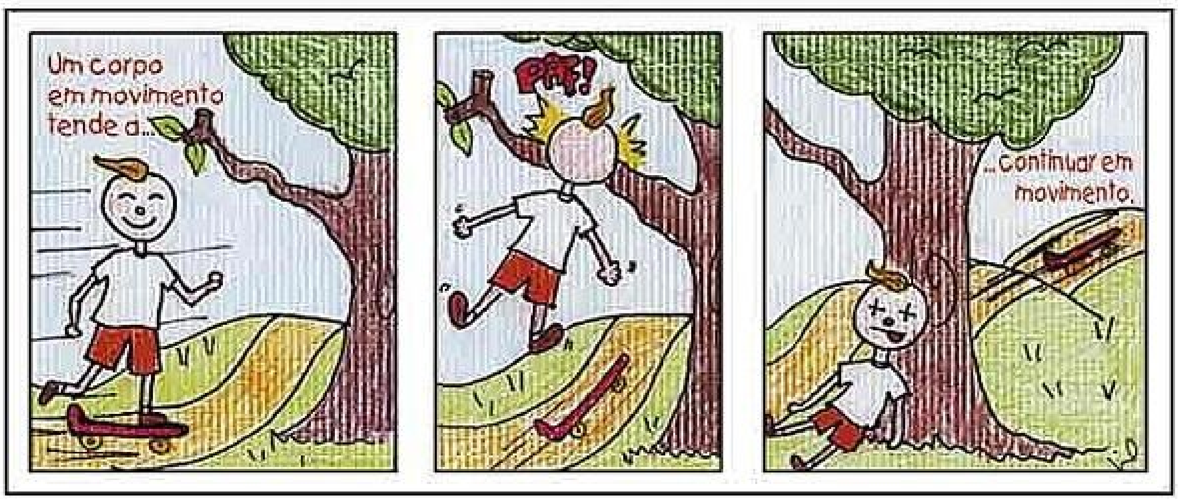
____

____



Capítulo II

Leis de Newton



Ao empurrar uma caixa sobre uma mesa é notório que ela só se movimenta enquanto estiver exercendo sobre ela uma força. Se a força cessar, ou seja, se parar de empurrá-la, ela logo pára. Tal observação levou o filósofo grego Aristóteles a estabelecer a seguinte conclusão:

FIQUE ATENTO!

Um corpo só permanece em movimento se estiver atuando sobre ele uma força.

Primeira Lei de Newton

Também chamada de Lei da Inércia, apresenta o seguinte enunciado:

Na ausência de forças, um corpo em repouso continua em repouso, e um corpo em movimento, continua em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Segunda Lei de Newton

Newton estabeleceu esta lei para análise das causas dos movimentos, relacionando as forças que atuam sobre um corpo de massa m constante e a aceleração adquirida pelo mesmo devido à atuação das forças. Esta lei diz que:

"A resultante das forças aplicadas sobre um ponto material é igual ao produto da sua massa pela aceleração adquirida"

$$\vec{F} = m \times \vec{a}$$

Saiba Mais

Sobre as leis de Newton

FIQUE ATENTO!

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de força é o newton (N) em homenagem a Newton. Porém, existem outras unidades de medida como o dina e o kgf.

Peso

Peso é a força gravitacional sofrida por um corpo nas vizinhanças de um planeta. É uma grandeza vetorial e, portanto, possui módulo, direção e sentido. Matematicamente temos:

$$P = m.g$$

Onde g é a aceleração da gravidade local.

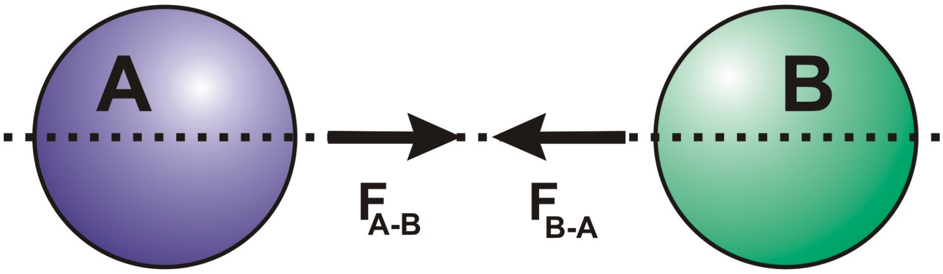
FIQUE ATENTO!

A massa de um corpo não muda. O que muda é seu peso devido à ação da força gravitacional, que pode ser maior ou menor, dependendo da localização do corpo.

Terceira Lei de Newton

Também denominada de princípio da ação e reação, ela pode ser enunciada da seguinte forma:

Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e de sentido contrário.



Assim, $|F_{A-B}| = |F_{B-A}|$.

As forças de ação e reação possuem as seguintes características:

- Possuem a mesma natureza, ou seja, são ambas de contato ou de campo;
- São forças trocadas entre dois corpos;
- Não se equilibram e não se anulam, pois estão aplicadas em corpos diferentes.

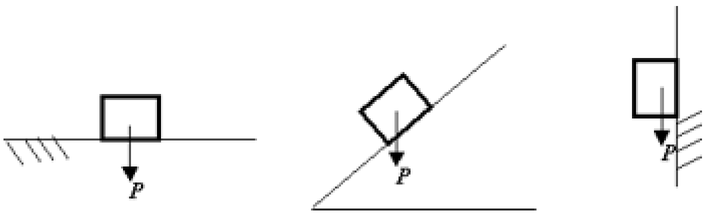
FIQUE ATENTO!

A terceira lei é muito comum no cotidiano. O ato de caminhar e o ***lançamento*** de um foguete são exemplos da aplicação dessa lei. Ao caminharmos somos direcionados para frente graças à força que nossos pés aplicam sobre o chão.

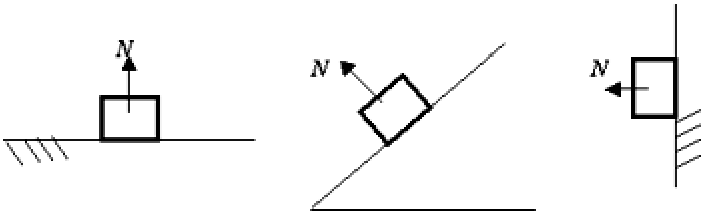
Forças Importantes

A força Peso (P) é uma força de campo, gerada pela Terra, que atrai todos os corpos próximos à sua superfície. A sua direção é vertical, seu sentido é sempre de cima para baixo, para o centro da Terra (veja figuras) e o seu módulo é determinado por:

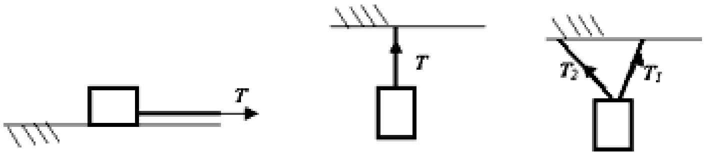
$$P = m.g$$



A força Normal (N)é a força gerada pela compressão de um apoio por um corpo apoiado sobre ele. A Normal é a reação do apoio. O apoio é comprimido pelo corpo para baixo e reage com uma força igual para cima. A sua direção é perpendicular ao apoio e o seu sentido é saindo do corpo, oposto ao apoio (veja figuras). O seu módulo é igual à força de compressão do corpo.



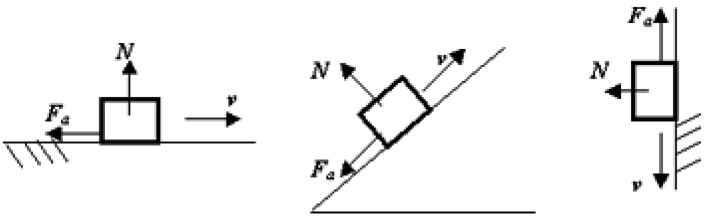
A Tração ou Tensão (T) é uma força de contato presente em fios ou cabos, quando os mesmos são submetidos à forças de alongamento. Sua direção é a mesma do fio e o seu sentido é oposto ao alongamento, saindo do corpo (veja figuras). O seu módulo pode adquirir diferentes valores, de acordo com a situação apresentada.



Força Atrito e Plano Inclinado

Força De Atrito

A Força de atrito (Fa) é uma força de contato que atua contrária ao movimento ou à tendência de movimento. Sua direção é sempre a mesma do movimento e o sentido é contrário ao movimento.



$$F_{ae\,max} = \mu_e \cdot N$$

A força de atrito pode existir sob uma das duas formas seguintes:

Força de Atrito Estático (Fae)

Força que atua num corpo em repouso dificultando o início do seu movimento. Seu módulo varia de acordo com a força aplicada.

