



FÍSICA

ÍNDICE

CAPITULO 01:DINÂMICA	164
CAPITULO 02: TRABALHO E ENERGIA	173
CAPITULO 03: CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.....	176
CAPITULO 04: IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO.....	178
CAPITULO 06: GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	181

PROFESSOR:

CAPITULO 01:DINÂMICA

1 – Leis de Newton

Força

Campo: que pode ser sentido à distância

Contato: que só “aparece” se algum contato prévio for estabelecido, como força de atrito e a reação normal, por exemplo.

Os principais efeitos de uma força são:
aceleração – altera a velocidade;
deformar os objetos.

Como medir uma força?

Assim como existe a balança para medir massa, existe o **dinamômetro** para medir força. O princípio fundamentado se baseia na LEI DE HOOKE:

Onde:

k –

x –

O k da mola é como se fosse sua “impressão digital”, isto é, cada mola tem o seu k . Note que, sendo k proporcional a F :
 Molas mais **duras** $\rightarrow >k$

Unidades (SI):

Força \rightarrow **Newton (N)**

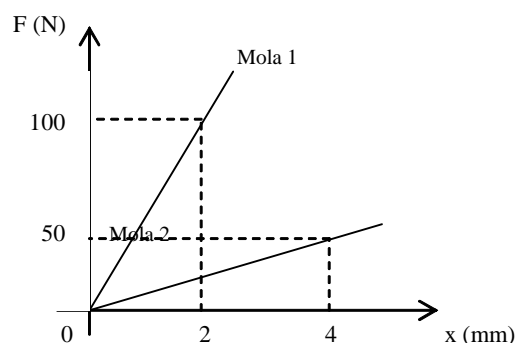
Cte elástica \rightarrow **N/m**

PARA RESOLVER:

1. Uma mola de 10cm de comprimento passa a medir 15cm quando se pendura em sua extremidade um tijolo. Qual será o seu novo comprimento ao se pendurar um conjunto de quatro tijolos?

2. Quando uma força de 20N, (equivalente a uma massa de aproximadamente 2kg) é aplicada a uma mola, verifica-se que esta distende de 0,5cm. Calcule a constante elástica da mola em unidades do SI.

3. O gráfico abaixo ilustra a deformação de duas molas, 1 e 2, em função da força aplicada a elas. Calcule, no SI, a constante elástica de cada uma. O que você diria da relação existente entre a constante de proporcionalidade da mola e o ângulo de inclinação do gráfico de cada mola.

Força Resultante (\vec{R})

É a força imaginária que, sozinha, provocaria o mesmo efeito (aceleração ou deformação) da ação combinada de todas as forças que atuam em um sistema, isto é:



A força resultante é a **soma vetorial** de todas as forças que agem no sistema:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \dots = \sum \vec{F}$$

Para se determinar a soma vetorial (ou resultante) de um sistema de vetores, basta seguir os seguintes passos:

1º passo - desenhar os vetores em sequência (“cabecinha na bundinha”);

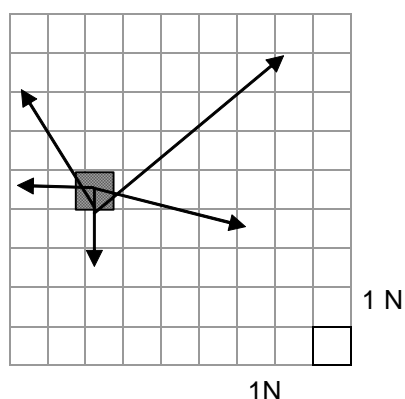
2º passo - marcar os pontos i e f .

3º passo - a resultante será o vetor que vai do ponto i para o ponto f , isto é:

$$\vec{R} = \vec{if}$$

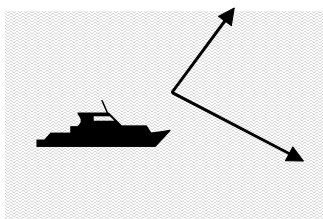
Obs.: É importante notar que a resultante independe da ordem em que se monta o polígono de vetores.

Exemplo: Um método simples e prático de se encontrar a resultante de um sistema de forças é o método da decomposição. Vejamos como este método funciona por meio de um exercício. Calcule a resultante das forças que agem na caixa da figura abaixo.



Quando se tem apenas duas forças, um outro método bastante útil é o método do paralelogramo, descrito no exemplo a seguir:

Exemplo: Dois homens arrastam um barco por meio de cordas perpendiculares entre si. Se as trações exercidas por elas nessas cordas são 30 N e 40 N, qual o valor da força resultante que arrasta o barco?



As Leis de Newton

Newton, com base nos trabalhos de Galileu, explicou de forma completa o movimento dos corpos, estabelecendo a relação entre a massa do corpo e seu movimento. Sua teoria “Princípios da Dinâmica” pode ser resumida nas chamadas três Leis de Newton.

CONCEITO DE INÉRCIA – É a tendência de um corpo manter seu estado de movimento; ou permanecer parado ($\mathbf{V} = \mathbf{0}$) ou permanecer se movendo com vetor velocidade constante ($\mathbf{V} = \text{constante}$). Assim, para se alterar o estado de movimento de um corpo é preciso vencer a sua inércia.

CONCEITO DE FORÇA – Qualquer influência sobre um corpo capaz de provocar uma alteração em seu estado de movimento. É a forma de interação, relacionamento, de um corpo com sua vizinhança.

CONCEITO DE MASSA – É uma propriedade intrínseca dos corpos (quantidade de matéria) que dá a medida de sua resistência à alteração de sua velocidade.

1.1 – 1ª Lei de Newton (ou Princípio da Inércia)

- ✓ “toda partícula em repouso tende a permanecer em repouso
- ✓ todo movimento tende a se transformar em MRU”.

Essa tendência ocorrerá de fato se $\mathbf{R} = \mathbf{0}$.

Há dois estados de equilíbrio ($R=0$):

- 1 – REPOUSO (equilíbrio estático)
- 2 – MRU (equilíbrio dinâmico)

Marque **V** ou **F**:

- () Pelo princípio da inércia, um corpo em repouso tende a permanecer em repouso. Porém ao abandonarmos um objeto de uma certa altura, ele acelera para baixo. Assim, esse fato contraria a 1ª lei de Newton.
- () Pelo princípio da inércia, todo movimento tende a se transformar em MRU. Porém, ao arremessarmos um carrinho ao longo de uma superfície horizontal, ele perde velocidade até parar. Assim, esse fato contraria a 1ª lei de Newton.
- () Ao arrancar o carro, as costas do motorista tendem a comprimir a poltrona.
- () Ao frear o carro, o corpo do motorista tende a se projetado para frente.
- () Ao realizar uma curva, o motorista do carro tende a “sair pela tangente”.
- () Uma partícula em MRU pode estar sujeita a ação de várias forças, desde que a resultante seja nula.
- () Um pára-quedista caindo a velocidade constante está sujeito a uma força resultante não nula para baixo.
- () Uma nave espacial pode se deslocar por muito tempo através do espaço interplanetário sem gastar uma única gota de combustível.
- () Uma partícula só permanece em equilíbrio se nenhuma força atuar sobre ela.
- () Uma partícula em equilíbrio está em repouso

1.2 – 3ª LEI DE NEWTON (ou Lei da “Ação e Reação”)

Se um corpo A, por exemplo, exerce uma força sobre um outro corpo B, este reage sobre aquele com uma força **igual** e **contrária**.

As forças de ação e reação aparecem sempre que dois corpos interagem (por contato ou por ação de um campo de forças), portanto são mútuas.

Essas forças possuem as seguintes características:

- ✓ As forças ocorrem sempre aos pares
- ✓ Ação e reação ocorrem ao mesmo tempo.
- ✓ Mesma intensidade;
- ✓ Mesma direção;
- ✓ Sentidos opostos;
- ✓ Atuam em corpos diferentes, portanto não se anulam ou se equilibram.

Referencial Inercial – As leis de Newton são válidas somente para referenciais em equilíbrio ($a = 0$), denominados inerciais, isto é: “Somente os observadores sem aceleração (em repouso ou MRU) podem aplicar as leis de Newton”

Ponto Material Isolado – Quando não existem forças agindo sobre um ponto material ou as forças que atuam têm soma vetorial nula.

Marque V ou F:

- () Só conseguimos empurrar um carro quando a ação supera a reação.
- () Um cavalo só consegue puxar uma carroça se a força que ele exerce sobre ela for maior do que a força que a carroça faz sobre o cavalo.
- () É por serem iguais e opostas que a ação e a reação se anulam.
- () Se um corpo exerce uma força sobre outro, este reage alguns segundos depois com uma força igual e contrária.
- () Uma pessoa consegue se elevar verticalmente puxando os próprios cabelos para cima.

Forças (Peso, Normal e Tração)

a) Peso

É a força de atração gravitacional que a “terra” exerce sobre os objetos.

- ✓ **Valor** (módulo ou intensidade):

$$P = mg$$

Onde:

m = massa (kg).

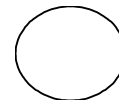
g = aceleração da gravidade ($\cong 10\text{m/s}^2$ na terra)

- ✓ **Direção:** Vertical.
- ✓ **Sentido:** para baixo, isto é, para o centro da terra

Peso e massa são grandezas distintas.

