

# Física I p/ IO – FEP111 (4300111)

2º Semestre de 2010

Instituto de Física  
Universidade de São Paulo

Professor: **Antonio Domingues dos Santos**

**E-mail:** [adsantos@if.usp.br](mailto:adsantos@if.usp.br)

**Fone:** 3091.6886

## 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

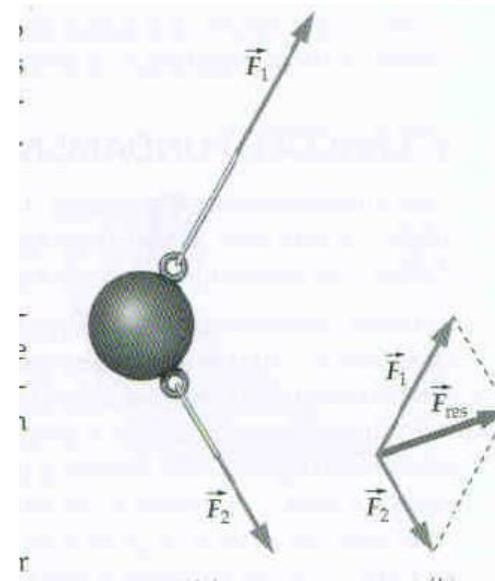
$$\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

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/s<sup>2</sup>.**

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

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

## 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 m/s<sup>2</sup>.

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

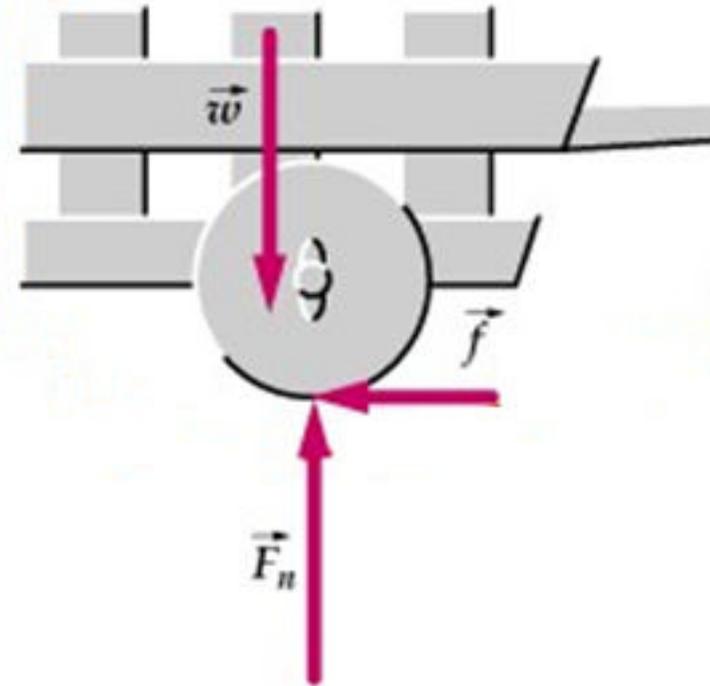
### Forças de contato: Sólidos

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.



