

Mecânica para Geologia -FAP0192

2º Semestre de 2012

Instituto de Física
Universidade de São Paulo

Professor: **Luiz Carlos C. M. Nagamine**

E-mail: nagamine@if.usp.br

Fone: 3091.6877

Primeira Lei de Newton: Lei da Inércia

Um corpo em repouso permanece em repouso a não ser que uma força externa atue sobre ele. Um corpo em movimento continua em movimento com rapidez constante e em linha reta a não ser que uma força externa atue sobre ele.

A Lei da Inércia não faz distinção entre objeto em repouso ou em movimento com velocidade constante.

Estas duas condições são reversíveis entre si, pela escolha do referencial.

Referenciais Inerciais:

Se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um Referencial Inercial.

Usando a Primeira Lei de Newton e o conceito de Referenciais Inerciais, podemos definir uma Força como uma influência externa, ou ação, sobre um corpo que provoca uma variação de velocidade do corpo, isto é, acelera o corpo em relação a um referencial inercial.

Força é uma quantidade vetorial.

Forças de contato e interação à distância

Interações Fundamentais da Natureza:

1. **Interação Gravitacional** – interação de longo alcance entre partículas devida às suas massas (através de grávitons).
2. **Interação Eletromagnética** – interação de longo alcance entre partículas eletricamente carregadas (através de fótons).
3. **Interação Fraca** – interação de curtíssimo alcance entre partículas subnucleares (através de bósons W e Z). Foi unificada com a eletromagnética, passando a se chamar eletrofraca.
4. **Interação Forte** – interação de curto alcance entre hádrons (quarks) que mantém unidos prótons e neutrons formando os núcleos atômicos (através de mésons e glúons).

As forças que observamos no dia-a-dia envolvem interações gravitacionais e eletromagnéticas.

As forças de contato são de origem eletromagnética.

Interações à distância agem através de campos produzidos no espaço. Sendo que estes agem sobre os objetos.

Princípio da Superposição

Combinando forças

Se duas ou mais forças individuais atuam simultaneamente sobre um corpo, o resultado é como se uma única força, igual a soma vetorial das forças individuais, atuasse no lugar das forças individuais.

Força resultante

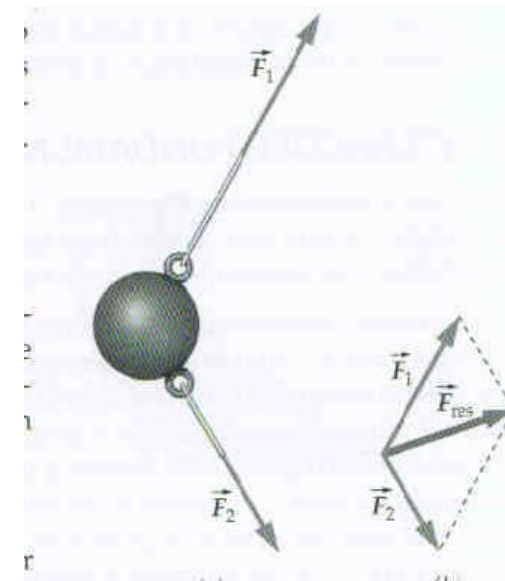
$$\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

A unidade SI de força é o newton (N).

Massa

Os corpos resistem a serem acelerados. Essa propriedade intrínseca da matéria é chamada de massa do corpo. É uma medida da inércia do corpo.

A unidade SI de massa é o quilograma (kg).



Segunda Lei de Newton

A aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que atua sobre ele e o inverso da massa do corpo é a constante de proporcionalidade. Combinando forças

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m} \quad , \text{ onde}$$

$$\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}$$

Uma força resultante de 1N dá a uma massa de 1 kg, uma aceleração de 1 m/s².

$$1N = (1kg)(1m/s^2) = 1kg \cdot m/s^2$$

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a}$$

Exemplos

Voce está à deriva no espaço, afastado de sua nave. Porém, voce tem uma unidade de propulsão que fornece uma força constante por 3,0 segundos. Após 3,0 s voce se moveu 2,25 m. Se sua massa é 68 kg, encontre o valor da força.