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

- A massa é uma grandeza constante.
- O peso do corpo depende do local onde é medido



Reação da força peso – Força que o corpo atrai a terra,

aplicada em seu centro, isto é:

b) Reação Normal (\vec{N})

Pelo princípio de ação e reação, se um corpo exerce uma **compressão** perpendicular sobre uma superfície, esta reage com uma força igual e contrária. Essa força de reação é denominada **reação normal**.

Dicas DIFERENCIAIS:

1 – Valor de \vec{N} : “cada caso é um caso” pois a compressão normal exercida sobre a superfície de apoio depende de diversos fatores, como por exemplo, da inclinação da mesma.

2 – Direção: sempre perpendicular à superfície.

3 – Sentido: contrário à compressão, pois:

Compressão – força que o bloco exerce sobre a superfície (ação).

Normal – força que a superfície exerce sobre o bloco (reação).

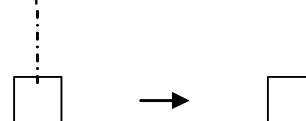
4 – A reação normal é uma força de contato (precisa haver compressão).

5 – Peso e Normal nunca constituem por ação-reação pois peso é uma força de campo e normal, de contato.

PARA RESOLVER:

1. Esboce a(s) força(s) **peso** e/ou **normal** atuando sobre um corpo nas seguintes situações.

a) Corpo em queda livre.



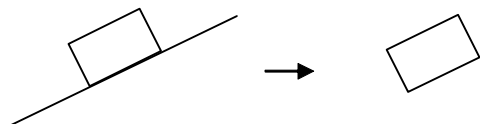
b) Bola de futebol, na altura máxima de um lançamento oblíquo, desprezando-se a resistência do ar.



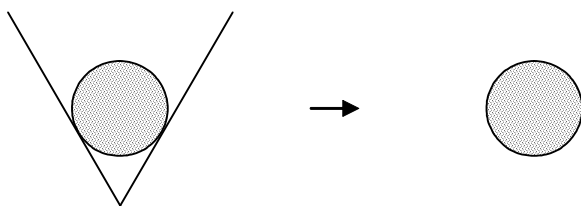
b) Bola de futebol, na altura máxima de um lançamento oblíquo, levando-se em conta a resistência do ar.



c) Corpo em repouso sobre uma superfície inclinada.



e) esfera encaixada em um cone.

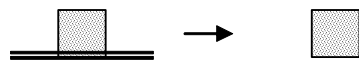


2. Faça o que se pede:

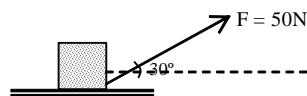
I – Faça o diagrama de forças sobre o bloco (de 5 kg) ilustrado na figura abaixo.

II – Aplique a 1ª lei de Newton para calcular, em cada caso, a intensidade da reação normal ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

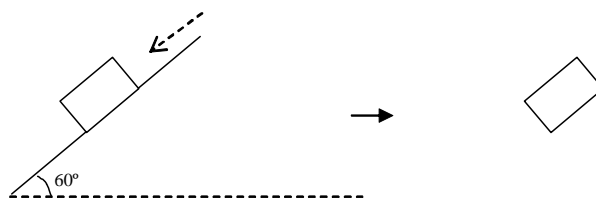
a) Bloco em repouso sobre uma superfície horizontal.



b) Bloco arrastado ao longo de um plano horizontal, por uma força $F = 50 \text{ N}$, aplicada a um cabo inclinado de 30° acima da horizontal.



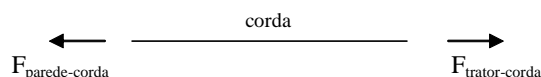
c) Bloco deslizando em um plano inclinado de 60° .



c) Tração em Cordas (\vec{T})

É a força responsável pelo estiramento da corda, isto é, é a força que esticaria uma mola caso ela fosse inserida na corda.

Pela 1ª lei de Newton, a força resultante sobre a corda deve ser nula (*repouso*), de modo que a força que o trator puxa a corda para a direita deve ser neutralizada pela força que a parede puxa a corda para a esquerda. Assim, nas condições de equilíbrio, a **tração (T)** em uma corda de peso desprezível tem o mesmo valor em ambas extremidades.

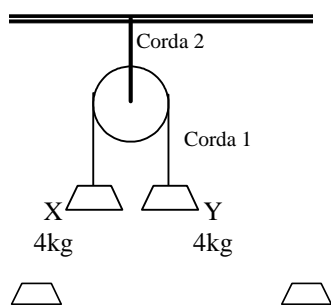


PARA RESOLVER:

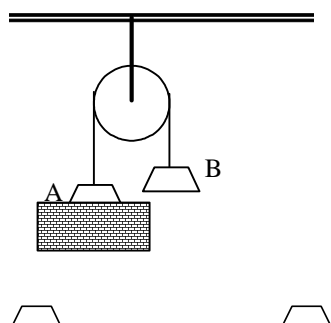
1. Calcule a tração na corda, de peso desprezível, da figura abaixo. Tome $g = 10 \text{ m/s}^2$.



2. Faça o diagrama de forças para os corpos X e Y, bem como para a roldana da figura. Usando a 1ª lei de Newton calcule as trações nas cordas 1 e 2.



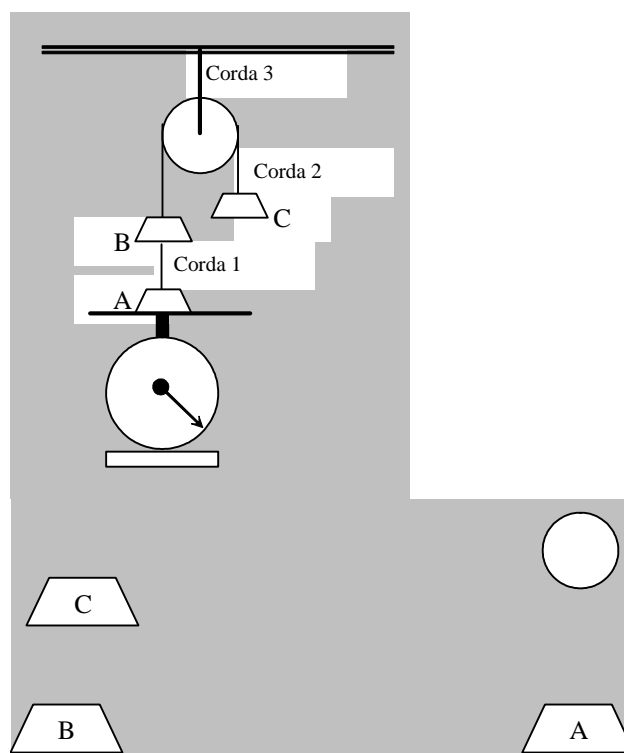
3. Segundo a montagem, onde $m_A = 4\text{kg}$ e $m_B = 3\text{kg}$, sendo $g = 10\text{m/s}^2$, calcule



- a tração na corda.
- a compressão que o corpo A exerce sobre a superfície.
- a tração no suporte da roldana.

4. Calcula o que se pede. $g = 10\text{m/s}^2$. Dados: $m_A = 5\text{kg}$, $m_B = 2\text{kg}$, $m_C = 3\text{kg}$,

- As trações nas três cordas.
- A reação normal que a balança exerce sobre o corpo.
- A leitura na balança.



Atrito ► Resistência que os corpos em contato oferecem ao movimento.

ORIGEM – Irregularidades entre as superfícies em contato (ação e reação).

ATRITO ESTÁTICO E CINÉTICO

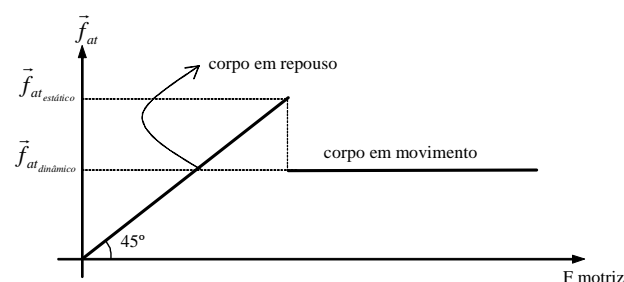
Você já deve ter percebido que, ao empurrar um carro, é mais difícil arranca-lo do repouso do que manter o seu movimento, isto é, a força de atrito diminui com o início do movimento. Enquanto o carro ainda está em repouso, a força de atrito a ser vencida é denominada:

Força de atrito estático (A_E)

e após o início do movimento, ela é denominada:

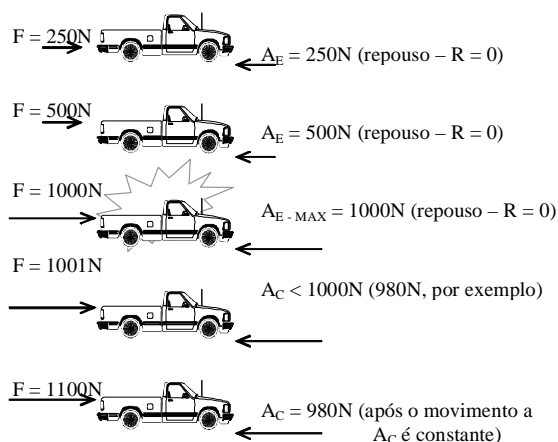
Força de atrito cinético (A_C)

Comparação entre $\vec{f}_{at\text{estático}}$ e $\vec{f}_{at\text{dinâmico}}$



Experiência:

Suponha que ao empurrar uma caminhonete sobre uma superfície horizontal, o movimento só se inicie quando o empurrão superar **1000N**, de modo que:



- Nos três primeiros casos, a força de atrito é denominada **atrito estático**.
- No 3º caso, quando o bloco está prestes a se movimentar, a **força de atrito estático** é **MÁXIMA**.
- Note que a **força de atrito estático** é **variável**.
- Se o empurrão supera a **força de atrito estático máxima**, a caminhonete entra em movimento e a força de atrito passa a ser chamada de **força de atrito cinético** (A_C).
- Verifica-se experimentalmente que:

$$A_C < A_{E-MAX}$$

- Verifica-se também que: $A_C = cte$.
O empurrão pode valer 1001N ou 2000N que o atrito cinético a ser vencido tem o mesmo valor: 980N.