O seu valor máximo pode ser calculado por:

$$F_{ac} = \mu_c \cdot N$$

Força de Atrito Cinético (Fac)

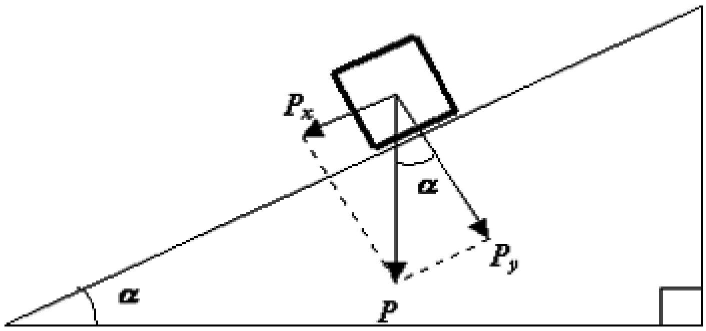
Força que atua num corpo em movimento dificultando a realização do mesmo.

Seu módulo é constante e pode ser calculado como:

Onde - µ**e** é o coeficiente de atrito estático; µc é o coeficiente de atrito cinético; e N é a força normal. É importante ressaltar que o valor dos coeficientes de atrito é constante para determinado par de meios e depende exclusivamente das superfícies de contato entre estes meios.

Plano Inclinado

Um estudo especial se faz necessário para o plano inclinado, uma vez que o comportamento da força normal e, conseqüentemente da força de atrito é um caso especial. Observe a figura abaixo:



Como pode-se observar, a direção da força peso não acompanha a inclinação do plano, mas permanece vertical, enquanto que a força normal é perpendicular ao mesmo. Em virtude disto a força peso causa dois efeitos distintos: pressiona o corpo contra o apoio (assim como nos planos horizontais) e tende a deslocar o bloco pelo plano.

Para melhor relacionar estes efeitos às suas forças causadoras, a força peso é decomposta em duas componentes:

- a componente tangencial ao plano (Px), que desloca o corpo pelo plano;
- a componente normal ao plano (Py), que apoia o corpo contra o plano.

$$P = P \, . \, \text{sen}\, \alpha \qquad\qquad P = P \, . \, \cos \alpha$$

O módulo das componentes são calculados em função do peso e do ângulo de inclinação do plano (a).

Exemplo

Um corpo de massa m = 10kg está apoiado num plano inclinado de ***30º*** em relação à horizontal, sem atrito, e é abandonado no ponto A, distante 20m do solo. Supondo a aceleração da gravidade no local de módulo ***g= 10m/s²***, determinar:

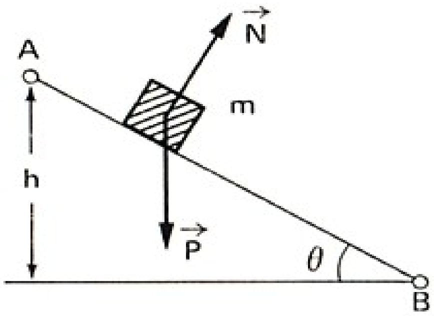
a) a aceleração com que o bloco desce o plano;

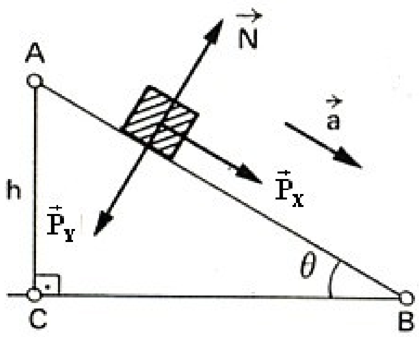
b) a intensidade da reação normal sobre o bloco;

c) o tempo gasto pelo bloco para atingir o ponto B;

d) a velocidade com que o bloco atinge o ponto B.

Resolução





$m = 10kg$

$\theta = 30^o$

$h = 20m$

$v_A = 0$

a)

$a = g.sen\theta$

$a = 10.sen30^\circ$

$a = 10.\frac{1}{2} = 5m/s^2$

b) $F_N = mg.\cos\theta$

$F_N = 10.10.\cos 30^\circ$

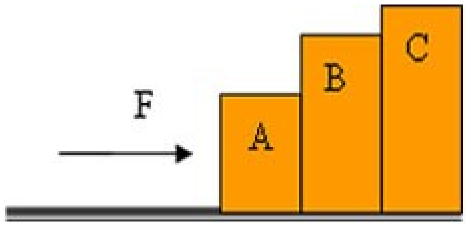
$F_N = 10.10.\frac{\sqrt{3}}{2}$

$F_N = 10.10.\frac{\sqrt{3}}{2} = 50.\sqrt{3}N$

$F_N \cong 50.1{,}7 = 85N$

Exemplo (Aplicação das Leis de Newton)

1. (UF-PE) A figura abaixo mostra três blocos de massas mA = 1,0 kg, mB = 2,0 kg e mc = 3,0 kg. Os blocos se movem em conjunto, sob a ação de uma força F constante e horizontal, de módulo 4,2 N.



Desprezando o atrito, qual o módulo da força resultante sobre o bloco B?

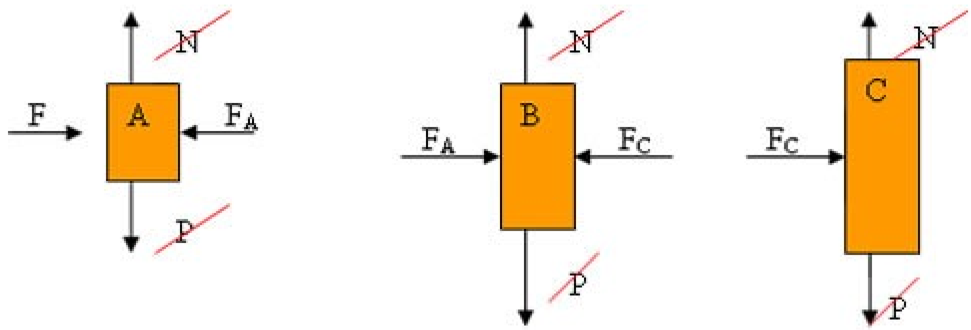
a) 1,0 N
b) 1,4 N
c) 1,8 N
d) 2,2 N
e) 2,6 N

Resolução

Primeiramente devemos saber que F = m.a (Segunda lei de Newton). Devemos saber também, que os três corpos se movem com a mesma aceleração, e que essa aceleração tem a mesma direção e sentido da força F.

Assim podemos calcular a aceleração dos blocos pelo Sistema de Corpos Isolados (SCI).

Na figura abaixo representamos as forças que agem em A, B e C .



Em que F é a força aplicada.

F**a** no primeiro bloco é a reação de **b** em **a** devido a F.

Fa no segundo bloco é a ação de **a** em **b** devido a F

Fc no segundo bloco é a reação de **c** em **b** devido a F

Fc no terceiro bloco é a ação de **b** em **c** devido a F

N é a força normal e p é a força peso nos três casos

Simplificando-se os pesos com as forças de reação normal em cada caso temos que:

Como F = 4,2 N, temos:

A força resultante em A: $F - \cancel{F_A} = m_A \cdot a$
A força resultante em B: $\cancel{F_A} - \cancel{F_C} = m_B \cdot a$
A força resultante em C: $\cancel{F_C} = m_C \cdot a$

$$F = (m_A + m_B + m_C).a$$

Somando as equações A, B e C, encontramos a equação da força resultante do sistema.

$4,2 = (1,0 + 2,0 + 3,0).a$
$a = 4,2/6$
$a = 0,7\ m/s^2$

Encontrada a aceleração devemos encontrar o valor da resulta

A resultante em B é: $F_B = F_A – F_C$
Subtraído as equações B e C temos:

$F_A = (m_B + m_C)\ .\ a$
$F_A = (2,0 + 3,0).\ 0,7$
$F_A = 5,0\ .\ 0,7$
$F_A = 3,5$ N

Encontrando o valor de F_C

$F_C = m_C\ .\ a$
$F_C = 3,0\ .\ 0,7$
$F_C = 2,1$ N

Assim:

$F_B = 3,5 – 2,1$
$F_B = 1,4$ N

Concluímos então que a força resultante em B é igual a 1,4 N.