Como a força é constante, a aceleração também é constante

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = \frac{2\Delta x}{t^2} = 0,50 m / s^2$$

Força

$$\vec{F} = m a \hat{i} = (68 kg)(0,50 m / s^2) \hat{i} = 34 N \hat{i}$$



Exemplos

Uma partícula de 0,40 kg de massa está submetida simultaneamente a duas forças

$$\vec{F}_1 = -2,0\hat{i} - 4,0\hat{j} \qquad \vec{F}_2 = -2,6\hat{i} + 5,0\hat{j}$$

Se a partícula está na origem e parte do repouso em $t=0$, encontre a sua posição e velocidade em $t= 1,60$ s.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = (-11,5\hat{i} + 2,5\hat{j})m/s^2$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t = (-18,4\hat{i} + 4,0\hat{j})m/s$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 = (-14,7\hat{i} + 3,2\hat{j})m$$

Tipos de Forças

Força gravitacional: Peso

Se voce larga um objeto próximo da Terra, ele acelera para a Terra. Se a resistência do ar é desprezível, todos os objetos caem com a mesma aceleração, chamada de aceleração de queda livre (g). A força que causa esta queda é a Força Gravitacional

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

Localmente, g é constante e vale aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

O peso de um objeto é a magnitude da Força Gravitacional.

O peso de um objeto na Lua é cerca de $1/6$ do seu peso na Terra.

Porém, força necessária para este objeto adquirir uma certa aceleração é a mesma, tanto na Terra como na Lua!

Tipos de Forças

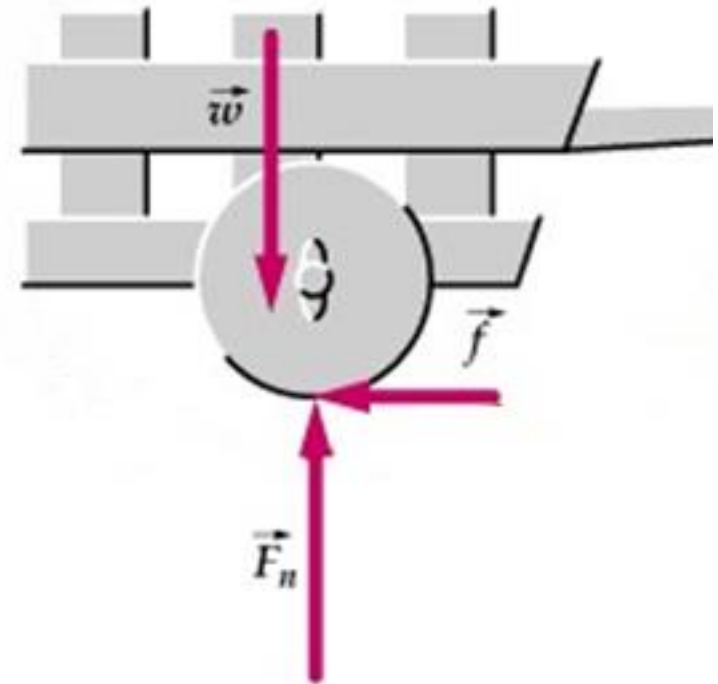
Forças de contato: Sólidos

Se uma superfície é empurrada, ela empurra de volta. Na região de contato, a roda empurra o solo, com uma força vertical, comprimindo a distância entre as moléculas na superfície do solo. As moléculas comprimidas empurram de volta a roda.

Esta força perpendicular às superfícies de contato, é chamada de Força Normal.

Ao mesmo tempo existe uma outra força de contato, que é paralela à superfície e impede o deslizamento relativo entre as superfícies.

Esta força é chamada de Força de Atrito.



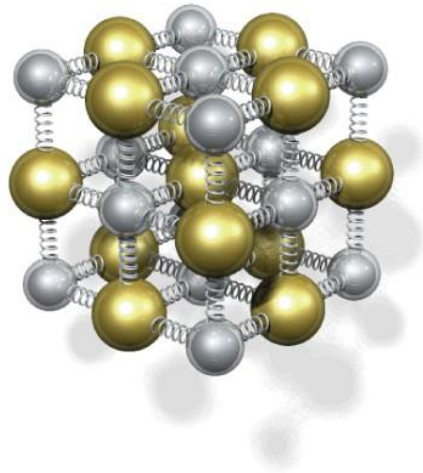
Tipos de Forças

Forças Elásticas: Molas

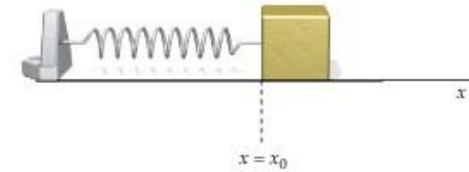
Quando uma mola é esticada ou comprimida, ela reage com uma força que é proporcional à sua deformação. (Lei de Hooke)