Cálculo da Força de Atrito

Quanto maior for a **compressão** do bloco contra a superfície, mais eficientes se tornam os encaixes entre suas irregularidades e maior é o valor do atrito, logo: **$A \propto$ COMPRESSÃO**, mas a compressão e a reação normal tem o mesmo valor (ação e reação), de modo que: **$A \propto$ NORMAL**.

Para que a proporcionalidade se transforme em igualdade basta que se introduza uma constante de proporcionalidade μ , denominado **coeficiente de atrito**, isto é:

$$A = \mu N$$

Todo par de superfície apresenta, dependendo do estado de movimento do corpo, dois coeficientes de atrito: μ_e – coeficiente de atrito estático.

μ_c – coeficiente de atrito cinético.

Assim, dados os valores desses dois coeficientes, as forças de atrito podem ser calculadas por:

$$A_{e-máx} = \mu_e N \quad A_c = \mu_c N$$

Os coeficientes de atrito são grandezas **adimensionais** (sem unidade) compreendidas entre 0 e 1.

$$\mu_e > \mu_c$$

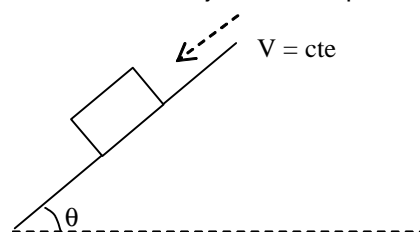
Para resolver:

1. Um bloco de 10N de peso repousa sobre uma mesa horizontal cujos coeficientes de atrito são 0,2 e 0,3.

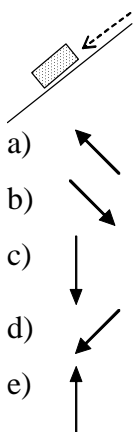
- Qual o valor da força de atrito exercida sobre o bloco quando ele simplesmente repousa sobre a mesa?
- Quanto vale a força horizontal mínima (empurrão) necessária para iniciar o movimento do bloco?
- Qual o valor da força de atrito após o início do movimento?
- Esse valor da força de atrito depende da velocidade do bloco?
- Voltando ao estado de repouso do bloco, quais serão os valores da força de atrito atuando sobre ele quando o empurrão horizontal for de 2N, 3N, 4N, 5N.
- Nesse instante, o que acontece com o bloco se o empurrão for mantido em 5N?
- e qual deve ser o valor da força horizontal mínima para manter o movimento do bloco?
- O que acontece se o empurrão é retirado subitamente?

(UFJF) Esboce o gráfico ATRITO x EMPURRÃO

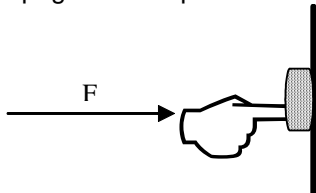
2. Um tijolo escorrega com velocidade constante ao longo de um plano inclinado de um ângulo θ com a horizontal. Qual o coeficiente de atrito cinético entre o tijolo e a rampa?



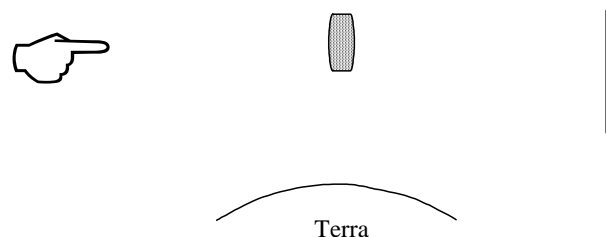
3. (UFV) Afigura abaixo mostra um tijolo deslizando com velocidade constante ao longo de uma tábua inclinada. A força que a TÁBUA EXERCE SOBRE O TIJOLO é melhor representada por:



4. (UFJF / UFOP - 98) Um apagador de 0,05kg, inicialmente em repouso, é pressionado contra um quadro negro por uma força horizontal constante F , como mostra a figura. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o apagador e o quadro são 0,4 e 0,3.



a) Desenhe o diagrama de forças para o apagador, identificando e escrevendo explicitamente os pares ação-reação (3ª lei de Newton) nos corpos em que eles atuam, usando a figura abaixo.



b) Calcule o valor mínimo da força F para que o apagador não caia (considere $g = 10\text{m/s}^2$).

1.3 – 2ª Lei de Newton (ou Princípio de massa)

Você já observou que, mesmo em uma superfície lisa e horizontal, sem atrito, é mais difícil promover um ganho de velocidade a um objeto pesado do que a um objeto leve?

Este fato pode ser perfeitamente compreendido sob a luz da 2ª LEI DE NEWTON que estabelece:

A resultante das forças que acelera um corpo equivale ao produto da massa do corpo pela aceleração adquirida por ele, isto é:

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

$$N \text{ (Newton)} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

PARA RESOLVER

Os problemas que serão analisados envolverão a presença e a ausência do atrito.

SEM ATRITO

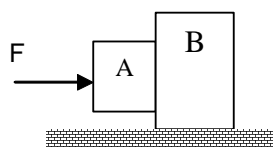
1. (UFMS) Um corpo de 4kg está em movimento retilíneo uniforme, com velocidade de 6 m/s. Qual o valor da força resultante agindo sobre ele?

2. (UNITAU-SP) Um corpo, inicialmente a 5 m/s, experimenta durante 5s, a ação de uma força de 15N, percorrendo 100m. Qual a massa do corpo?

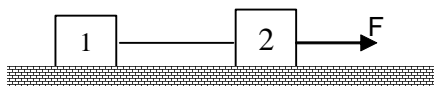
3. (PUC-RS) Duas forças opostas atuam sobre um corpo de 25kg de massa, imprimindo-lhe uma aceleração de 2 m/s^2 . Se uma delas vale 25N, qual o valor da outra?

4. (UFRS) A figura mostra dois corpos A e B, de massa $m_A = 2 \text{ kg}$ e $m_B = 3 \text{ kg}$, sendo empurrado por uma força $F = 10 \text{ N}$ sobre uma superfície sem atrito

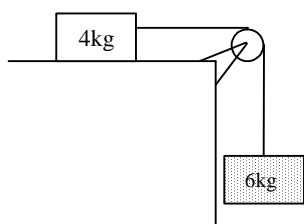
- Qual é a aceleração do conjunto?
- Qual é a força que o bloco A empurra o B para a direita?
- Qual é a força de resistência que o bloco B exerce sobre A para a esquerda?



5. (FUMEC) Supondo que não haja atrito, qual a tração no cabo que une duas massas $m_1 = 3\text{kg}$ e $m_2 = 2\text{kg}$, quando puxados por uma força de 10N, conforme mostrado na figura abaixo?

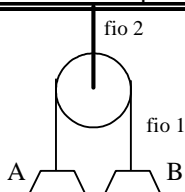


6. (UFV) Dado o sistema abaixo, considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e desprezando o atrito, calcule:



- a) a aceleração do sistema.
b) a tração no fio.

7. As massas dos blocos da figura abaixo são $m_A = 1 \text{ kg}$ e $m_B = 3 \text{ kg}$. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando-se qualquer atrito, calcule.







- a) a aceleração dos sistema.
b) a tração no fio 1.
c) a tração no fio 2.

8. Um homem, sobre uma balança no interior de um elevador parado no nível do solo, observa que sua massa é 80kg. Ao iniciar a ascensão, o elevador “arranca” acelerando ao longo dos 5 primeiros andares (3m / andar) em um intervalo de tempo de 10s. Enquanto isso, ele observa que o ponteiro da balança gira para a direita indicando “peso a mais”. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

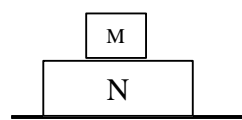
- a) Qual a aceleração do elevador.
b) Que massa a balança indica nesse intervalo de 10s?
c) Se o elevador sobe em movimento uniforme a partir do 6º andar, qual passa a ser a indicação da balança?





COM ATRITO

1. (UFMG) Um homem empurra uma caixa para a direita, com velocidade constante, sobre uma superfície horizontal. Desprezando a resistência do ar, o diagrama que melhor representa as forças que atuam no caixote é:

- a)  e) 
b)  d) 

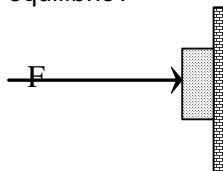
2. (UFMG) Dois blocos M e N, colocados um sobre o outro, estão se movendo para a direita com velocidade constante, sobre uma superfície horizontal sem atrito. Desprezando a resistência do ar, o diagrama que melhor representa as forças que atuam sobre o corpo M é:



- a)  e) 
b)  d) 

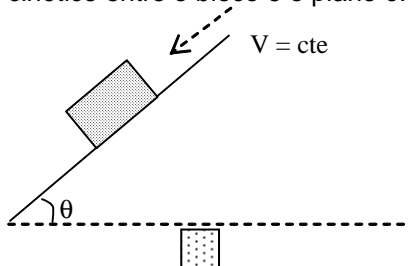
3. (PUC-PR) Um rapaz puxa um caixote de 40kg com uma força horizontal de 200N. O caixote se move com velocidade constante sobre uma superfície horizontal. Calcule o coeficiente de atrito entre eles ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

4. (PUC-Camp.) Na figura abaixo, o coeficiente de atrito estático entre o bloco, de 2,5kg, e a parede vale 0,2. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual o mínimo valor da força F para que o bloco permaneça em equilíbrio?