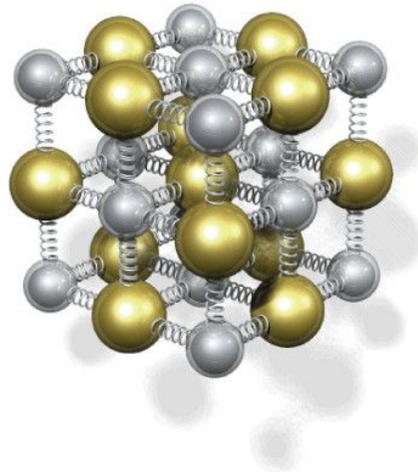
## Tipos de Forças

### Forças Elásticas: Molas

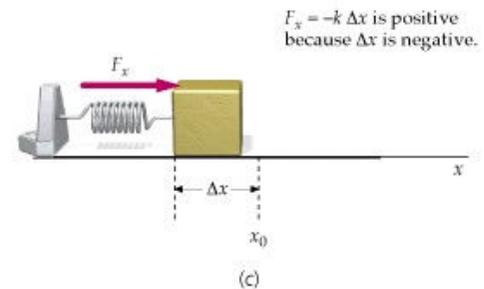
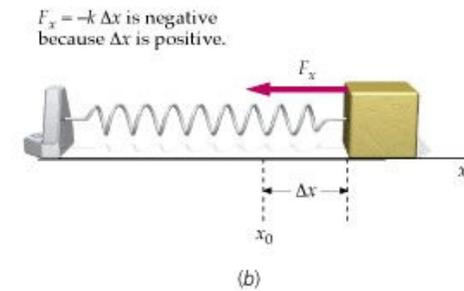
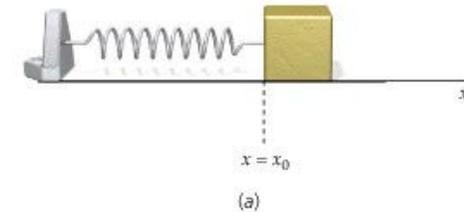
Quando uma mola é esticada ou comprimida, ela reage com uma força que é proporcional à sua deformação. (Lei de Hooke)

$$F_x = -kx$$

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



Forças elásticas têm a sua origem nas interações moleculares.



## 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.

$$\vec{F}_x = kx\hat{j} \quad \vec{F}_g = -mg\hat{j}$$

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

$$kx - mg = 0$$

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



## Tipos de Forças

### Forças de contato: Fios

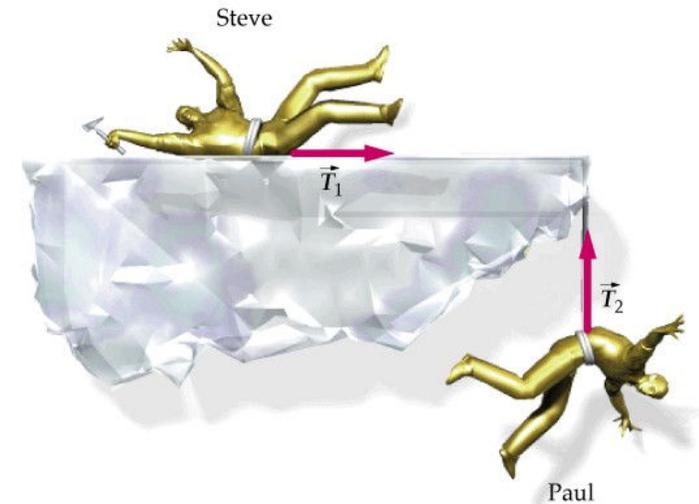
**Fios são usados para puxar coisas. Podemos pensar em um fio como uma mola de constante elástica muito alta, cuja elongação seja desprezível.**

**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).**

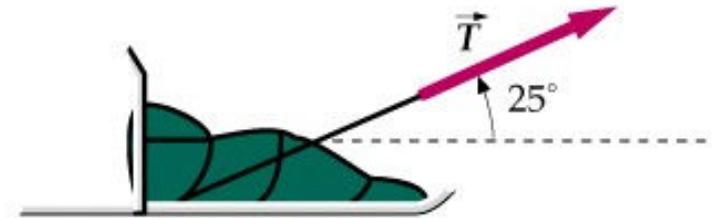
**A massa do fio e o seu atrito, em geral são supostos desprezíveis.**

**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  $25^\circ$  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.