Trabalho de uma Força

Trabalho é a medida da energia que é transferida para um corpo, em razão da aplicação de uma força ao longo de um deslocamento. Em Física trabalho é normalmente representado por W(que vem do ***inglês*** work) ou mais usadamente a ***letra*** grega tau τ

Para calcular o trabalho de uma força é importante ressaltar que ele pode ser:

Trabalho de uma força constante e paralela ao deslocamento - é calculado quando se tem a força sendo aplicada no mesmo sentido do deslocamento. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$\tau = F\ .\ D\ .\ \cos\theta$$

Como o ângulo entre a força e o deslocamento é zero faz com que o cosseno deste ângulo seja igual a 1 tornando a expressão equivalente à:

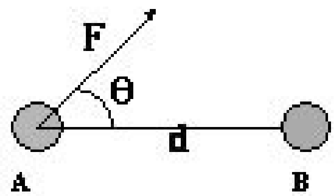
$$\tau = F \cdot D$$

Trabalho de uma força constante e não-paralela ao deslocamento

Onde D é o deslocamento sofrido pelo corpo.

Quando temos a aplicação da força constante e não-paralela, como no esquema acima, calculamos o trabalho da seguinte forma:

$$\tau = F \cdot D \cdot \cos\theta$$



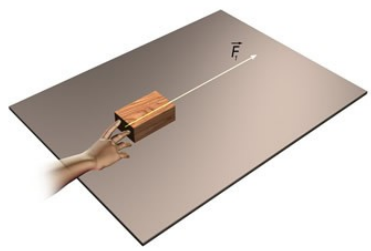
Onde θ é o ângulo formado entre a força e o deslocamento sofrido pelo corpo.

Tanto o trabalho quanto a força são medidos em joule (J), que é uma unidade do SI (Sistema Internacional de Unidades). Essa unidade é uma homenagem ao físico britânico James Prescott Joule. No sistema CGS, a unidade de trabalho é o erg= dina x centímetro.

Impulso

Impulso é a grandeza física que relaciona a força que atua sobre um corpo e o intervalo de tempo que ela atua sobre o mesmo. Imagine a seguinte situação ilustrada abaixo onde se tem a atuação de uma força constante durante um determinado intervalo de tempo, $\Delta t = t_f - t_i$, sobre um bloco de massa m.

Força sobre um bloco de massa m



O produto dessa força constante pelo intervalo de tempo de aplicação da mesma é chamado de **Impulso**, e é representado pela letra I. O impulso é uma grandeza vetorial, possui módulo, direção e sentido. Em módulo, a equação que determina o impulso pode ser escrita da seguinte forma:

$$I = F \cdot \Delta t$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade do impulso é o newton vezes segundo N.s.

Quantidade de Movimento

Imagine um corpo de massa m, que num determinado instante t possua velocidade V, por definição a quantidade de movimento é o produto entre essa duas grandezas, massa e velocidade. Como a velocidade é uma grandeza vetorial, por conseqüência a quantidade de movimento também é, e em módulo ela pode ser vista da seguinte forma:

$$Q = m \cdot V$$

A unidade de quantidade de movimento no Sistema Internacional de Unidades é o kg. m/s.

Saiba Mais

Teorema Impulso – Quantidade de Movimento

O teorema do impulso – quantidade de movimento diz que ***o impulso da resultante das forças que atuam sobre um corpo, num determinado intervalo de tempo, é igual à variação da quantidade de movimento do corpo no mesmo intervalo de tempo***, matematicamente fica:

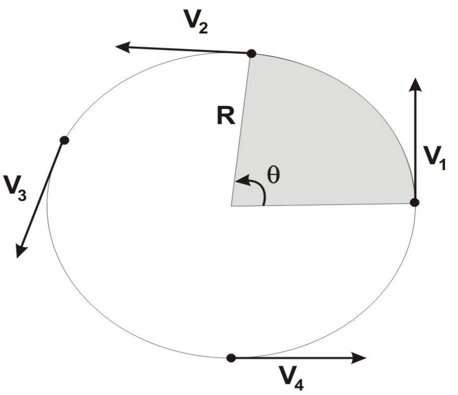
$$I = Q_f - Q_i$$

Onde Q_f é a quantidade de movimento final e Q_i é a quantidade de movimento inicial.

Movimento Circular

Movimento Circular Uniforme (MCU)

Em um movimento onde a trajetória é uma circunferência (ou arco de uma circunferência) e a velocidade escalar é constante, este é denominado como **movimento circular uniforme** (MCU). Neste movimento a partícula é localizada pela sua posição angular θ, que varia uniformemente com o tempo.



FIQUE ATENTO!

No movimento circular uniforme o vetor velocidade muda o tempo todo, porém mantém fixo o seu módulo (velocidade escalar).

Movimento Periódico

Um movimento é chamado periódico quando todas as suas características (posição, velocidade e aceleração) se repetem em intervalos de tempo iguais.

FIQUE ATENTO!

O movimento circular e uniforme é um exemplo de movimento periódico, pois, a cada volta, o móvel repete a posição, a velocidade e a aceleração.

Período (T)

Define-se como **período** (T) o menor intervalo de tempo para que haja repetição das características do movimento. No movimento circular e uniforme, o período é o intervalo de tempo para o móvel dar uma volta completa.

Como é uma medida de tempo, a unidade SI do período é o *segundo*.

Frequência (f)

Define-se a frequência (f) de qualquer movimento periódico como o número de vezes que as características do movimento se repetem durante uma unidade de tempo, ou seja, $1\ s$.

No movimento circular uniforme, a frequência é o número de voltas realizadas na unidade de tempo. Se o móvel realiza n voltas em um intervalo de tempo t, a freqüência f é dada por:

$$f = \frac{n}{t}$$

E por definição, como no MCU o tempo de uma volta completa ($n = 1$) é o próprio período do movimento, temos que:

$$f = \frac{1}{t}$$

FIQUE ATENTO!

A unidade SI da frequência f é s^{-1} ou também chamado de *hertz*, cuja abreviação é Hz. Pode-se também medir a frequência em ***rotações por minuto*** (ou RPM).

Velocidade Escalar v

Para uma volta completa, em uma circunferência de raio R, temos que;

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T}$$

Logo, para o MCU temos:

$$v = 2\pi R f$$

Velocidade Angular ω

Define a velocidade angular ω de forma semelhante à definição de velocidade v, só que nesse caso estamos interessados na variação da posição angular ocorrida no MCU. Então:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - theta_0}{t}$$

Para uma volta completa, temos que o deslocamento angular será 2π e $t = T$, temos

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Unidades SI

A velocidade angular ω é medida em rad/s no SI.

Relação entre v e ω

Como a velocidade escalar no MCU é $v = 2\pi Rf$ e $\omega = 2\pi f$, então

$$v = \omega R$$

Ou seja, a velocidade escalar v é proporcional à velocidade angular ω.

Vetores no MCU

Já vimos que no movimento circular e uniforme, a velocidade vetorial tem módulo constante, porém direção variável e, portanto o vetor $\mathbf{v}$ é variável. Sendo a velocidade vetorial variável, vamos analisar a aceleração vetorial $\mathbf{a}$.

Sendo o movimento uniforme, a *componente tangencial* a_t da aceleração vetorial é nula:

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0$$

Sendo a trajetória curva, a *componente normal* a_n da aceleração, ou também chamada de aceleração centrípeta não é nula ($a_n \neq 0$).

O módulo da aceleração centrípeta pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$a_c = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2v\sin(\Delta\theta/2)}{\Delta t}$$

E como $\Delta\theta = \omega\Delta t$, e o ângulo $\Delta\theta$é pequeno para Δtpequeno, temos

$$\sin\frac{\Delta\theta}{2} \simeq \frac{\Delta\theta}{2}$$

e

$$a_c = \frac{2\omega R\Delta\theta/2}{\Delta\theta/\omega} = \omega^2 R$$

ou então, como $v = \omega R$

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

Exemplos

1. (AMAN) Um ponto material parte do repouso e se desloca sobre um plano horizontal em trajetória circular de 5,0 metros de raio com aceleração angular constante. Em 10 segundos o ponto material percorreu 100 metros. A velocidade angular do ponto material neste instante vale:

a) 16 rad . s^{-1}

b) 4,0 rad . s^{-1}

c) 20 rad . s^{-1}

d) 2,0 rad . s^{-1}

e) 0,40 rad . s^{-1}

RESPOSTA: B

2. (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma partícula executa um movimento uniforme sobre uma circunferência de raio 20 cm. Ela percorre metade da circunferência em 2,0 s. A freqüência, em hertz, e o período do movimento, em segundos, valem, respectivamente:

a) 4,0 e 0,25

b) 2,0 e 0,50

c) 1,0 e 1,0

d) 0,50 e 2,0

e) 0,25 e 4,0

RESPOSTA: E

3. Considere duas ***pessoas***, ambas na superfície da Terra, uma na linha do Equador e a outra sobre o Trópico de Capricórnio. Considere, ainda, somente o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo. Com base nessas ***informações***, compare para as duas pessoas:

a) as velocidades angulares;

b) as freqüências;

c) os módulos das velocidades lineares;

d) os módulos das acelerações centrípetas.