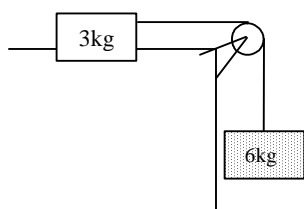
- a) 275N
b) 25N
c) 125N
d) 225N
e) 250N

5. (PUC-MG) Um bloco de peso P desce num plano inclinado com velocidade constante v. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é μ . Despreze a resistência do ar e considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. O módulo da força de atrito cinético entre o bloco e o plano é:



- a) $\mu P \tan \theta$
b) $\mu P \cos \theta$
c) $\mu P \sin \theta$
d) μP
e) $\mu P (\sin \theta + \cos \theta)$

6. (PUC-PR) O coeficiente de atrito entre o Bloco A e o apoio da figura abaixo é 0,5. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, a aceleração do sistema e tração no fio valem:



- a) 5 m/s^2 e 30 N
- b) 3 m/s^2 e 30 N
- c) 8 m/s^2 e 80 N
- d) 2 m/s^2 e 100 N
- e) 6 m/s^2 e 60 N

Força Centrípeta

Quando um móvel realiza uma curva, mesmo que ele não ganhe nem perca velocidade, é necessário uma *força resultante não nula para curvar a trajetória do móvel*. Esta força é denominada **força centrípeta**.

Ao realizar uma trajetória curvilínea, um móvel pode estar sujeito a dois tipos de aceleração:

✓ **Aceleração tangencial** -

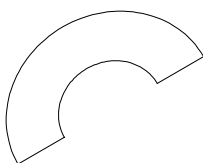
$$a_T = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

✓ **Aceleração centrípeta** -

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

Mas pela 2ª lei de Newton:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \Rightarrow \begin{cases} F_T = ma_T = m \frac{\Delta V}{\Delta T} \\ F_C = ma_C = m \frac{v^2}{r} \end{cases}$$



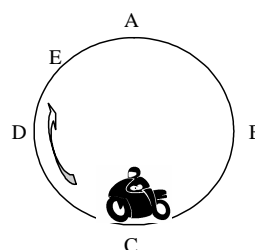
As componentes F_T e F_C , perpendiculares entre si, são denominadas resultante tangencial e força centrípeta, respectivamente.

Esquema: “Vetores associados a essas grandezas”.

PARA RESOLVER:

1. **(FCMMG)** Um motociclista descreve um globo da morte (veja figura) em movimento uniforme, no sentido indicado. Os vetores a seguir, usados para representar grandezas relacionadas com

este movimento, nos diversos pontos da trajetória, estão corretos, EXCETO:



- a) velocidade do motociclista em B.
- d) força resultante sobre o globo quando o
- e) aceleração do motociclista em E.
- c) força resultante do motociclista em A
- otociclista passa em C
- b) aceleração do motociclista em D

2. **(UFMG)** Quando um carro se desloca numa estrada horizontal, seu peso P é anulado pela reação normal N exercida pela estrada. Quando esse carro passa no alto de uma lombada, sem perder o contato com a pista, como mostra a figura, seu peso será representado por P' e a reação normal da pista sobre ele, por N' , com relação aos módulos dessas forças, pode-se afirmar que:

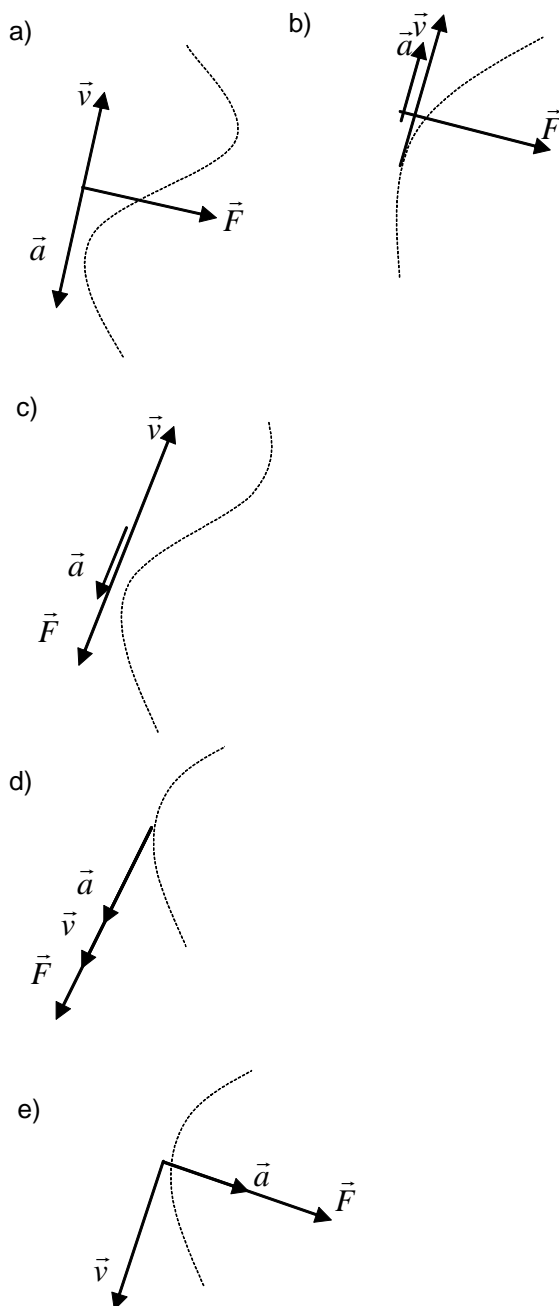


- a) $P' < P$ e $N' = N$
- b) $P' < P$ e $N' > N$
- c) $P' = P$ e $N' < N$
- d) $P' = P$ e $N' > N$
- e) $P' > P$ e $N' < N$

3. **(FATEC)** Uma esfera de 2 kg de massa oscila num plano vertical, suspensa por um fio leve e inextensível (ideal) de 1 m de comprimento. Ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória, sua velocidade é de 2 m/s . Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, a tração no fio nesse ponto é, em N :

- a) 2
- b) 8
- c) 12
- d) 20
- e) 28

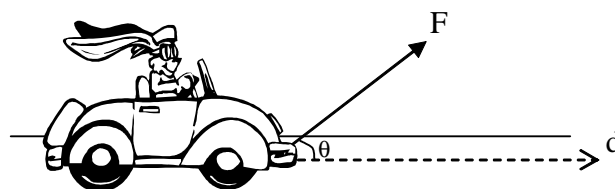
4. **(ITA)** Seja \vec{F} a resultante das forças aplicadas a uma partícula de massa m , velocidade \vec{v} e aceleração \vec{a} . Se a partícula descrever uma trajetória plana inclinada pela curva tracejada em cada um dos esquemas abaixo, segue-se que aquele que relaciona corretamente os vetores coplanares \vec{v} , \vec{a} e \vec{F} é:



CAPITULO 02: TRABALHO E ENERGIA

a) Trabalho de uma força constante

Quando uma força \vec{F} constante produz um deslocamento \vec{d} sobre um objeto, o **trabalho** realizado pela força sobre o objeto é a **grandeza escalar** definida por:



Comentário:

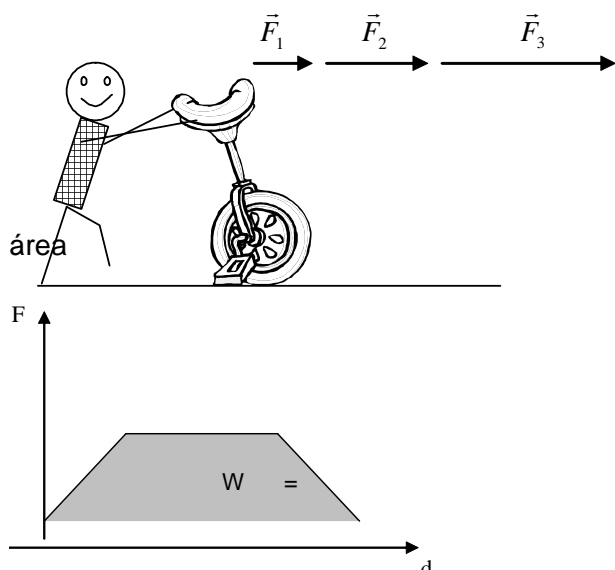
- O sinal de W depende do sinal de $\cos\theta$ (+, - ou nulo).
- Essa expressão só é válida se \vec{F} é constante em módulo, direção e sentido.
- $W > 0$ – trabalho MOTOR ou IMPULSIVO.
 $W < 0$ – trabalho RESISTENTE.
- Unidade S.I.: $N.m = J$ (Joule).