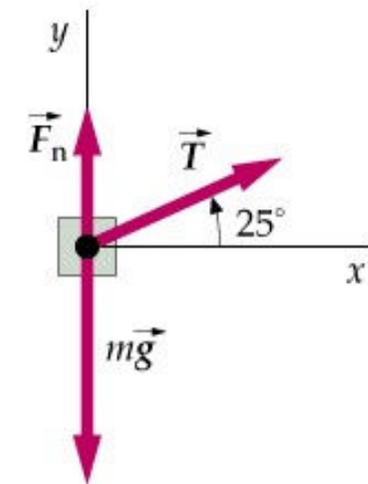


$$\vec{F}_n + \vec{F}_g + \vec{T} = 0$$

$$\begin{cases} F_n - mg + T \sin 25^\circ = 0 \\ T \cos 25^\circ = ma_x \end{cases}$$

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

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



## 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.

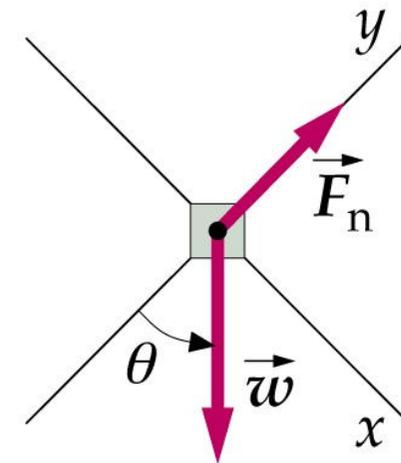
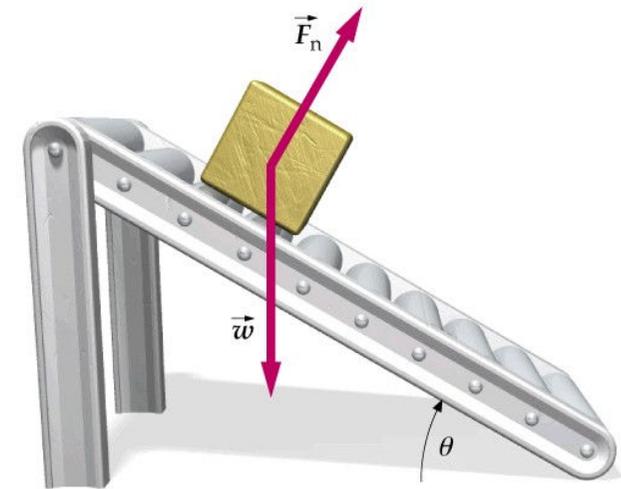
$$\begin{cases} F_n - mg \cos \theta = 0 \\ mg \sin \theta = ma_x \\ a_x = g \sin \theta \end{cases}$$