Resolução

a) As velocidades angulares serão iguais, pois só dependem do período de rotação da terra, o mesmo para os dois.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

b) As freqüências também serão iguais pelo mesmo motivo.

$$f = \frac{1}{T}$$

c) Os módulos das velocidades lineares serão diferentes, pois os raios são diferentes:

a velocidade linear é dada por:

$$v = \omega . r$$

Para a pessoa que está na linha do equador a velocidade linear será maior, pois o raio é maior. Para a pessoa que está no trópico de Capricórnio o inverso.

d) a aceleração centrípeta é dada por:

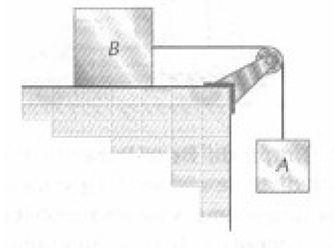
$$a_c = \omega^2 . r$$

Logo, terão acelerações diferentes, pois os raios são diferentes.

Para a pessoa que está na linha do equador a aceleração centrípeta será maior, pois o raio é maior. Para a pessoa que está no trópico de Capricórnio o inverso.

QUESTÕES DO ENEM E VESTIBULARES

1 No sistema representado abaixo, o corpo A de massa 3,0 kg, está em movimento uniforme. A massa do corpo B é de 10 kg. Adote g=10m/s². O coeficiente de atrito dinâmico entre o corpo B e o plano sobre o qual o bloco se apóia vale:



A) 0,15

B) 0,30

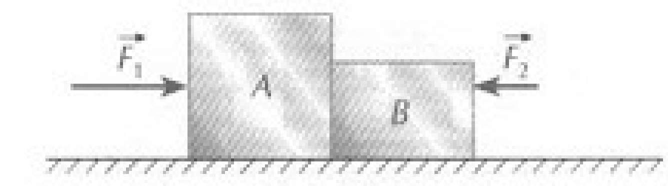
C) 0,50

D) 0,60

E) 0,70

---

2 $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são forças horizontais de intensidade 30N e 10N, respectivamente, conforme a



Sendo a massa de A igual a 3 kg, a massa de B igual a 2 kg, g =10 m/s² e 0,3 o coeficiente de atrito dinâmico entre os blocos e a superfície, a força de contato entre os blocos tem intensidade:

A) 24 N

B) 30 N

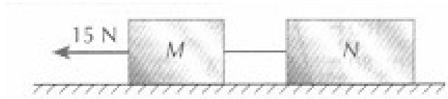
C) 40 N

D) 10 N

E) 18 N

---

3 Dois móveis, M e N, ligados por uma corda de peso desprezível, deslocam-se sobre um plano, sob a ação de uma força de 15 N aplicada na direção do deslocamento.



Não há atrito entre M e o plano, porém o coeficiente de atrito de escorregamento entre o corpo N e o plano vale 0,2. As massas de M e N são respectivamente 1kg e 3kg. Adote g=10m/s². A aceleração do sistema é igual, em m/s² a:

A) 3,75

B) 1,25

C) 2,25

D) 0,15

E) 4,05

4 A respeito do conceito da inércia, assinale a frase correta:

A) Um ponto material tende a manter sua aceleração por inércia.

B) Uma partícula pode ter movimento circular e uniforme, por inércia.

C) O único estado cinemático que pode ser mantido por inércia é o repouso.

D) Não pode existir movimento perpétuo, sem a presença de uma força.

E) A velocidade vetorial de uma partícula tende a se manter por inércia; a força é usada para alterar a velocidade e não para mantê-la.

5 (UNESP) As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. Fisicamente, a função do cinto está relacionada com a:

A) Primeira Lei de Newton

B) Lei de Snell

C) Lei de Ampère

D) Lei de Ohm

E) Primeira Lei de Kepler

6 (FCC) Uma partícula executa um movimento uniforme sobre uma circunferência de raio $20\ cm$. Ela percorre metade da circunferência em 2,0 s. A frequência, em *hertz*, e o período do movimento, em segundos, valem, respectivamente :

A) 4,0 e 0,25

B) 1,0 e 1,0

C) 0,25 e 4,0

D) 2,0 e 0,5

E) 0,5 e 2,0

7 (UFES) Uma pessoa está em uma roda-gigante que tem raio de $5\ m$ e gira em rotação uniforme. A pessoa passa pelo ponto mais próximo do chão a cada 20 *segundos*. Podemos afirmar que a freqüência do movimento dessa pessoa, em *rpm*, é:

A) 1

B) 2

C) 3

D) 4

E) 5

Considerações Gerais

Chamamos de Energia Mecânica a todas as formas de energia relacionadas com o movimento de corpos ou com a capacidade de colocá-los em movimento ou deformá-los.

Classes de Energia Mecânica

Energia Potencial - É a que tem um corpo que, em virtude de sua posição ou estado, é capaz de realizar trabalho.

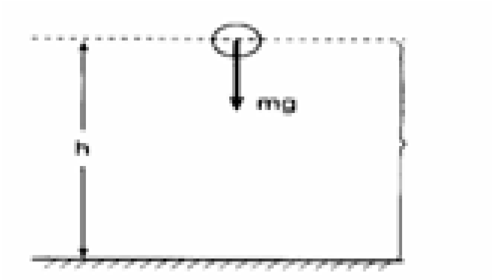
Podemos classificar a energia potencial em:

Energia Potencial Gravitacional (E_{PG})

Está relacionada com a posição que um corpo ocupa no campo gravitacional terrestre e sua capacidade de vir a realizar trabalho mecânico.

Matematicamente:

$$E_{PG} = P \cdot h$$



Exercícios

1. Um corpo de massa 4 kg encontra-se a uma altura de 16 m do solo. Admitindo o solo como nível de referência e supondo g = 10 m/s^2, calcular sua energia potencial gravitacional.

Resolução

$$E_{PG} = m.g.h \rightarrow E_{PG} = 4.10.16 \rightarrow E_{PG} = 640J$$

2. Um corpo de massa 40 kg tem energia potencial gravitacional de 800J em relação ao solo. Dado g = 10 m/s^2 , calcule a que altura se encontra do solo.

Resolução

$$E_{PG} = m.g.h \rightarrow h = \frac{E_{PG}}{m.g} \rightarrow h = \frac{800}{40.10} \rightarrow h = 2m$$

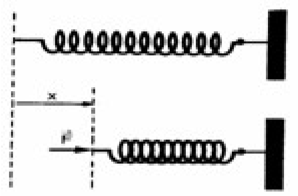
Energia Potencial Elástica (E_{PE})

É a energia armazenada em uma mola comprimida ou distendida.

Matematicamente:

$$E_{PE} = \frac{K x^2}{2}$$

Onde K é a constante elástica.



Exemplo

1. Uma mola de constante elástica k = 400 N/m é comprimida de 5 cm. Determinar a sua energia potencial elástica.

Resolução

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2} \rightarrow E_{PE} = \frac{400.(5 \times 10^{-2})^2}{2} \rightarrow E_{PE} = 0{,}5J$$

2. Qual é a distensão de uma mola de constante elástica k = 100 N/m e que está armazenando uma energia potencial elástica de 2J?

Resolução

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2} \rightarrow x = \sqrt{\frac{2.E_{PE}}{k}} \rightarrow x = \sqrt{\frac{2.2}{100}} \rightarrow x = 0{,}2m = 20cm$$

Energia Cinética (E_C)

Todo corpo em movimento possui uma energia associada a esse movimento que pode vir a realizar um trabalho (em uma colisão por exemplo). A essa energia damos o nome de energia cinética.

Matematicamente:

$$E_c = \frac{m.v^2}{2}$$

Exemplo

Determine a energia cinética de um móvel de massa 50 kg e velocidade 20 m/s.