$$F_x = -kx$$

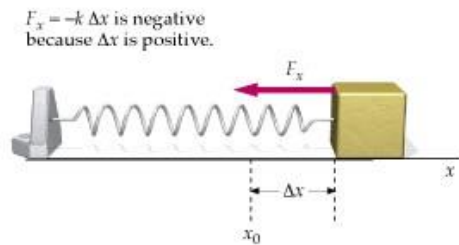
Onde k é uma constante de proporcionalidade positiva, chamada de constante elástica



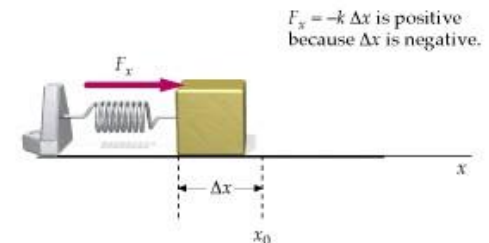
Forças elásticas têm a sua origem nas interações moleculares.



(a)



(b)



(c)

Tipos de Forças

Forças Elásticas: Molas

Um jogador de basquete de 110 kg segura o aro enquanto enterra a bola. Ele fica suspenso no aro, que é defletido de 15 cm em sua parte frontal. Suponha que o aro possa ser aproximado por uma mola e calcule a sua constante elástica.

$$\vec{F}_x = -k\Delta y \hat{j} \quad \vec{F}_g = -mg\hat{j}$$

$$\vec{F}_y + \vec{F}_g = 0$$

$$-k(-0,15) - mg = 0$$

$$k = 7,2 \times 10^3 \text{ N / m}$$



Tipos de Forças

Forças de contato: Fios

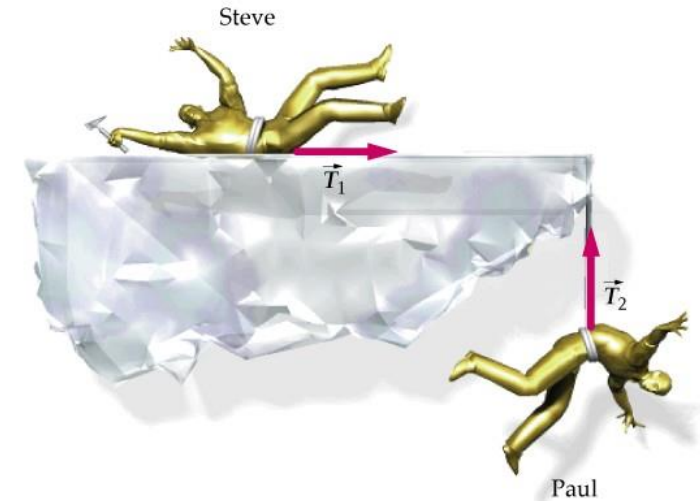
Fios são usados para puxar coisas. Podemos pensar em um fio como uma mola de constante elástica muito alta, cuja elongação seja desprezível.

Fios são flexíveis e não servem para empurrar.

A magnitude da força que um segmento do fio exerce sobre outro é chamada de Tensão (T).

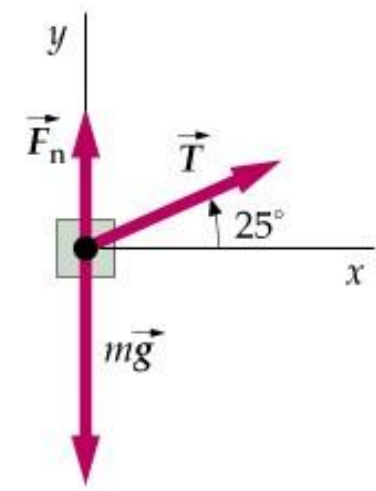
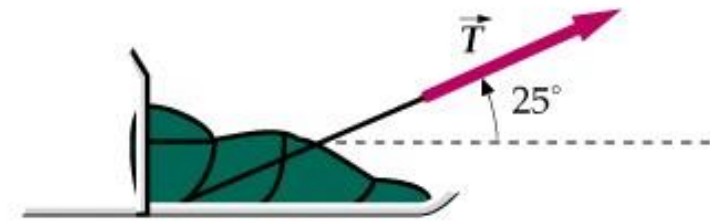
A massa do fio e o seu atrito, em geral são supostos desprezíveis.