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

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

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

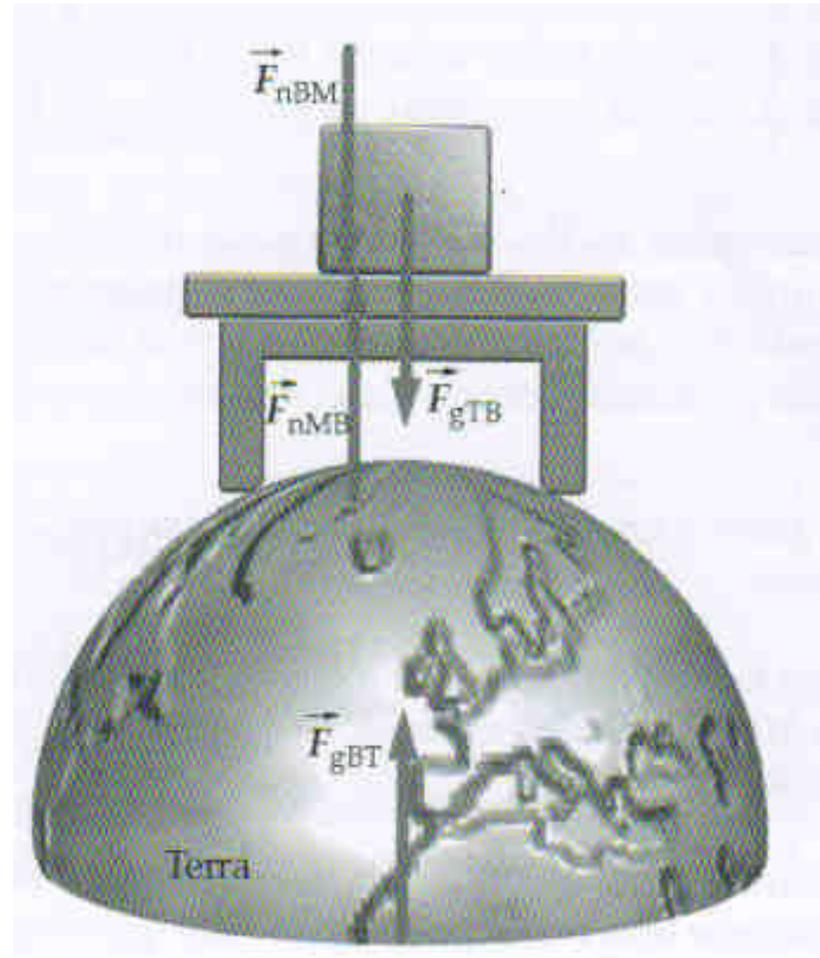
$$\theta_{\max} = 34,4^\circ$$

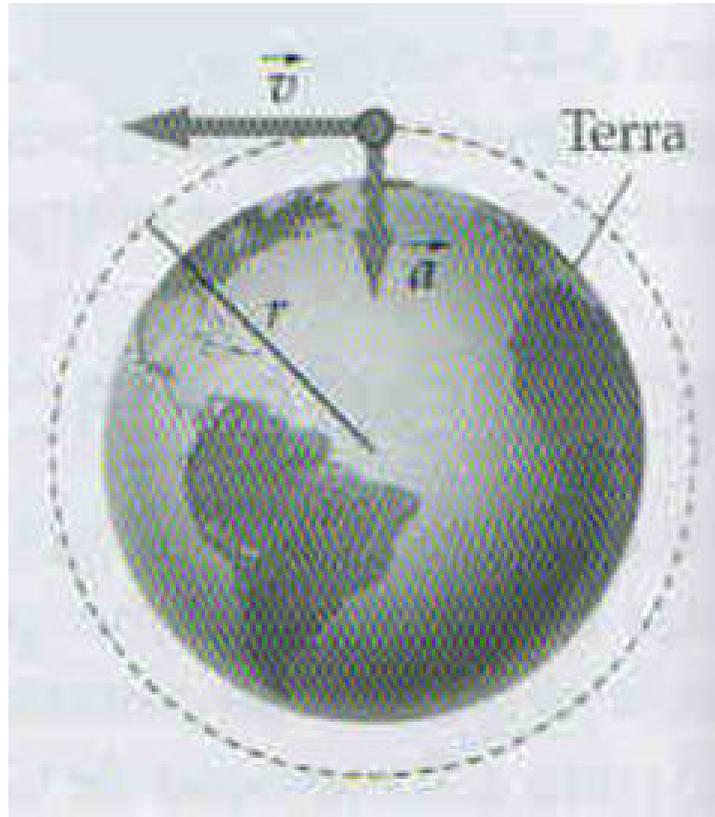


## Terceira Lei de Newton: Lei da Ação e Reação

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**

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

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

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

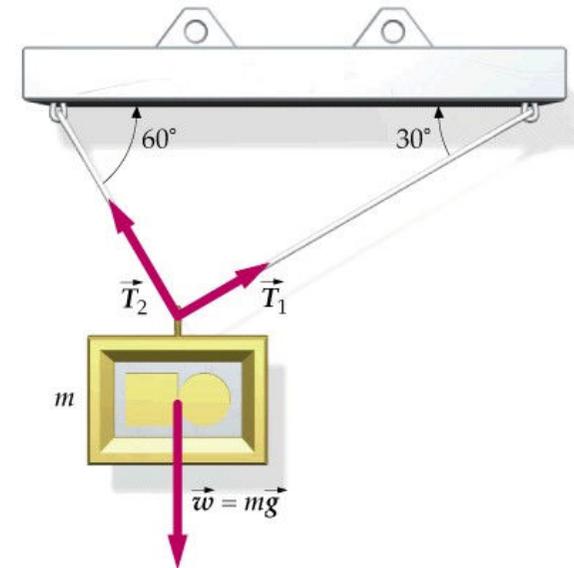
$$v = 465 \text{ m/s}$$