Exercício: Uma caixa de 10kg é arrastada por 5m, ao longo de uma superfície horizontal, através de uma força $F = 100N$. A direção da força é inclinada de 37° acima da horizontal (sem $37^\circ = 0,6$ e $\cos 37^\circ = 0,8$). Sendo o coeficiente de atrito cinético $\mu = 0,2$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

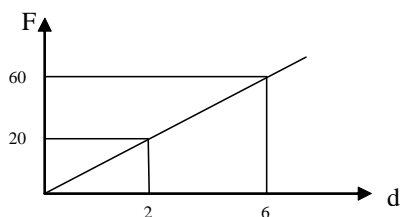
- o trabalho da força F (ele é motor ou resistente?).
- os trabalhos das forças peso e reação normal.
- o trabalho da força de atrito (ele é motor ou resistente?).
- o trabalho da força resultante (ele é motor ou resistente?).

b) Trabalho de uma força variável

Quando a força deixa de ser constante, a equação anterior para o cálculo do trabalho não é mais válida. Nesses casos, quando a força é paralela ao deslocamento, variando apenas em intensidade (módulo), como mostra a figura, o trabalho pode ser obtido pela área do gráfico $F \times d$, isto é:

**Exercício:**

(PUC-CAMPINAS) Um corpo está em movimento uniforme sob a ação de uma força de valor variável. O valor F dessa força está representado no gráfico abaixo, em função do deslocamento d . O trabalho realizado por essa força no trecho $d = 2\text{m}$ a $d = 6\text{m}$ é, em Joules:



- a) 40
- b) 90
- c) 120
- d) 160
- e) 360

c) Trabalho da força peso (W_P)

Imagine um corpo caindo de uma altura h_i para uma altura h_f , conforme mostra a figura:



O trabalho realizado pela força peso durante o deslocamento d é:

Exercício: Estime o trabalho realizado pela força peso de um homem, de 70kg, após descer 5 andares de um prédio:

- a) pela escada
- b) por meio de uma corda vertical.

Diferenciais Conclusões:

- Trabalho da força peso INDEPENDENTE da trajetória.
- Forças cujos trabalhos independem das trajetórias são denominadas:

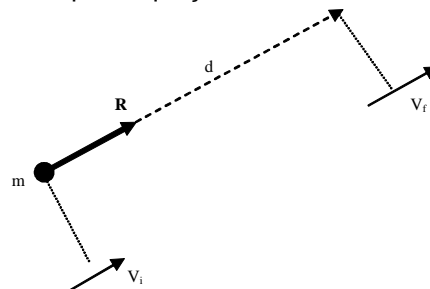
FORÇAS CONSERVATIVAS

Exercício: (PUC-RS) Um corpo de 5kg é levantado verticalmente, com velocidade constante, a uma altura de 5m. Sendo $g = 10\text{m/s}^2$, o trabalho realizado pela força peso do corpo durante esse levantamento, vale:

- a) 250 J
- b) - 250 J
- c) 25 J
- d) - 25 J
- e) 5 J

d) Trabalho da força resultante (W_R)

Se a resultante das forças que agem sobre um corpo é constante e tem o mesmo sentido do deslocamento, temos: $W_R = \mathbf{R} \cdot d \cdot \cos 0^\circ = \mathbf{ma} \cdot d$, mas, pela equação de Torricelli:



Conclusão:

O termo $\mathbf{mv}^2/2$ é denominado **energia cinética**. Este é um dos resultados **mais importantes da física** e, por isso, é muito cobrado em vestibulares.

PARA RESOLVER:

1. **(UFRGS)** Um carrinho de 5 kg de massa se move horizontalmente em linha reta a 6 m/s. O trabalho necessário para alterar sua velocidade para 10 m/s deve ser em joules:

2. Um corpo de 2kg, inicialmente em repouso, é puxado sobre uma superfície horizontal sem atrito por uma força constante, também horizontal, de 4N. Qual será sua energia cinética após percorrer 5 m?

e) Trabalho da força elástica (W_e)

Ao pressionarmos uma mola, “gasta-se” mais força, à medida que ela comprime, para continuar o processo de compressão pois:

$$\mathbf{F = kx} \quad : \quad \Delta x \Rightarrow \Delta F$$

Assim, se a força elástica exigida numa compressão varia linearmente com a deformação x , conforme mostra a figura abaixo, e o seu trabalho deve ser calculado por:



PARA RESOLVER:

1. (EMS) Considere as seguintes afirmações:

- I) O trabalho realizado pela força peso de um corpo não depende da trajetória seguida pelo corpo.
- II) O trabalho realizado pela força elástica de uma mola é proporcional à deformação da mola.
- III) O trabalho de uma força é igual à variação da energia cinética do corpo em que atua.

Dentre essas afirmações somente:

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

2. Ao se pendurar uma carga de 200g na extremidade de uma mola, verifica-se que ela estica de 2cm. Qual a força e o trabalho necessário para distendê-la de: $x = 5\text{cm}$ e $x = 10\text{cm}$

f) Energia

Calcular o trabalho realizado sobre um corpo significa calcular a **energia** transferida a ele.

Assim, a unidade de energia é a mesma de trabalho: **Joule (J)**

g) Energia Mecânica

São de três formas:

- Energia Cinética (E_c)
- Energia Potencial Gravitacional (E_g)
- Energia Potencial Elástica (E_e)

Energia Cinética (E_c)

É a energia associada ao movimento de um corpo.

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Exercício: (UFOP) Os componentes horizontal e vertical da velocidade inicial de um projétil de massa $m = 10^{-2} \text{ kg}$ são $v_{ox} = 400\text{m/s}$ e $v_{oy} = 300\text{m/s}$, respectivamente. No ponto mais elevado da trajetória, a sua energia cinética é:

- a) 0 J
- b) 450 J
- c) 800 J
- d) 1250 J
- e) 2950 J

Energia Potencial Gravitacional (E_g)

É a energia associada à “altura” dos objetos. Ao erguermos um corpo de uma altura h , devemos exercer uma força vertical para cima sobre ele, no mínimo igual ao seu peso próprio. Todavia, sabemos que o trabalho realizado contra essa força é dado por **mgh**. Então, se esse trabalho é convertido em energia potencial gravitacional, temos:

$$E_g = mgh$$

Exercícios:

1. (FUVEST) Um ciclista desce uma ladeira com forte vento contrário. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que sua:

- a) energia cinética está aumentando.
- b) energia cinética está diminuindo.
- c) energia potencial gravitacional está aumentando.
- d) energia potencial gravitacional está diminuindo.
- e) energia potencial gravitacional é constante.

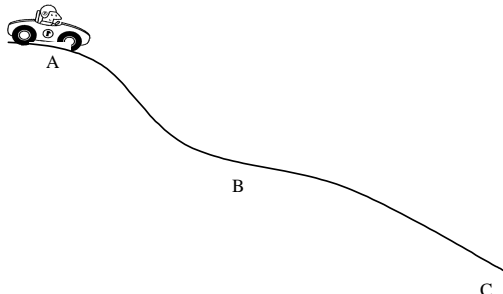
Energia Potencial Elástica (E_e)

É a energia armazenada nos objetos elásticos (molas, por exemplo) quando deformados. Sabemos que o trabalho “gasto” para provocar uma deformação x é igual a **$kx^2/2$** , em que **k** é a constante elástica da mola. Logo, a energia potencial elástica armazenada por uma mola comprimida ou distendida é dada por:

$$E_e = \frac{kx^2}{2}$$

CAPITULO 03: CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

Imagine o esquema abaixo:



A medida que o carro desce, passando pelos pontos B, C, ..., ele ganha velocidade, de modo que a sua energia cinética aumenta. Porém, este ganho não ocorre gratuitamente pois, em compensação, ele perde altura, isto é, sua energia potencial gravitacional diminui. Note então que há um compromisso entre essas duas formas de energia, isto é:

$$E_g \downarrow \Rightarrow E_c \uparrow$$

Se a perda de energia gravitacional é compensada pelo ganho de energia cinética, não há saldo negativo nem positivo de energia e portanto, a **energia mecânica** (soma da cinética com a potencial) deve permanecer constante. Porém, é claro que esse princípio de conservação só ocorrerá de fato se:

- Não houver ATRITO pois senão o carro não ganharia a devida velocidade.
- Não houver FORÇAS EXTERNAS.

Conclusão:

Na ausência de $\begin{cases} 1 - \text{atrito} \\ 2 - \text{forças externas} \end{cases}$

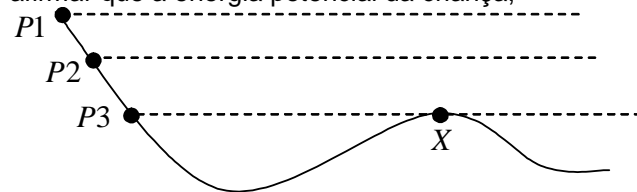
a ENERGIA MECÂNICA se conserva, isto é:

$$E_M(A) = E_M(B) = E_M(C) = \dots$$

Exercícios:

1. (UFMG) A figura abaixo representa um escorregador, onde a criança escorrega sem impulso inicial. Se ela sair da posição P1, ultrapassa a posição X; se sair de P2, pára em X e, se sair de P3, não chega a X.