Resolução

$$E_C = \frac{m.v^2}{2} \rightarrow E_C = \frac{50.20^2}{2} \rightarrow E_C = 10.000\,J = 10\,kJ$$

Conservação da Energia mecânica

Uma força é chamada ***conservativa***, quando pode devolver o trabalho realizado para vencê-la. Desse modo, o peso de um corpo e a força elástica são exemplos desse tipo de força. No entanto, a força de atrito cinético, que não pode devolver o trabalho realizado para vencê-la, é uma força ***não-conservativa***, ou ***dissipativa*** (ocorre degradação da energia mecânica).

Isso quer dizer que, em um sistema no qual só atuam forças conservativas (sistema conservativo), a ENERGIA MECÂNICA (E_M) se conserva, isto é, mantém-se com o mesmo valor em qualquer momento, mas alternando-se nas suas formas cinética e potencial (gravitacional ou elástica).

$$E_M = E_C + E_P = constante$$

Saiba Mais

Busque mais sobre conservação da energia mecânica.

Exemplo

Uma esfera de massa 5 kg é abandonada de uma altura de 45m num local onde g = 10 m/s^2. Calcular a velocidade do corpo ao atingir o solo. Despreze os efeitos do ar.

Resolução

Desprezando a resistência do ar, o sistema é conservativo, logo:

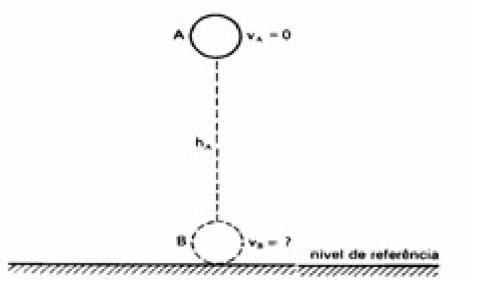
$$E_M^A = E_M^B$$

$$E_C^A \; E_{PG}^A = E_C^B \; E_{PG}^B$$

$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$

$$\frac{v_A^2}{2} + gh_A = \frac{v_B^2}{2} + gh_B$$

$$\frac{0^2}{2} + 10.45 = \frac{v_B^2}{2} + 10.0$$



$$450 = \frac{v_B^2}{2}$$

$$900 = v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{900}$$

$$\boxed{v_B = 30 m/s}$$

Gravitação

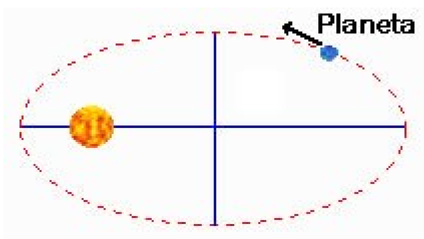
As Leis de Kepler

A observação de corpos celestes é um fato que, de acordo com registros, vem de milhares de anos. Vários povos desde a Antigüidade observavam os corpos e desde então falavam de fenômenos astronômicos, trabalhavam a cultura da lavoura ou até colocavam os seus deuses no céu e atribuíam a eles as manifestações divinas. O estudo dos astros teve início com os gregos antigos. Foram eles os primeiros a tentarem explicar o movimento dos corpos celestes. O mais importante deles foi Cláudio Ptolomeu que propôs o sistema planetário geocêntrico (Terra como centro do universo). Segundo esse sistema, a Terra é o centro de todo o Universo. O Sol e a Lua descreviam órbitas circulares ao redor da Terra. Quanto aos outros planetas, cada um deles descreveria órbitas circulares em torno de um centro que por sua vez descreveriam órbitas circulares ao redor da Terra.

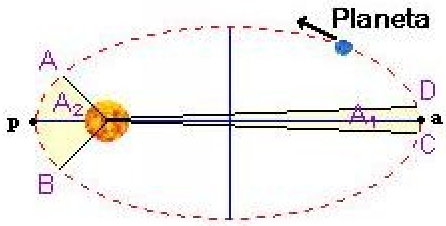
FIQUE ATENTO!

- O sistema geocêntrico prevaleceu por muitos anos, somente séculos mais tarde é que foram feitas contestações e levantadas novas hipóteses sobre o movimento dos corpos celestes e todo o universo. Nicolau Copérnico, em seus estudos, propôs o Sol como centro do Universo, heliocentrismo, segundo o qual os planetas, então conhecidos na época, descreveriam órbitas circulares ao redor do Sol.
- Esse sistema permaneceu durante um bom tempo, até que anos mais tarde Johannes Kepler, discípulo de Tycho Brahe, determinou as leis do Universo assim como as conhecemos hoje. Kepler herdou de seu ***mestre*** todas as suas anotações e com seus estudos determinou três leis: Lei das Órbitas, Lei das Áreas e Lei do Período.

Lei das Órbitas - os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do Sol, que ocupa um dos focos da elipse descrita.



Lei das Áreas - o segmento imaginário que une o centro do Sol e o centro do planeta varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo dos percursos.



O ponto **p** é chamado periélio e o ponto **a** afélio. Em p a distância Terra-Sol é mínima e a velocidade é máxima e em a a distância Terra-Sol é máxima e a velocidade é mínima.

Lei dos Períodos - o quadrado do período de revolução de cada planeta é proporcional ao cubo do raio médio da respectiva órbita.

$$T = K r^3$$

Sendo T o tempo gasto para um planeta dar uma volta completa ao redor do Sol, e r a medida do semi-eixo maior de sua órbita (denominado raio médio), K é uma constante de proporcionalidade que só depende da massa do Sol.

FIQUE ATENTO!

As leis de Kepler dão uma visão cinemática do Universo, mas não basta só entender os movimentos dos planetas, é também necessário entender como eles conseguem permanecer sempre na mesma trajetória, descrevendo as mesmas órbitas elípticas e não caem, como é o caso da Lua sobre a Terra. A lei da Gravitação Universal explica como isso é possível.

A Lei da Gravitação Universal

A lei da Gravitação foi proposta por Sir Isaac Newton, cientista inglês famoso por seus estudos e contribuições na Física e na ***Matemática***, além de também ser alquimista e ***astrônomo***. Autor de célebres livros como o Philosophiae Naturalis Principia Mathematica no qual ele descreve a Lei da Gravitação Universal e As Leis de Newton.

FIQUE ATENTO!

Diz a história que Newton estava sob uma macieira quando dela caiu uma maçã sobre a sua cabeça. Não sabemos se isso realmente é verdade ou não, o que é muito importante é que isso fez com que se explorassem mais os mistérios do universo e a Gravitação Universal.

Newton explicou o porquê a Lua não cai sobre a Terra descrevendo a seguinte equação, equação esta que determina a Lei da Gravitação Universal:

$$F = \frac{Gm_1\, m_2}{r^2}$$

G é uma contante gravitacional e seu valor é igual a $6{,}67.10^{-11}$ $N.m^2/Kg^2$

m_1 e m_2 são as massas dos corpos que se atraem, medida em Kg.

r é a distância entre os dois corpos, medida em metros(m).

F é a força gravitacional, e é medida em N.

Com tal equação matemática Newton descobriu que os corpos se atraem mutuamente, fazendo com que eles não caiam uns sobre os outros e sempre mantenham a mesma trajetória, ou seja, a sua órbita elíptica ao redor do Sol, como descobriu Johannes Kepler em uma de suas três leis do movimento dos planetas.

Aceleração da Gravidade

A aceleração da gravidade na superfície da Terra e dada por :

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Onde M é a massa da Terra e R o raio da Terra.

Outro tipo de aceleração que existe e a aceleração na superfície á altitude qualquer (h) que se resume:

$$gh = \frac{GM}{(R + h)^2} = \frac{GM}{r^2}$$

Exemplo

1. A respeito do planeta júpiter e de um de seus satélites, Io, foram feitas as afirmações:

I. Sobre esses corpos celestes, de grandes, de grandes massas, predominam as forças gravitacionais.

II. É a força de Júpiter em Io que o mantém em órbita em torno do planeta.

III. A força que Júpiter exerce em Io tem maior intensidade que a força exercida por Io em Júpiter.

Deve-se concluir que somente:

a) I é correta.
b) II é correta.
c) III é correta.
d) I e II são corretas.
e) II e III são corretas.

Resolução

I. Correta: De acordo com a lei da gravitação, verifica-se que as forças gravitacionais são predominantes em relação a corpos de grande massa.

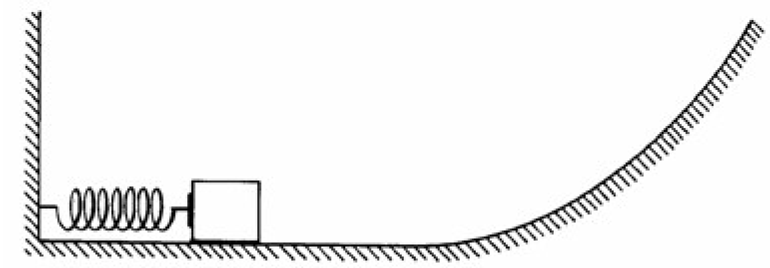
II. Correta: A força gravitacional faz o papel de resultante centrípeta.