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

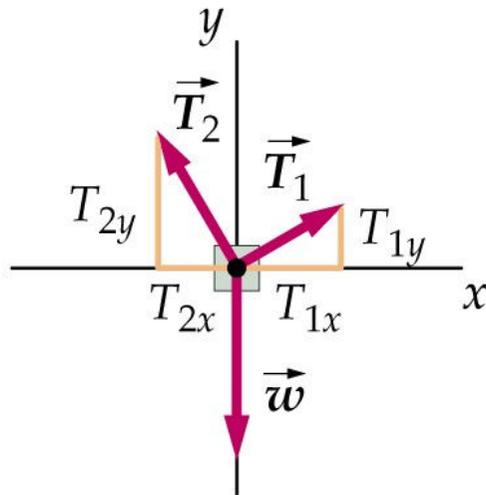
$$a_c = 0,034 \text{ m/s}^2$$

$$a_c = 0,003g$$

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



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



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

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \cos 30^\circ - T_2 \cos 60^\circ = 0 \\ T_1 \sin 30^\circ + T_2 \sin 60^\circ - P = 0 \end{array} \right.$$

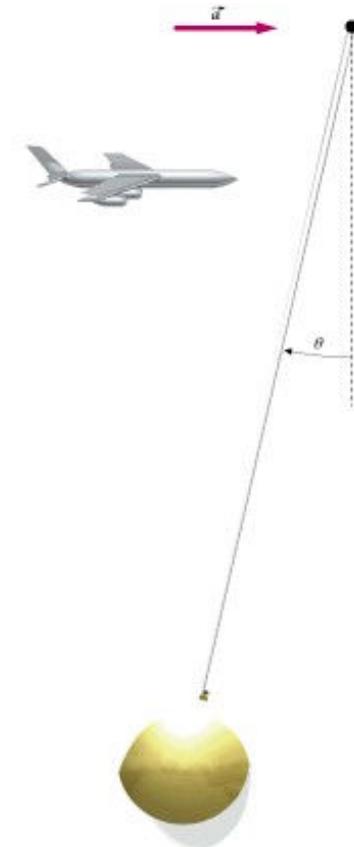
$$T_1 = 4,0 N$$

$$T_2 = 6,9 N$$

Enquanto o seu avião rola na pista, voce 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?