Fios em geral permitem a alteração da direção de aplicação de forças.



Exemplos

Um trenó é puxado por uma força de 150 N aplicada com um ângulo de 25° em relação à horizontal. Considere a massa do trenó 80 kg e que o atrito seja desprezível. Encontre a aceleração do trenó e a magnitude da força normal exercida pelo gelo sobre o trenó.



$$\vec{F}_n + \vec{F}_g + \vec{T} = 0$$

$$F_n - mg + T \sin 25^\circ = 0$$

$$T \cos 25^\circ = ma_x$$

$$a_x = 1,7 \text{ m/s}^2$$

$$F_n = mg - T \sin 25^\circ = 7,2 \times 10^2 \text{ N}$$

Exemplos

Voce necessita descarregar uma caixa frágil, usando uma rampa. Se a componente vertical da velocidade da caixa ao atingir a base for superior a 2,5 m/s, a caixa se quebra. Qual é o maior ângulo que permite um descarregamento seguro? A rampa tem 1 m de altura.

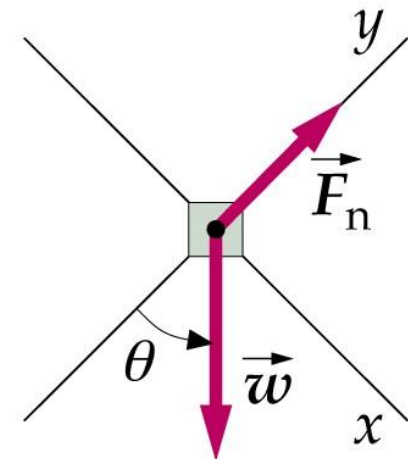
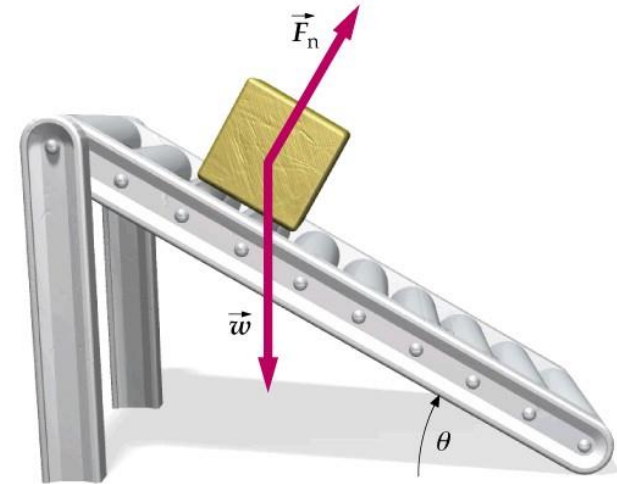
$$\begin{cases} F_n - mg \cos \theta = 0 \\ mg \sin \theta = ma_x \\ a_x = g \sin \theta \end{cases}$$