Com relação a essa situação é correto afirmar que a energia potencial da criança,



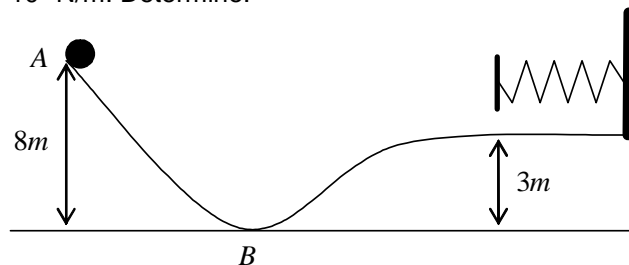
- em P2, é igual à sua energia potencial em X.
- em P3, é igual à sua energia potencial em X.
- em P3, é maior que em X.
- em P1, é igual à soma de suas energias potencial em cinética em X.

2. (UFV) Uma pedra é lançada obliquamente com velocidade inicial de 10 m/s. Desprezando as forças dissipativas e considerando a aceleração da gravidade 10 m/s², a velocidade da pedra ao atingir a altura de 1,8 m acima do ponto de lançamento, em m/s, será:



- 6,0
- 9,0
- 7,0
- 10,0
- 8,0

3. (UFMG) A figura a seguir representa uma pista perfeitamente lisa, no plano vertical, onde deve mover uma bola de 4,0 kg, liberada do repouso em A. Na plataforma mostrada à direita se encontra uma mola de constante elástica $k = 2,0 \cdot 10^3$ N/m. Determine:



- A velocidade da bola em B.
- A compressão máxima produzida pelo impacto da bola contra a mola.

4. (PUC – SP) Um objeto de 2,5kg cai verticalmente, sem velocidade inicial, de uma altura de 4m e bate numa mola presa ao chão, cuja constante elástica é $k = 2000$ N/m. Durante o choque, 60 J de energia são dissipadas. A deformação máxima sofrida pela mola é, em metros, de:

- 0,04
- 0,10
- 0,02
- 0,20
- 0,01

5. (UFV) Uma bola de massa m , abandonada a partir do repouso de uma altura h_1 , colide com o piso e retorna a uma altura h_2 . Sendo g a aceleração da gravidade, a energia dissipada devido à colisão e ao atrito com o ar é:

- a) $\frac{mg(h_1 - h_2)}{2}$
- b) mgh_2
- c) mgh_1
- d) $mg(h_2 - h_1)$
- e) $\frac{mg(h_1 + h_2)}{2}$

h) Potência Mecânica

Imagine um carro em repouso sobre uma pista horizontal. Se o motorista acelera durante um intervalo de tempo Δt , o carro ganhará certa velocidade, isto é, uma energia cinética ΔE . Quanto mais energia, em menos tempo, ele ganhar, maior será a potência do carro, ou seja, a **potência** do carro é a taxa com que ele ganha energia:

$$P_{ot} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Unidades:

$$\text{Joule} / \text{segundo} = \text{J} / \text{s} = \text{W}$$

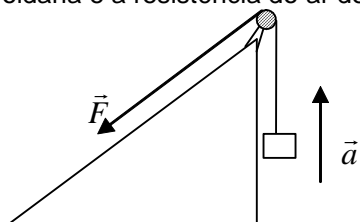
$$1 \text{ CV} = 735 \text{ W}$$

PARA RESOLVER

1. (Unicamp) Um automóvel recentemente lançado pela indústria brasileira tem aproximadamente 1500kg e pode acelerar, do repouso até uma velocidade de 108 km/h, em 10 s (Fonte: Revista Quatro Rodas, agosto / 92).

- a) Qual o trabalho realizado nessa aceleração?
- b) Qual a potência do carro em CV?

2. (UFLA) Um bloco de 1,0kg é tracionado, a partir do repouso, por um fio que passa por uma roldana, sendo deslocado por 2m com aceleração constante de $1,0\text{ms}^{-2}$, conforme a figura. Supondo $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, e admitindo-se o atrito do fio com a roldana e a resistência do ar desprezível, calcule:



- a) O módulo de \vec{F} .
- b) O trabalho realizado pela força F ao longo do deslocamento de 2m.

- c) A energia cinética do bloco no instante $t = 2,0\text{s}$.
- d) A potência da Força F no instante $t = 2,0\text{s}$.

Exercícios Legais

1. (UFV) A figura abaixo representa um esquiador que, partindo do repouso, desliza sem atrito entre os pontos A e B de uma rampa. Sendo \vec{g} a aceleração da gravidade, o módulo da velocidade do esquiador, ao abandonar a rampa, será:

- a) $\sqrt{\frac{|\vec{g}|}{2}}(h_2 - h_1)$
- b) $\frac{1}{2}\sqrt{|\vec{g}|}(h_2 - h_1)$
- c) $2\sqrt{|\vec{g}|}(h_2 - h_1)$
- d) $\sqrt{2|\vec{g}|}(h_2 - h_1)$
- e) $\sqrt{\frac{|\vec{g}|}{2}}(h_1 - h_2)$

2. (UFV) Um pai puxa o balanço da filha até encosta-lo em seu rosto, solta-o e permanece parado, sem receio de ser atingido pelo brinquedo quando ele retornar à posição inicial. Tal segurança se fundamenta na:

(Watt)

- a) Primeira Lei
- b) Conservação da energia mecânica.
- c) Segunda Lei de Newton.
- d) Lei da Ação e Reação.
- e) Lei da Gravitação Universal.

CAPITULO 04: IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

1 – Impulso (\vec{I})

Para impulsionar um objeto (provocar variação em sua velocidade), é necessário:

- ✓ A aplicação de uma força \vec{F}
- ✓ Durante um certo intervalo de tempo Δt

Quanto mais longo for o intervalo de tempo de aplicação da força, mais alterações na velocidade irão ocorrer. Quantitativamente, o impulso pode ser avaliado da seguinte forma:

a) Impulso de uma força constante

Caso a força permaneça constante (em módulo, direção e sentido) durante a impulsão, o IMPULSO é definido como:

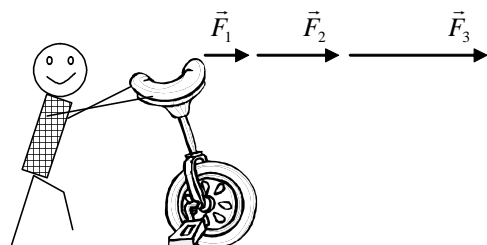
$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$$

Note que:

- \vec{I} é um vetor sempre paralelo a \vec{F} .
- Unidade de IMPULSO (SI): N.s

b) Impulso de uma força variável

Quando a força deixa de ser constante, a equação anterior não vale mais. Nesse caso, quando a força varia apenas em intensidade (módulo), preservando a direção, como no esquema, o módulo do impulso pode ser obtido pela área do gráfico $F \times t$, conforme mostra a figura abaixo:



2 – Teorema do Impulso

Supondo constante a força resultante que age sobre uma partícula, tem-se: $\vec{I}_R = \vec{R} \cdot \Delta t$.

Então, usando $\vec{R} = m\vec{a}$, temos:

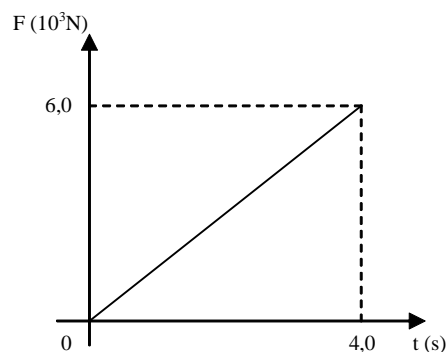
Teorema do impulso: O impulso resultante comunicado a um corpo, num dado intervalo de tempo, é igual à variação na quantidade de movimento desse corpo, no mesmo intervalo de tempo.

PARA RESOLVER

1. (**Mogi – SP**) Uma bola de beisebol, de 0,145kg é atirada por um lançador a 30 m/s. O bastão do rebatedor toma contato com ele durante 0,01s, dando a ela uma velocidade de módulo 40m/s no sentido do lançador. A força média aplicada pelo bastão sobre a bola é de:

- a) 0,101N
- b) 1,45N
- c) 14,5N
- d) 145N
- e) 1,015N

2. (**PUC – MG**) Um automóvel de 1200kg parte do repouso sob a ação de uma força (feita pelo motor), que varia com o tempo conforme o gráfico abaixo. Desprezando-se as forças dissipativas, a velocidade que o automóvel alcança em m/s, é:



- a) 6,0
- b) 12
- c) 8,0
- d) 20
- e) 10

3. Uma partícula de massa $m = 1,0 \text{ kg}$ descreve um quarto de uma circunferência; no início desse trecho o módulo da velocidade é $v_1 = 3,0 \text{ m/s}$ e no fim do mesmo $v_2 = 4,0 \text{ m/s}$. Se o movimento dura $0,2 \text{ s}$, qual a intensidade média da força que atua sobre essa partícula?

3 – Quantidade de Movimento (\vec{Q})

Se um automóvel e um caminhão, ambos a 80 km/h , colidem cada um com um poste igual, o efeito dessa colisão é o mesmo para os dois veículos?

Sabemos que o efeito dessa colisão será maior para o caminhão, pois este tem massa maior que a do carro.

Em dois veículos iguais (mesma massa) colidindo numa parede, um a 80 km/h e o outro a 60 km/h , em qual deles o efeito da colisão será maior?

Logicamente, o estrago será maior no carro a 80 km/h .