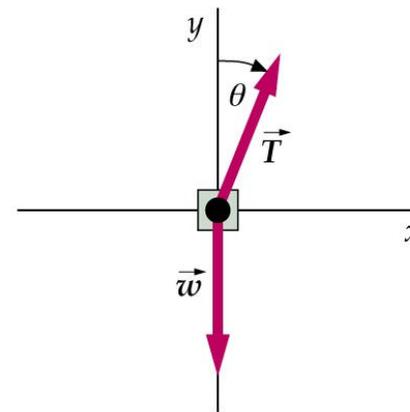


$$\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$$

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

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

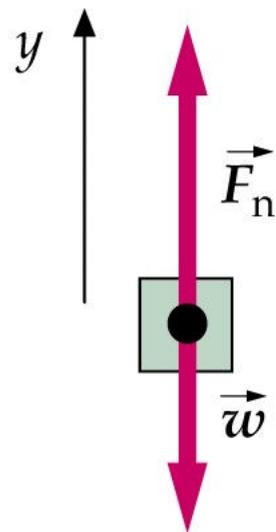
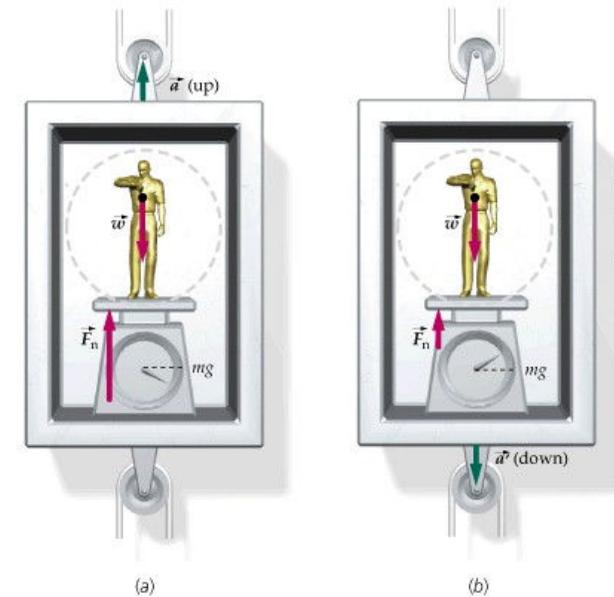
$$\frac{mg}{\cos \theta} \sin \theta = ma_x$$



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

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

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/s<sup>2</sup>?



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

$$F_n - mg = ma$$

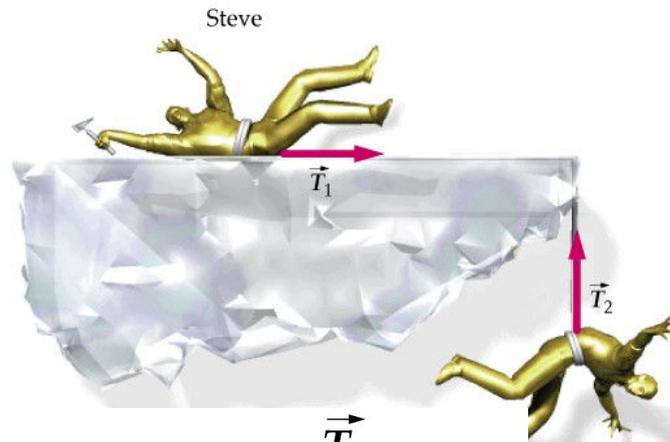
$$(a) F_n = m(g + a)$$

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

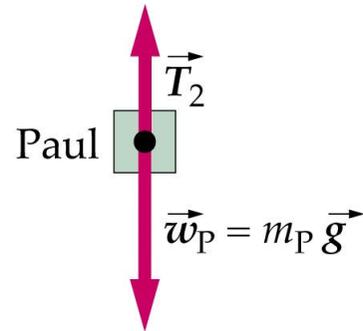
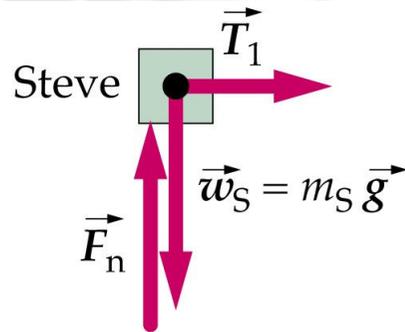
**(c) Aceleração para baixo**

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

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



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.