$$v_x^2 = 2a_x \Delta x = 2g \sin \theta \Delta x = 2gh$$

$$\sin \theta \Delta x = h = 1m$$

$$v_b = \sqrt{2gh \sin \theta}$$

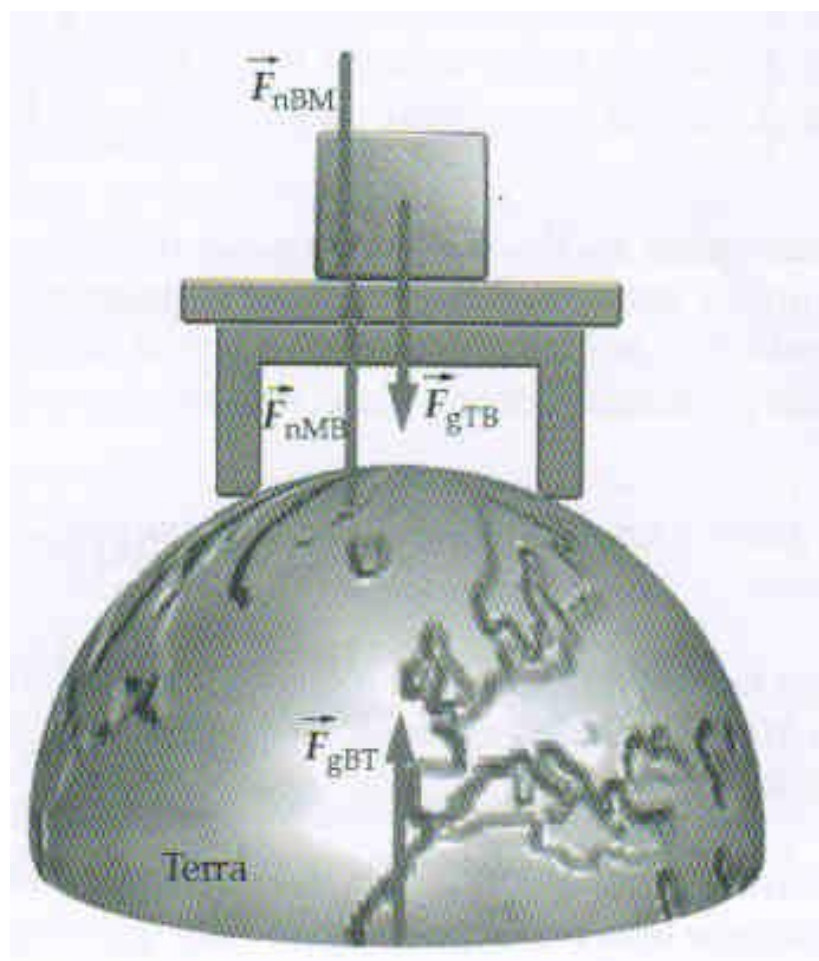
$$\theta_{\max} = 34,4^\circ$$

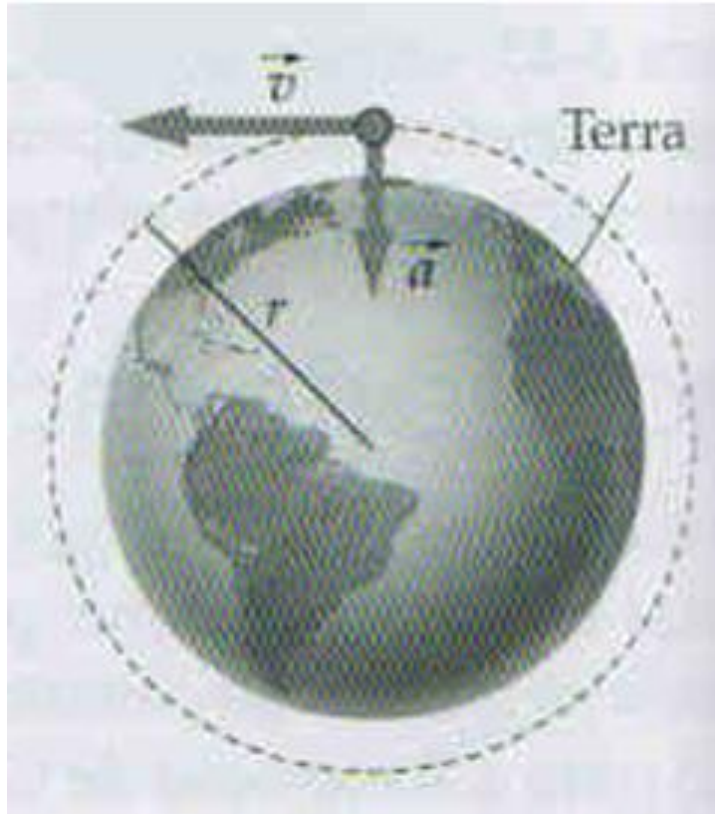


Terceira Lei de Newton: Lei da Ação e Reação

Quando dois corpos interagem entre si, a força exercida pelo corpo B sobre o corpo A tem a mesma magnitude e o sentido oposto ao da força exercida pelo corpo A sobre o corpo B.