III. Falsa. As forças têm a mesma intensidade.

RESPOSTA: D

QUESTÕES DO ENEM E VESTIBULARES

1 Um corpo de 2 kg é empurrado contra uma mola de constante elástica 500 N/m, comprimindo-a 20 cm. Ele é libertado e a mola o projeta ao longo de uma superfície lisa e horizontal que termina numa rampa inclinada conforme indica a figura. Dado g = 10 m/s^2 e desprezando todas as formas de atrito, calcular a altura máxima atingida pelo corpo na rampa.



Resposta:____

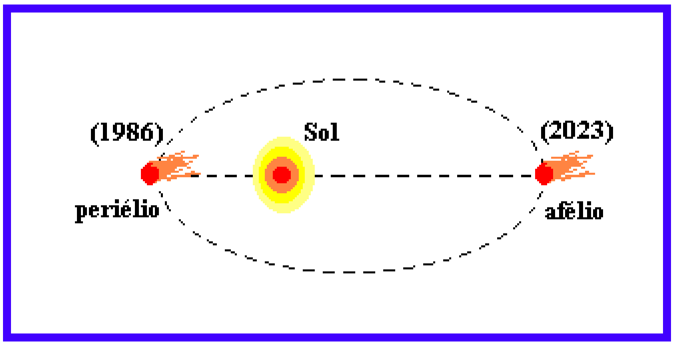
---

2 Um esquiador de massa 60 kg desliza de uma encosta, partindo do repouso, de uma altura de 50 m. Sabendo que sua velocidade ao chegar no fim da encosta é de 20 m/s, calcule a perda de energia mecânica devido ao atrito. Adote g = 10 m/s^2.

Resposta:____

---

3 O cometa de Halley atingiu, em 1986, sua posição mais próxima do Sol (periélio) e, no ano de 2023, atingirá sua posição mais afastada do Sol (afélio).



Assinale a opção correta:

A) Entre 1986 e 2023 o cometa terá movimento uniforme.

B) Entre 1986 e 2023 a força gravitacional que o Sol aplica no cometa será centrípeta.

C) Ao atingir o afélio, no ano de 2023, a energia potencial gravitacional do sistema Sol-cometa será máxima.

D) A energia potencial gravitacional do sistema Sol-cometa foi máxima no ano de 1986.

E) No ano de 2041 a energia potencial do sistema Sol-cometa será máxima.

---

4 Um satélite espacial encontra-se em órbita em torno da Terra e, no seu interior, existe uma caneta flutuando.

Essa flutuação ocorre porque:

A) ambos, o satélite espacial e a caneta encontram-se em queda livre;

B) a aceleração da gravidade local é nula;

C) a aceleração da gravidade, mesmo não sendo nula, é desprezível;

D) há vácuo dentro do satélite;

E) a massa da caneta é desprezível, em comparação com a do satélite.

---

5 Um satélite da Terra está descrevendo uma órbita elíptica estável, como se mostra na figura abaixo:

Podemos afirmar em relação ao satélite que:

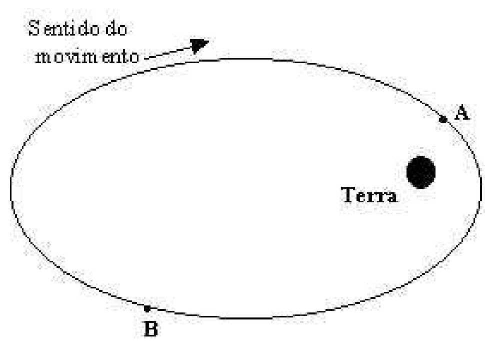
A) Sua velocidade é maior quando está em A

B) Sua aceleração é maior quando está em B

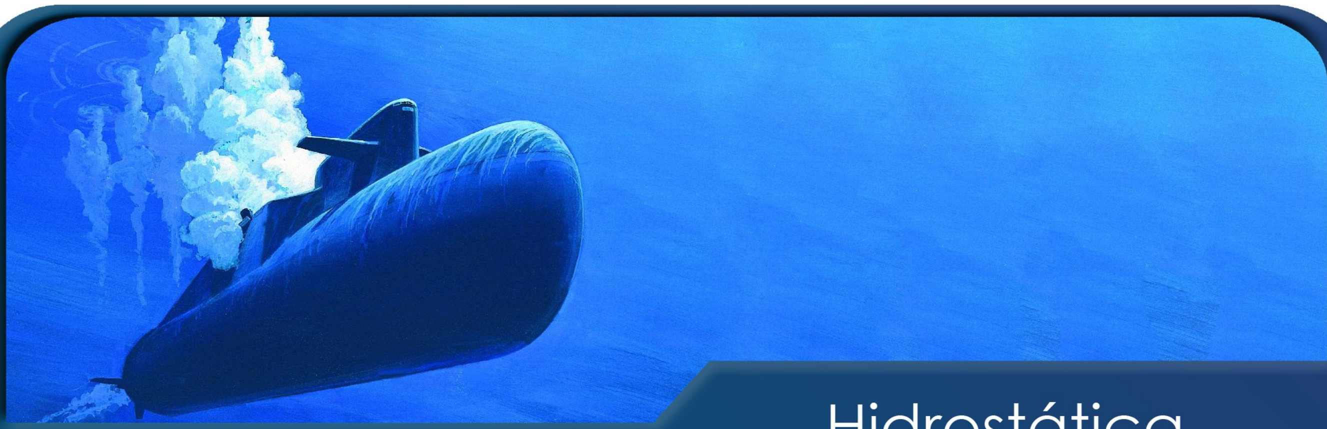
C) Sua velocidade é constante

D) Sua velocidade diminui de B para A

E) Sua velocidade aumenta de A para B



(A e B são pontos da trajetória)



Capítulo IV
Hidrostática

Pressão

Consideremos uma força $\vec{F}$ aplicada perpendicularmente a uma superfície com área A. Definimos a pressão (p) aplicada pela força sobre a área pela seguinte relação:

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

No SI , a unidade de pressão é o pascal (Pa) que corresponde a N/m^2 . A seguir apresenta outras unidades de pressão e suas relações com a unidade do SI :

1 dyn/cm^2 (bária) = 0,1 Pa

1 kgf/cm^2 = 1 Pa

1 atm = $1{,}1013 \times 10^5$ Pa

1 lb/pol^2 = $6{,}9 \times 10^3$ Pa

FIQUE ATENTO!

O conceito de pressão nos permite entender muitos dos fenômenos físicos que nos rodeiam. Por exemplo, para cortar um pedaço de pão, utilizamos o lado afiado da faca (menor área), pois, para uma mesma força, quanto menor a área, maior a pressão produzida.

Exemplo

Compare a pressão exercida, sobre o solo, por uma pessoa com massa de 80 kg, apoiada na ponta de um único pé, com a pressão produzida por um elefante, de 2.000 kg de massa, apoiado nas quatro patas. Considere de 10 cm^2 a área de contato da ponta do pé da pessoa, e de 400 cm^2 a área de contato de cada pata do elefante. Considere também g = 10 m/s^2 .ResoluçãoA pressão exercida pela pessoa no solo é dada pelo seu peso, dividido pela área da ponta do pé:

$$p_{pessoa} = \frac{mg}{A} = \frac{80.10}{10 \cdot 10^{-4}} = 8 \cdot 10^5 N/m^2$$

A pressão exercida pelo elefante é dada por:

$$p_{elefante} = \frac{mg}{4A} = \frac{2.000 \cdot 10}{4 \cdot 400 \cdot 10^{-4}} = 1{,}25 \cdot 10^5 N/m^2$$

Comparando as duas pressões, temos que a pressão exercida pela pessoa é 6,4 vezes a pressão exercida pelo elefante