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

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

$$a_s = a_p = a$$

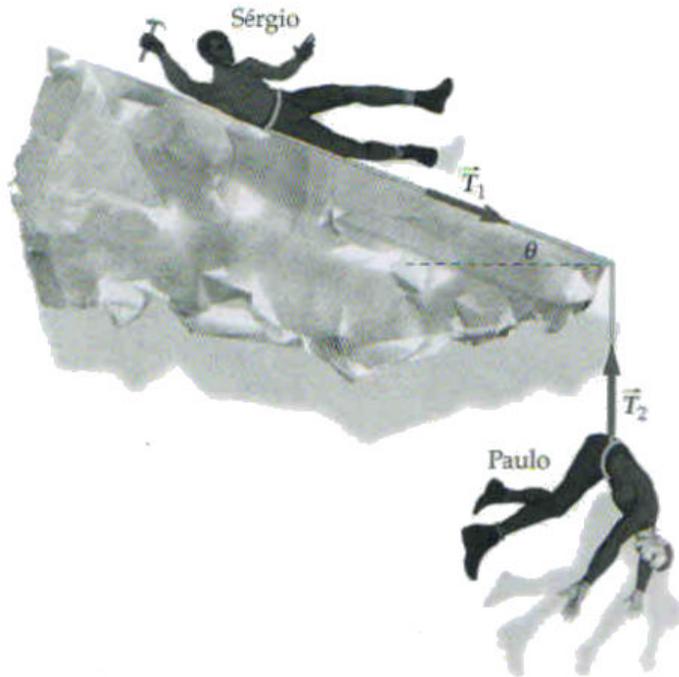
$$|T_1| = |T_2| = T$$

$$T = m_s a$$

$$m_p g - T = m_p a$$

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

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



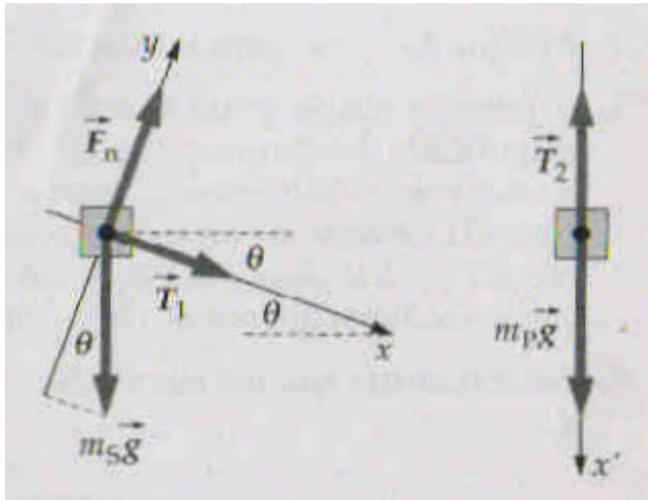
Um montanhista cai acidentalmente de uma geleira e fique dependurado por uma corda presa a seu companheiro. Antes do segundo fazer uso de seu piquete, ele escorrega sem atrito pelo gelo. Encontre a aceleração de cada montanhista e a tensão na corda.

$$a_s = a_p = a$$

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

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

$$m_p g - T = m_p a$$

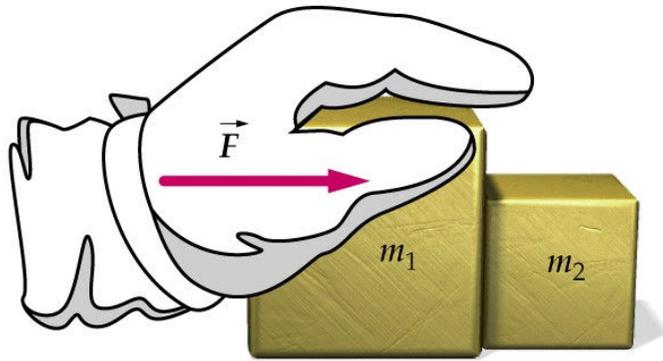


$$\vec{F}_n + \vec{P}_s + \vec{T}_1 = m_s \vec{a}_s$$

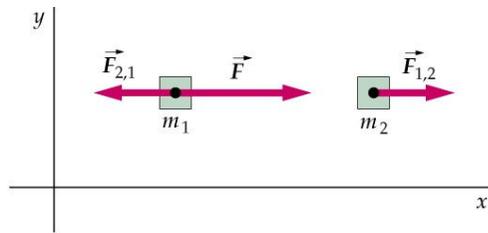
$$\vec{P}_p + \vec{T}_2 = m_p \vec{a}_p$$

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

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



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?



$$a_1 = a_2 = a$$

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

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

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

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

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