A *quantidade de movimento* (ou **momento linear**) de um móvel não depende somente de sua velocidade, mas também de sua massa. A *quantidade de movimento* é o vetor definido por:

$$\vec{Q} = m\vec{v}$$

Note que:

- \vec{Q} é um vetor sempre paralelo a \vec{v} .
- Unidade (SI): **kg.m/s**.
- A quantidade de movimento de um sistema constituído por 1, 2, 3, ... partículas é a **soma vetorial** da quantidade de movimento de cada uma, isto é:

$$\vec{Q} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \dots$$

Exercício:

Uma partícula se desloca em MCU. Qual das grandezas relacionadas abaixo permanece constante durante o seu movimento?

- velocidade
- aceleração
- quantidade de movimento
- força resultante
- energia cinética

4 – Sistema Isolado

Quando sobre cada partícula de um sistema a resultante das forças externas é nula, isto é, todos os pares ação-reação são internos ao sistema. Isto pode ocorrer em colisões ou em explosões.

5 – Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento

Chamaremos de sistema isolado a todo sistema (conjunto de corpo) no qual a resultante das forças externas que atuam sobre o mesmo for nula.

Para tais sistemas, enunciamos o seguinte princípio:

Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento: Num sistema isolado, a quantidade de movimento permanece constante.

Isto é:

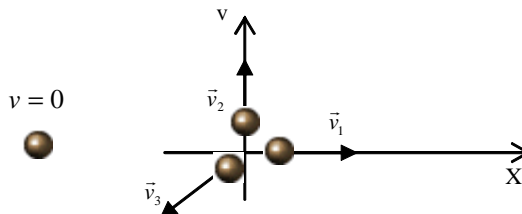
$$\vec{Q}_i = \vec{Q}_f$$

ATENÇÃO: Sendo a quantidade de movimento uma grandeza vetorial, se ela for constante não varia seu módulo, direção e sentido.

Muitas vezes, aplicaremos este princípio a situações nas quais a resultante das forças externas não é necessariamente nula. Para tanto, consideraremos as forças internas muito mais intensas do que as externas. Caso típico: disparos de fuzil; explosões de uma granada etc.

Exercícios:

1. Dois patinadores A e B, de massa $m_A = 60 \text{ kg}$ e $m_B = 80 \text{ kg}$, encontram-se inicialmente em repouso sobre uma superfície plana e horizontal. O patinador A empurra B, que passa a se deslocar com velocidade $v_B = 12 \text{ m/s}$. Determine a velocidade de A após o empurrão (despreze todos os atritos).



2. Uma partícula de massa $m = 1,0 \text{ kg}$, inicialmente em repouso, explode, dividindo-se em três pedaços; dois pedaços de massa $m_1 = 200 \text{ g}$ e $m_2 = 400 \text{ g}$, adquirem velocidades de 300 m/s e 200 m/s , respectivamente, de direções perpendiculares entre si. Determine o módulo, a direção e o sentido da velocidade do terceiro estilhaço.

3. (UFV) Um trenó, com massa total de 250 kg, desliza no gelo à velocidade de 10m/s. Se o seu condutor atira para trás 50kg de carga à velocidade de 10 m/s, a nova velocidade do trenó será, em m/s, de:

6 – Choque Mecânico

O problema básico proposto é a determinação da velocidade de dois corpos, após a colisão entre eles. Para tanto, a hipótese a ser considerada é a de que os corpos que colidem constituem um sistema isolado (a resultante das forças externas ao sistema é nula).

Para que possamos determinar sua velocidade após o choque, devemos conhecer:

- as massas (ou a relação entre elas);
- suas velocidades antes do choque;
- o tipo de choque.

Como regra geral, trataremos da colisão entre duas partículas; se quisermos obter suas velocidades após o choque, deveremos ser capazes de montar um sistema de duas equações a duas incógnitas.

Essas equações serão montadas a partir de condições impostas em função do tipo de choque analisado, como veremos a seguir.

6.1 – Classificação das Colisões

a) Colisão Perfeitamente Inelástica

É aquela em que os corpos permanecem juntos após a colisão.

Uma vez que todas as colisões são praticamente instantâneas, as forças externas durante uma colisão são desprezíveis, de modo que a quantidade de movimento se conserva em qualquer tipo de colisão:

$$Q_i = Q_f$$

Porém, o mesmo não se pode dizer para a ENERGIA MECÂNICA, pois durante uma colisão perfeitamente inelástica há muitas perdas de energia, principalmente sob a forma de: som, calor e deformação.

$$E_{Mi} > E_{Mf}$$

PARA RESOLVER

1. (UFV) Considere uma colisão inelástica de corpos na ausência de forças externas. Com relação à energia mecânica e à quantidade de movimento (momento linear), é CORRETO afirmar que:

a) apenas a quantidade de movimento se conserva.

b) ambas se conservam.

c) apenas a energia mecânica se conserva.

d) ambas não se conservam.

e) ambas só se conservam em choques unidimensionais.

2. (UFMG) Um automóvel de 1,0 tonelada colidiu frontalmente com um caminhão de 9,0 toneladas. A velocidade do automóvel era de 80 km/h pra à direita e a do caminhão, de 40 km/h para a esquerda. Após a colisão, os dois veículos permanecem juntos. Determine a velocidade do conjunto caminhão mais automóvel logo após a colisão.

a) Colisão Perfeitamente Elástica

É a colisão hipotética em que os corpos se chocam e “repicam” sem perda de energia, como por exemplo:

ANTES

DEPOIS

É importante observar que a quantidade de movimento deve se conservar, isto é:

pois a quantidade de movimento se conserva não somente nas colisões perfeitamente elástica, mas em qualquer tipo de colisão.

Portanto, podemos concluir que em uma COLISÃO PERFEITAMENTE ELÁSTICA

$$Q_i = Q_f$$

$$E_{Mi} = E_{Mf}$$

NOTAS IMPORTANTES:

- Essa colisão é hipotética pois a conservação da energia mecânica impossibilita que essa colisão produza **ruído (som), aquecimento ou deformação**.
- Se a colisão elástica é frontal e se dá entre dois corpos de mesma massa, ocorre uma troca de velocidade.
- Quando a colisão é parcialmente elástica, a perda de energia depende da natureza dos corpos em questão. Por exemplo, na sinuca oficial, em que as bolas são de marfim, a colisão preserva mais de 90% da energia mecânica.

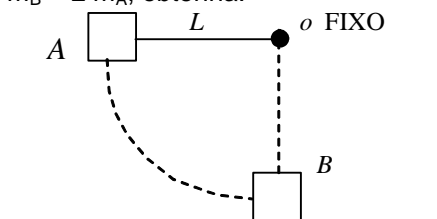
PARA RESOLVER

1. (ITA – SP) Na figura que se segue, temos uma massa $M = 132 \text{ g}$, inicialmente em repouso, presa a uma mola de constante elástica $k = 1,6 \times 10^4 \text{ N/m}$, podendo deslocar-se sem atrito sobre a

massa em que se encontra. Atira-se uma bala de massa $m = 12\text{g}$ que encontra o bloco horizontalmente, com velocidade $v_0 = 200\text{ m/s}$, incrustando-se nele. Qual é a máxima deformação que a mola experimenta?



2. (USP) Um bloco **B** acha-se repouso sobre uma superfície livre de atrito. Um bloco **A** está preso a uma extremidade de uma corda de comprimento L . Soltando o bloco **A**, na posição horizontal ele colide com **B**. Os dois blocos grudam-se e deslocam-se juntos após o impacto. Sabendo que $m_B = 2 m_A$, obtenha:



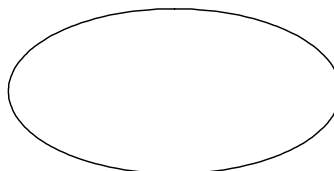
a) a velocidade do conjunto imediatamente após o choque;

b) a altura máxima atingida após a colisão.

CAPITULO 06: GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

1 – Leis de Kepler

Baseando-se em observações astronômicas realizadas ao longo de vários anos, principalmente pelo astrônomo Tycho Brahe (1546 – 1601), Johanner Kepler verificou que:



a) LEI: Lei das órbitas

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, ocupando este um dos focos da elipse.

b) LEI: Lei das áreas

O segmento imaginário que une o Sol ao planeta descreve áreas proporcionais aos tempos gastos para percorrê-las.

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2} = cte$$

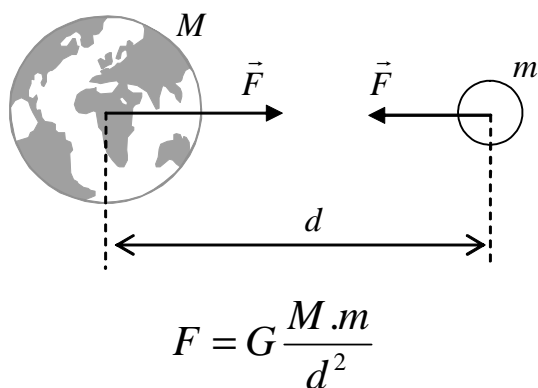
b) LEI: Lei dos períodos

O quadrado do período de revolução T de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio a da sua órbita.

$$T^2 = ka^3$$

2 – Lei da Gravitação Universal - NEWTON

Newton, a partir das leis de Kepler, percebeu que as forças de interação entre o Sol e um planeta são uma força conservativa e que seu módulo é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros.