Pressão Atmosférica e a Experiência de Torricelli

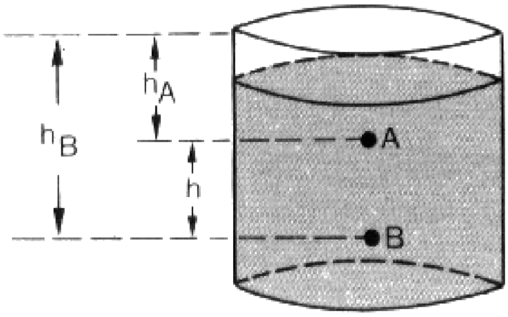
A atmosfera terrestre é composta por vários gases, que exercem uma pressão sobre a superfície da Terra. Essa pressão, denominada pressão atmosférica, depende da altitude do local, pois à medida que nos afastamos da superfície do planeta, o ar se torna cada vez mais rarefeito, e, portanto, exercendo uma pressão cada vez menor

Como a coluna de mercúrio que equilibra a pressão atmosférica é de 76 cm, dizemos que a pressão atmosférica ao nível do mar equivale à pressão de uma coluna de mercúrio de 76 cm. Lembrando que a pressão de uma coluna de líquido é dada por **dgh** (g = 9,8 m/s^2), temos no SI :

$$p_{ATM} @ 76cmHg = 760mmHg = 1{,}01x10^5 Pa$$

Principio fundamental da Hidrostática (Princípio de Stevin)

"A diferença entre as pressões em dois pontos considerados no seio de um líquido em equilíbrio (pressão no ponto mais profundo e a pressão no ponto menos profundo) vale o produto da massa especifica do líquido pelo módulo da aceleração da gravidade do local onde é feita a observação, pela diferença entre as profundidades consideradas."



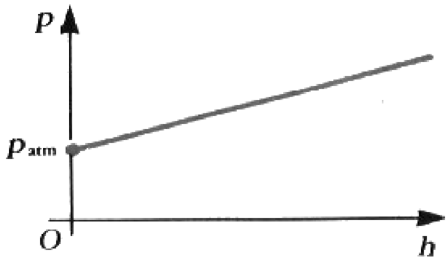
Simbolicamente:

$$p_A - p_B = dgh$$

A partir do Teorema de Stevin podemos concluir:

- A pressão aumenta com a profundidade. Para pontos situados na superfície livre, a pressão correspondente é igual à exercida pelo gás ou ar sobre ela. Se a superfície livre estiver ao ar atmosférico, a pressão correspondente será a pressão atmosférica, $\boldsymbol{p_{atm}}$

Na figura abaixo tem-se o gráfico da pressão p em função da profundidade h.

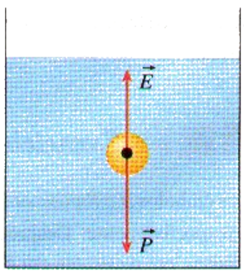


Pontos situados em um mesmo líquido e em uma mesma horizontal ficam submetidos à mesma pressão

A superfície livre dos líquidos em equilíbrio é horizontal

Princípio de Arquimedes (EMPUXO)

Contam os livros, que o sábio grego Arquimedes (282-212 AC) descobriu, enquanto tomava banho, que um corpo imerso na água se torna mais leve devido a uma força, exercida pelo líquido sobre o corpo, vertical e para cima, que alivia o peso do corpo. Essa força, do líquido sobre o corpo, é denominada **empuxo** ($\vec{E}$).



Portanto, num corpo que se encontra imerso em um líquido, agem duas forças: a força peso ($\vec{P}$) , devida à interação com o campo gravitacional terrestre, e a força de empuxo ($\vec{E}$) , devida à sua interação com o líquido.

Quando um corpo está totalmente imerso em um líquido, podemos ter as seguintes condições:

- se ele permanece parado no ponto onde foi colocada, a intensidade da força de empuxo é igual à intensidade da força peso **(E = P);**
- se ele afundar, a intensidade da força de empuxo é menor do que a intensidade da força peso **(E < P);**
- se ele for levado para a superfície, a intensidade da força de empuxo é maior do que a intensidade da força peso **(E > P)** .

Para saber qual das três situações irá ocorrer, devemos enunciar o princípio de Arquimedes:

Todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Seja V_f o volume de fluido deslocado pelo corpo. Então a massa do fluido deslocado é dada por:

$$m_f = d_f V_f$$

A intensidade do empuxo é igual à do peso dessa massa deslocada:

$$E = m_f g = d_f V_f g$$

Para corpos totalmente imersos, o volume de fluido deslocado é igual ao próprio volume do corpo. Neste caso, a intensidade do peso do corpo e do empuxo são dadas por:

$$P = d_c V_c g \text{ e } E = d_f V_c g$$

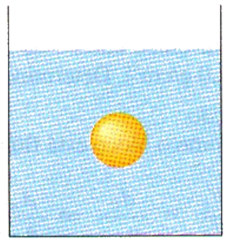
Comparando-se as duas expressões observamos que:

- se $d_c > d_f$, o corpo desce em movimento acelerado ($F_R = P - E$);
- se $d_c < d_f$, o corpo sobe em movimento acelerado ($F_R = E - P$);
- se $d_c = d_f$, o corpo encontra-se em equilíbrio.

Quando um corpo mais denso que um líquido é totalmente imerso nesse líquido, observamos que o valor do seu peso, dentro desse líquido , é aparentemente menor do que no ar. A diferença entre o valor do peso real e do peso aparente corresponde ao empuxo exercido pelo líquido:

$$P_{aparente} = P_{real} - E$$

Exemplo



Um objeto com massa de 10 kg e volume de 0,002 m^3 é colocado totalmente dentro da água (d = 1 kg/L).

a) Qual é o valor do peso do objeto ?

b) Qual é a intensidade da força de empuxo que a água exerce no objeto ?

c) Qual o valor do peso aparente do objeto ?

d) Desprezando o atrito com a água, determine a aceleração do objeto.

(Use $g = 10\ m/s^2$.)

Resolução

a) $P = mg = 10.10 = 100N$

b) $E = d_{água}V_{objeto}g = 1.000 \times 0,002 \times 10$ □ $E = 20N$

c) $P_{aparente} = P – E = 100 – 20 = 80N$

d) $F_R = P – E$ □ $a=8,0\ m/s^2$ (afundará, pois P > E)

Flutuação

Para um corpo flutuando em um líquido, temos as condições a seguir.

1) Ele encontra-se em equilíbrio:

$$\mathbf{E = P}$$

2) O volume de líquido que ele desloca é menor do que o seu volume:

$$\mathbf{V_{deslocado} < V_{corpo}}$$

3) Sua densidade é menor do que a densidade do líquido:

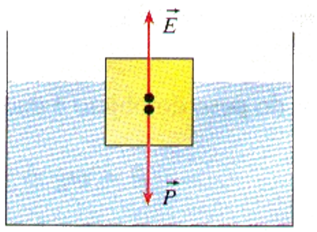
$$\mathbf{d_{corpo} < d_{líquido}}$$

4) O valor do peso aparente do corpo é nulo:

$$\mathbf{P_{aparente} = P – E = O}$$

A relação entre os volumes imerso e total do corpo é dada por:

$$\mathbf{E = P} \ □ \ \mathbf{d_{liquido}V_{imerso}g = d_{corpo}V_{corpo}g} \ □ \ \frac{V_{imerso}}{V_{corpo}} = \frac{d_{corpo}}{d_{liquido}}$$



Exemplo

Um bloco de madeira ($d_c = 0,65\ g/cm^3$), com 20 cm de aresta, flutua na água ($d_{agua} = 1,0\ g/c^3$) . Determine a altura do cubo que permanece dentro da água.

Resolução

Como o bloco está flutuando, temos que E = P e , sendo $\mathbf{V = A_{base}h}$, escrevemos:

$$\frac{V_{imerso}}{V_{corpo}} = \frac{d_{corpo}}{d_{liquido}} \square \quad \frac{A_{base}h_{imersa}}{A_{base}h_{corpo}} = \frac{0{,}65}{1{,}0}$$

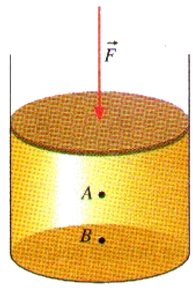
Como h_{corpo} = 20 cm, **então h_{imerso} = 13 cm**

Princípio de Pascal

O princípio físico que se aplica, por exemplo, aos elevadores hidráulicos dos postos de gasolina e ao sistema de freios e amortecedores, deve-se ao físico e matemático francês Blaise Pascal (1623-1662). Seu enunciado é:

O acréscimo de pressão produzido num líquido em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido.