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$





Raio da Terra ~ 6400 km

Período de rotação = 24 horas

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

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

$$v = \frac{2\pi 6,4 \times 10^6}{24 \times 60 \times 60} \text{ m/s}$$

$$v = 465 \text{ m/s}$$

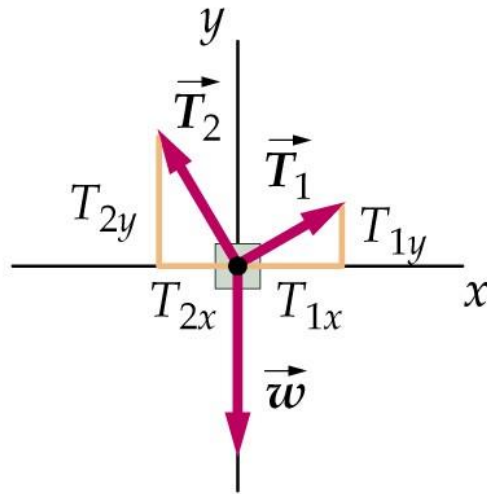
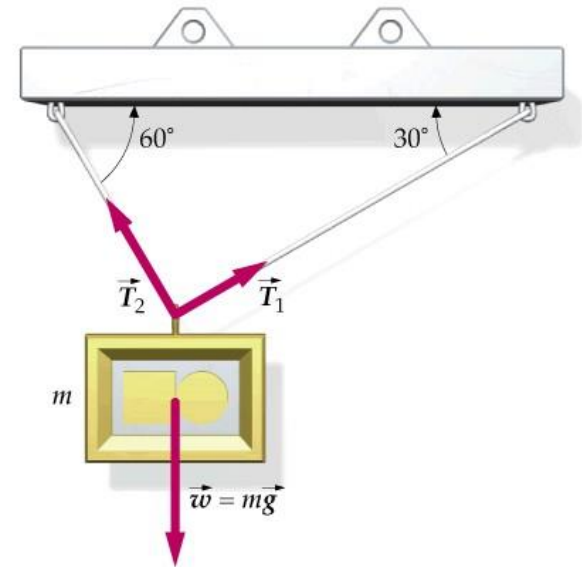
$$a_c = \frac{465^2}{6,4 \times 10^6} \text{ m/s}^2$$

$$a_c = 0,034 \text{ m/s}^2$$

$$a_c = 0,003 \text{ g}$$

Um quadro pesando $8,0\text{ N}$ é suspenso por dois fios com tensões T_1 e T_2 . Determine cada tensão.

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{P} = m\vec{a} = 0$$



$$\left\{ \begin{array}{l} T_2 = \frac{T_1 \cos 30^\circ}{\cos 60^\circ} \\ T_1 \sin 30^\circ + \frac{T_1 \cos 30^\circ}{\cos 60^\circ} \sin 60^\circ = P \end{array} \right.$$

$$T_1 \cos 30^\circ - T_2 \cos 60^\circ = 0$$

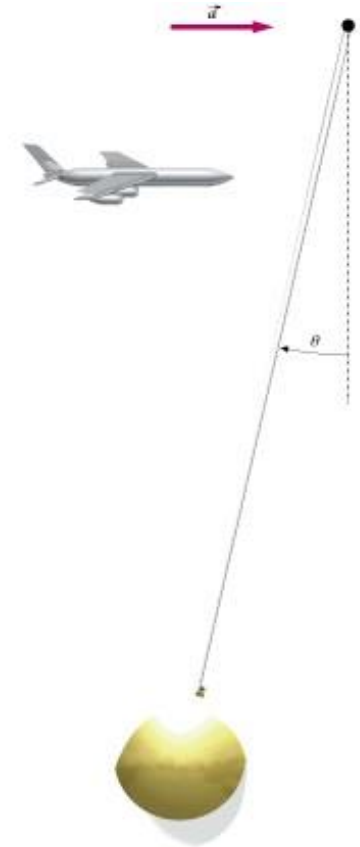
$$T_1 \sin 30^\circ + T_2 \sin 60^\circ - P = 0$$

$$T_1 = 4,0\text{ N}$$

$$T_2 = 6,9\text{ N}$$

Enquanto o seu avião pousa na pista, você decide determinar sua aceleração, tomando o seu ioiô e vendo que, suspenso, o cordão faz um ângulo de $22,0^\circ$ com a vertical.

- a) Qual é a aceleração do avião?
 b) Se a massa do ioiô é $40,0\text{ g}$, qual é a tensão no cordão?