Em que $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ é a constante da gravitação universal

Exercício:

Seja as massas da Terra e da Lua da ordem de $6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$ e $7,3 \times 10^{22} \text{ kg}$ e a distância entre os centros da ordem de $3,8 \times 10^8 \text{ m}$, qual é o valor aproximado da força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua?

3 – Aceleração da Gravidade

a) Na superfície do planeta

Seja m a massa de um corpo situado num ponto na superfície do planeta e M a massa do planeta e R seu raio.



$$g_{\text{sup}} = \frac{G \cdot M}{R^2}$$

b) Em pontos externos

Seja o corpo a uma altura h da superfície do planeta



$$g_{\text{ext}} = \frac{G \cdot M}{(R + h)^2}$$

4 – Velocidade dos Satélites

A velocidade de um satélite situado a uma altura h da superfície de um planeta de massa M e raio R é dado por:



$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$$

Estática Equilíbrio de Partículas e Estruturas

Estática – É a parte da mecânica que estuda o equilíbrio dos corpos.

1 – Equilíbrio de uma Partícula

Da 1ª Lei de Newton, sabemos que uma partícula possui dois estados de equilíbrio:

✓

EPOUSO

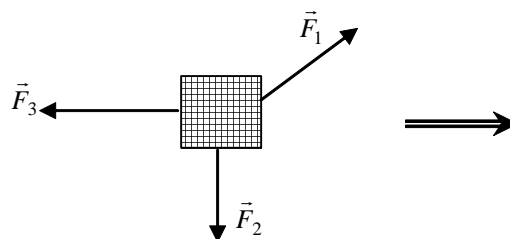
✓

RU

A **força resultante sobre a partícula é nula**. Portanto a única condição necessária para o equilíbrio de uma partícula é:

$$\vec{R} = 0$$

Essa equação é vetorial, isso significa que o polígono cujos lados são fechados pelas forças que atuam na partícula deve ser fechado, conforme é ilustrado abaixo:

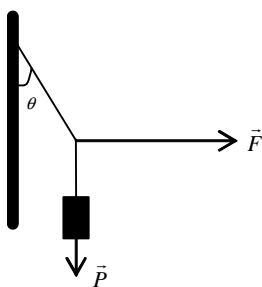


Às vezes é mais fácil trabalhar com as componentes cartesianas F_x e F_y de cada força do que com o próprio vetor \vec{F} associado à força. Nesses casos, a equação $\vec{R} = 0$ pode ser substituída por:

$$\vec{R} = 0 \left\{ \begin{array}{l} F_x = 0 \\ F_y = 0 \end{array} \right.$$

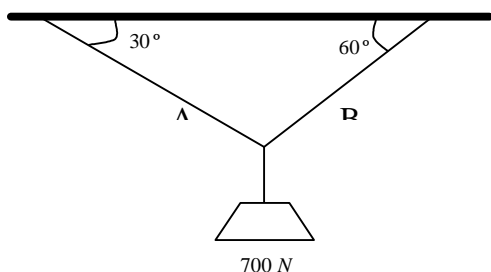
Exercícios:

1. (UFLA) Um bloco de peso \vec{P} é sustentado por fios inextensíveis e de massa desprezível, como indica a figura. O módulo de \vec{F} , para que o sistema fique em equilíbrio é:



- $F = P \sin \theta$
- $F = P \sin \theta \cos \theta$
- $F = P \cos \theta$
- $F = P \tan \theta$
- $F = P \cot \theta$

2. Determine as trações nas cordas A e B da figura abaixo (considere $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,5$ e $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = 0,9$)



2 – Momento ou Torque (Γ)

É a grandeza que mede a “**capacidade de rotação**” de uma força sobre uma dada estrutura.

✓ Quanto mais intensa é a força, maior é o torque produzido por ela, isto é: $\Gamma \propto F$

✓ A constante dessa proporcionalidade deve ser a distância do eixo ao ponto em que a força é aplicada, essa distância é denominada **braço do torque (b)**.

Portanto, o torque de uma força é dado por:

$$\Gamma = F \cdot b$$

Obs.:

- Unidade S. I. de torque = N.m
- Normalmente associa-se o sentido HORÁRIO ou ANTI-HORÁRIO ao torque.
- O braço é a distância “contada” a partir do eixo de rotação perpendicularmente à linha de ação da força aplicada.

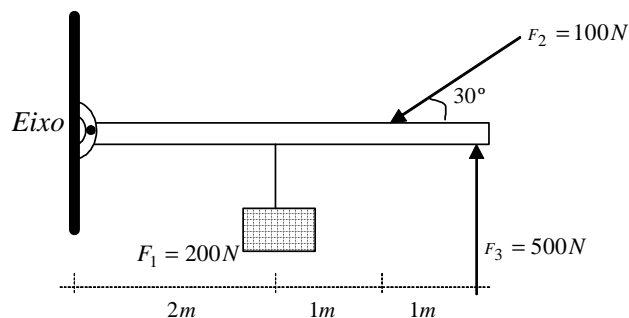
“Uma força aplicada ao longo da viga não tem poder de rotação”

Exercício:

A figura abaixo ilustra uma viga de 4 m de comprimento, articulada em uma parede vertical, submetida a três forças, F_1 , F_2 e F_3 . Assim sendo, pede-se:

- Calcular o torque de cada força sobre a viga;

- Especificar os sentidos de rotação (horário ou anti-horário), caso cada uma delas atuasse isoladamente;
- Calcular o torque resultante experimentado por ela.



3 – Equilíbrio de um Corpo Rígido

Um corpo rígido não possui dimensões desprezíveis, de modo que o efeito de rotação deve ser levado em consideração.

Só podemos garantir que um corpo rígido esteja em equilíbrio se ele não possuir movimento de rotação, isto é, **torque nulo**. Assim, é comum dizer que o equilíbrio de um corpo rígido necessita de duas condições:

1ª - Equilíbrio de **Translação** $\Rightarrow \vec{R} = 0$ (A primeira Lei de Newton assegura apenas o equilíbrio de translação de um corpo.)

$$\Gamma_R = 0$$

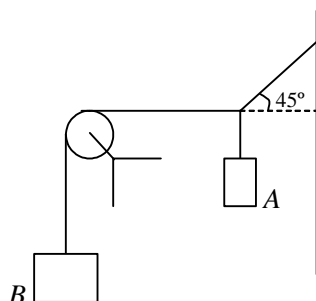
ou

$$\Gamma_{\text{horário}} = \Gamma_{\text{anti-horário}}$$

2ª - Equilíbrio de **Rotação** \Rightarrow

PARA RESOLVER:

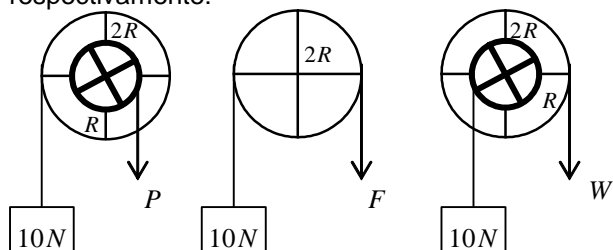
1. (UFLA) O esquema abaixo representa um sistema em equilíbrio. Sabendo-se que o peso do corpo A é de 100 N. Determine o peso do corpo B.



- 25 N
- 50 N
- 100 N
- 10 N

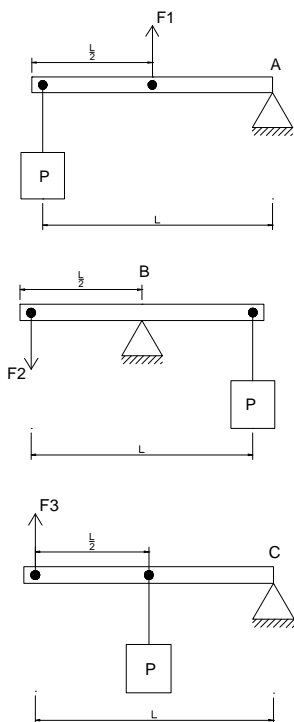
e) 80N

2. (UFV) As polias mostradas na figura abaixo possuem massas desprezíveis e estão em equilíbrio. Os módulos das forças P , F e W , respectivamente:



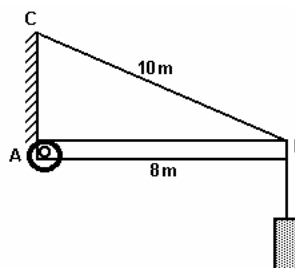
- a) 10N, 20N e 10N
- b) 20N, 10N e 10N
- c) 20N, 10N e 5N
- d) 10N, 10N e 10N
- e) 5N, 10N e 20N

3. (UFV) Estão representadas abaixo, três alavancas em equilíbrio, suportando uma mesma carga P , submetidas às forças F_1 , F_2 e F_3 e apoiadas nos pontos A, B e C, respectivamente. A relação entre as forças F_1 , F_2 e F_3 é:



- a) $F_1 = F_2 = 2 F_3$
- b) $F_1 = F_2 = F_3$
- c) $F_1 = 2 F_2 = 4 F_3$
- d) $4 F_1 = 2 F_2 = F_3$
- e) $2 F_1 = F_2 = 4 F_3$

41 – Na estrutura representada, a barra homogênea AB pesa 40N e é articulada em A. A carga suspensa pesa 60N. A tração no cabo vale:



- a) 133,3 N
- b) 33,3 N
- c) 166,6 N
- d) 66,6 N
- e) 199,9 N