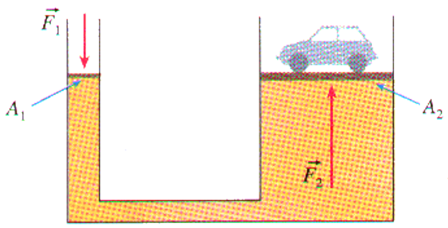
Consideremos um líquido em equilíbrio colocado em um recipiente. Vamos supor que as pressões hidrostáticas nos pontos A e B (veja a figura) sejam, respectivamente, 0,2 e 0,5 atm.



Se através de um êmbolo comprimirmos o líquido, produzindo uma pressão de 0,1 atm, todos os pontos do líquido , sofrerão o mesmo acréscimo de pressão. Portanto os pontos A e B apresentarão pressões de 0,3 atm e 0,6 atm, respectivamente.

As prensas hidráulicas em geral, sistemas multiplicadores de força, são construídos com base no Princípio de Pascal. Uma aplicação importante é encontrada nos freios hidráulicos usados em automóveis, caminhões, etc. Quando se exerce uma força no pedal, produz-se uma pressão que é transmitida integralmente para as rodas através de um líquido, no caso, o óleo.

A figura seguinte esquematiza uma das aplicações práticas da prensa hidráulica: o elevador de automóveis usado nos postos de gasolina.



O ar comprimido, empurrando o óleo no tubo estreito, produz um acréscimo de pressão (□ p), que pelo princípio de Pascal, se transmite integralmente para o tubo largo, onde se encontra o automóvel.

Sendo: $p_1 = p_2$ e lembrando que: $p = F/A$, escrevemos:

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

Como $A_2 > A_1$, temos $F_2 > F_1$, ou seja, a intensidade da força é diretamente proporcional à área do tubo. A prensa hidráulica é uma máquina que multiplica a força aplicada.

Por outro lado, admitindo-se que não existam perdas na máquina, o trabalho motor realizado pela força do ar comprimido é igual ao trabalho resistente realizado pelo peso do automóvel. Desse modo, os deslocamentos – o do automóvel e o do nível do óleo – são inversamente proporcionais às áreas dos tubos:

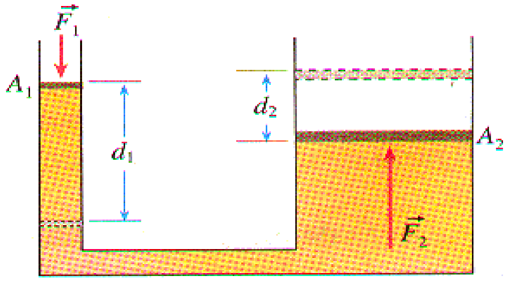
$t_1 = t_2$ è $F_1d_1 = F_2d_2$

Mas na prensa hidráulica ocorre o seguinte:

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

Comparando-se com a expressão anterior, obtemos:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

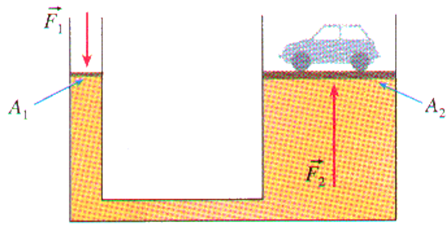


Exemplo

Na prensa hidráulica na figura , os diâmetros dos tubos 1 e 2 são , respectivamente, 4 cm e 20 cm. Sendo o peso do carro igual a 10 kN, determine:

a) a força que deve ser aplicada no tubo 1 para equlibrar o carro;

b) o deslocamento do nível de óleo no tubo 1, quando o carro sobe 20 cm.



Resolução

a) A área do tubo é dada por A = □ R^2 , sendo R o raio do tubo. Como o raio é igual a metade do diâmetro, temos $R_1 = 2$ cm e $R_2 = 10$ cm .

Como $R_2 = 5R_1$, a área A_2 é 25 vezes a área A_1 , pois a área é proporcional ao quadrado do raio. Portanto $A_2 = 25 A_1$.

Aplicando a equação da prensa, obtemos:

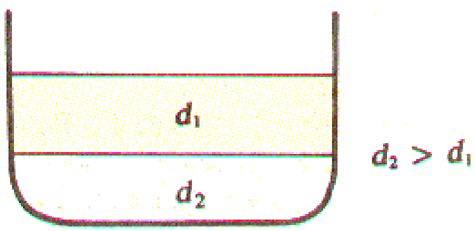
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{10.000}{25A_1} \Rightarrow \mathbf{F_1 = 400N}$$

b) Para obter o deslocamento d_1 aplicamos:

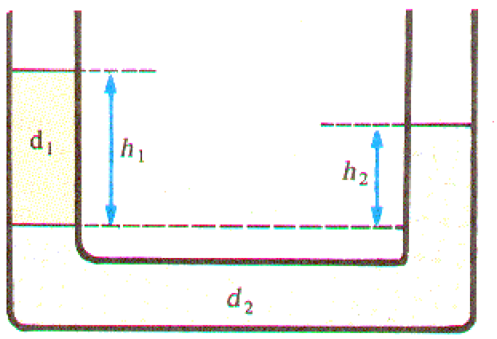
$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{20}{d_1} = \frac{A_1}{25A_1} \Rightarrow \mathbf{d_1 = 500\ cm\ (5,0\ m)}$$

Vasos Comunicantes

Quando dois líquidos que não se misturam (imiscíveis) são colocados num mesmo recipiente, eles se dispõem de modo que o líquido de maior densidade ocupe a parte de baixo e o de menor densidade a parte de cima (Figura 1) . A superfície de separação entre eles é horizontal.



Por exemplo, se o óleo e a água forem colocados com cuidado num recxipente, o óleo fica na parte superior porque é menos denso que a água, que permanece na parte inferior.Caso os líquidos imiscíveis sejam colocados num sistema constituídos por vasos comunicantes, como um tubo em U (Figura 2), eles se dispõem de modo que as alturas das colunas líquidas, medidas a partir da superfície de separação, sejam proporcionais às respectivas densidades.



Na Figura 2, sendo d_1 a densidade do líquido menos denso, d_2 a densidade do líquido mais denso, h_1 e h_2 as respectivas alturas das colunas, obtemos:

$$d_1h_1 = d_2h_2$$

Exemplo

Demonstre que líquidos imiscíveis colocados num tubo em U se dispõem de modo que as alturas, medidas a partir da superfície de separação, sejam inversamente proporcionais às respectivas densidades.Resolução:A pressão no ponto A é igual à pressão no ponto B (mesma horizontal e mesmo líquido):

$p_A = p_B$

Mas:

$p_A = p_{ATM} + d_1gh_1$

$p_B = p_{ATM} + d_2gh_2$

Assim:

$p_{ATM} + d_1gh_1 = p_{ATM} + d_2gh_2$

$d_1h_1 = d_2h_2$

QUESTÕES DO ENEM E VESTIBULARES

1 Dentro da água, as pessoas sentem-se mais leves em virtude da força exercida pela água sobre o corpo imerso. Essa força, descrita pelo princípio de Arquimedes, é denominada empuxo. É correto afirmar que:

A) a direção do empuxo pode ser horizontal.

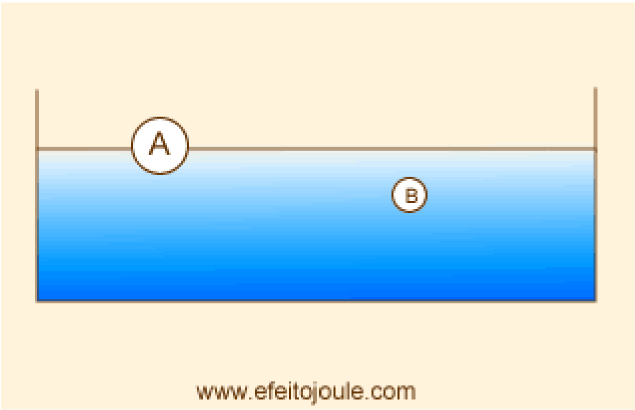
B) o empuxo é igual ao peso do corpo.

C) o empuxo é proporcional ao volume de água deslocado pelo corpo.

D) o empuxo é sempre menor que o peso do corpo.

---

2 (FATEC 2001) Duas esferas A e B, de mesma massa, mas de volumes diferentes, quando colocadas num tanque com água, ficam em equilíbrio nas posições indicadas:



Com relação a essa situação são feitas as seguintes afirmações:

I. Os pesos das duas esferas têm a mesma intensidade.

II. As densidades das duas esferas são iguais.

III. As duas esferas recebem da água empuxos de mesma intensidade.

Dentre essas afirmações está(ao) correta(s) apenas:

A) a I.

B) a II.

C) a III.

D) I e II.

E) I e III.