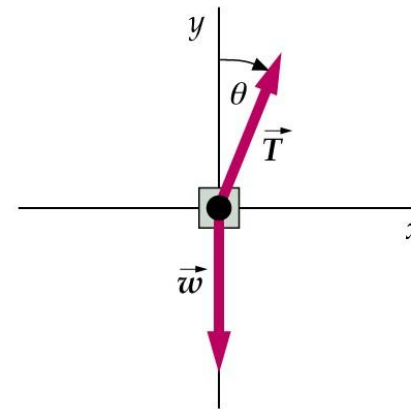


$$\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T \cos \theta - mg = 0 \\ T \sin \theta = ma_x \end{array} \right.$$

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

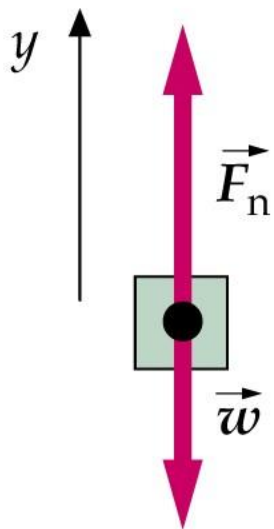
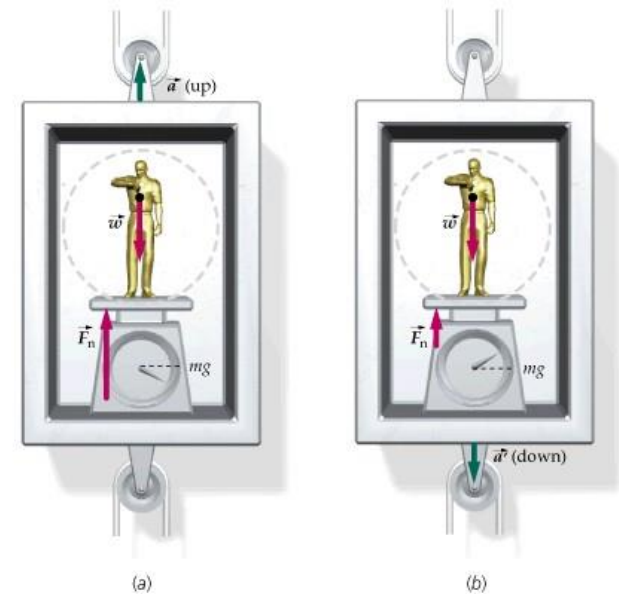
$$\frac{mg}{\cos \theta} \sin \theta = ma_x$$



$$a_x = g \tan \theta = 3,96\text{ m/s}^2$$

$$T = \frac{mg}{\cos \theta} = 0,423\text{ N}$$

Sua massa é de 80 kg e voce está sobre uma balança presa ao piso de um elevador. Qual a leitura da escala quando (a) o elevador está subindo com uma aceleração para cima de magnitude a ; (b) o elevador está descendo com uma aceleração para baixo de magnitude a' ; (c) o elevador está subindo a 20 m/s e sua rapidez diminui a uma taxa de 8,0 m/s²?



$$\vec{F}_n + \vec{P} = m\vec{a}$$

$$F_n - mg = ma$$

$$(a) \quad F_n = m(g + a)$$

$$(b) \quad F_n = m(g - a')$$

(c) Aceleração para baixo

$$F_n = m(g - 8,0)$$

$$F_n = 1,4 \times 10^2 \text{ N}$$

Um montanhista cai acidentalmente de uma geleira e fica dependurado por uma corda presa a seu companheiro. Antes do segundo fazer uso de seu piquete, ele escorrega sem atrito pelo gelo. Encontre a aceleração de cada montanhista e a tensão na corda.



$$a_s = a_p = a$$

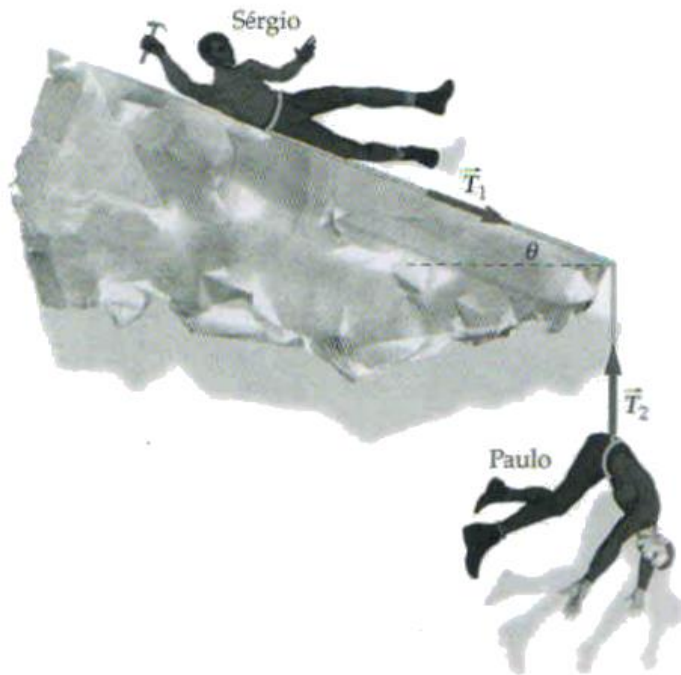
$$|T_1| = |T_2| = T$$

$$T = m_s a$$

$$m_p g - T = m_p a$$

$$a = \frac{m_p}{m_s + m_p} g$$

$$T = \frac{m_s m_p}{m_s + m_p} g$$



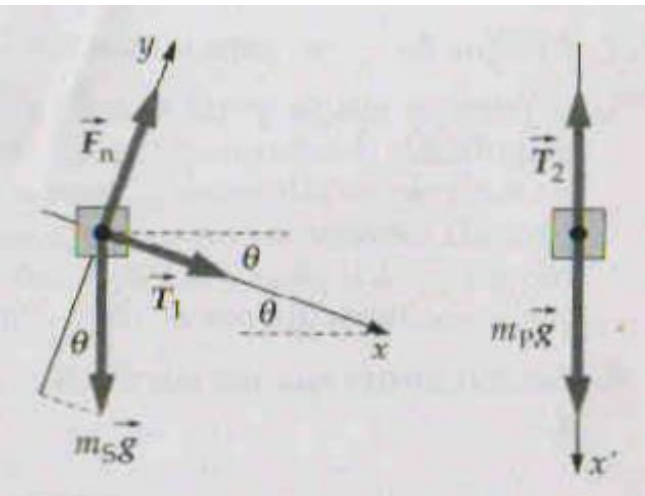
Um montanhista cai acidentalmente de uma geleira e fique dependurado por uma corda presa a seu companheiro. Antes do segundo fazer uso de seu piquete, ele escorrega sem atrito pelo gelo. Encontre a aceleração de cada montanhista e a tensão na corda.

$$a_s = a_p = a$$

$$|T_1| = |T_2| = T$$

$$T + m_s g \sin \theta = m_s a$$

$$m_p g - T = m_p a$$

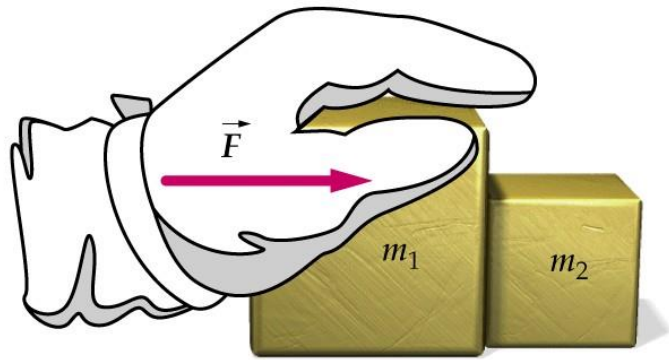


$$\vec{P}_p + \vec{T}_2 = m_p \vec{a}_p$$

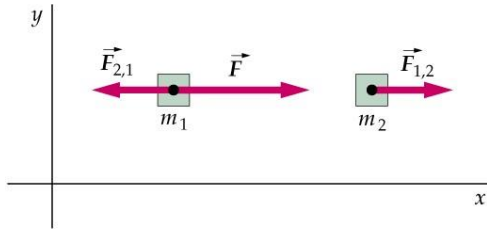
$$a = \frac{m_s \sin \theta + m_p}{m_s + m_p} g$$

$$T = \frac{m_s m_p}{m_s + m_p} (1 - \sin \theta) g$$

$$\vec{F}_n + \vec{P}_s + \vec{T}_1 = m_s \vec{a}_s$$



Um astronauta está construindo uma estação espacial e empurra uma caixa de massa m_1 com um força F . A caixa está em contato com uma segunda caixa de massa m_2 . (a) qual a aceleração das caixas; (b) qual a magnitude da força que cada caixa exerce sobre a outra?



$$a_1 = a_2 = a$$

$$|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{12}| = F_{12}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F} + \vec{F}_{21} = m_1 \vec{a}_1 \\ \vec{F}_{12} = m_2 \vec{a}_2 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F - F_{12} = m_1 a \\ F_{12} = m_2 a \end{array} \right.$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

$$F_{12} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$$