Física I para Oceanografia
FEP111 (4300111)

2º Semestre de 2011

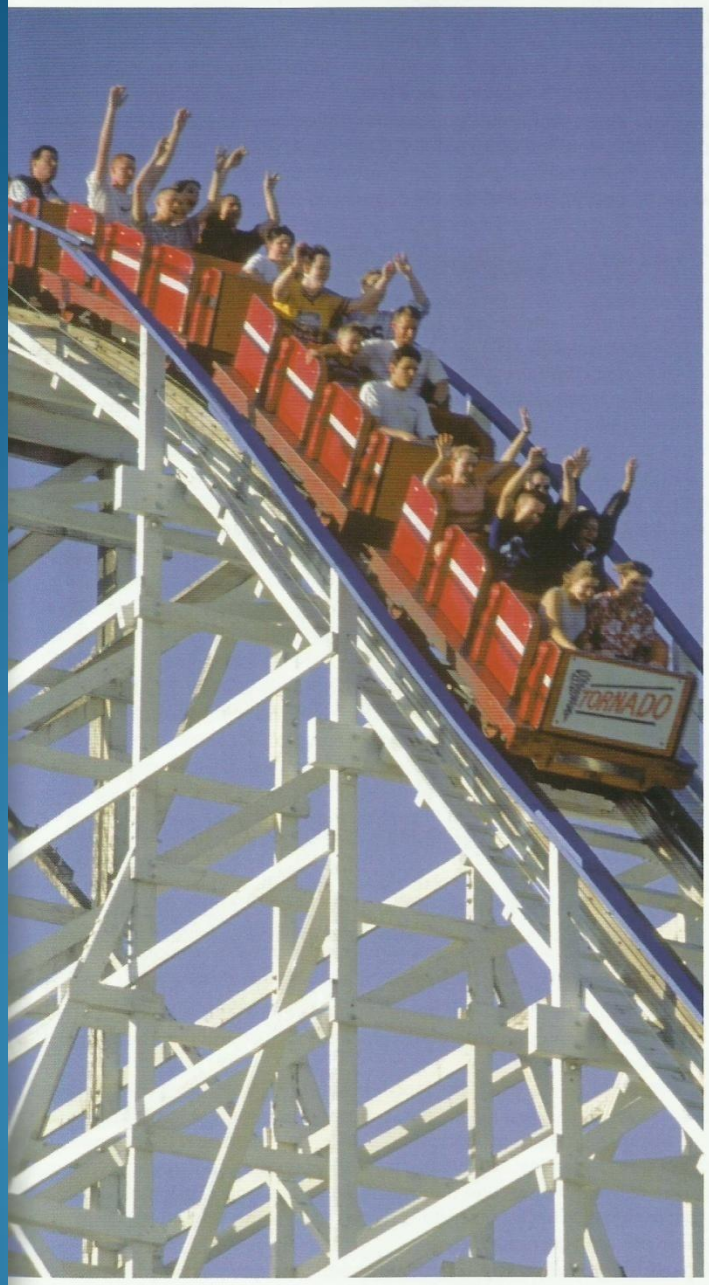
Instituto de Física- Universidade de São Paulo

Aula – 3 Leis de Newton

Professor: Valdir Guimarães

E-mail: valdir.guimaraes@usp.br
Fone: 3091.7104

Leis de Newton



Muitos entusiastas de montanhas-russas viajam no carro da frente porque querem ser os primeiros a "mergulhar no abismo". Outros, porém, garantem que viajar no último carro é muito mais emocionante. O brinquedo certamente está se movendo mais depressa quando o último carro começa a descer, puxado pelos carros da frente. Entretanto, parece haver um elemento mais sutil que aumenta a sensação de perigo quando o último carro está prestes a iniciar a descida.

Qual é o fator responsável pela sensação de perigo para alguém que está no último carro de uma montanha-russa?

A resposta está neste capítulo.

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 (velocidade) 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.

Leis de Newton

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.

Assim, podemos testar se um referencial é inercial quando na ausência de forças um corpo está em repouso ou em movimento retilineo uniforme.

A Terra é um bom referencial inercial ?

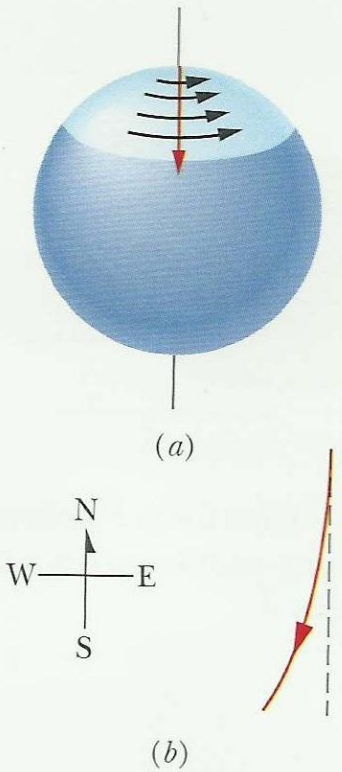
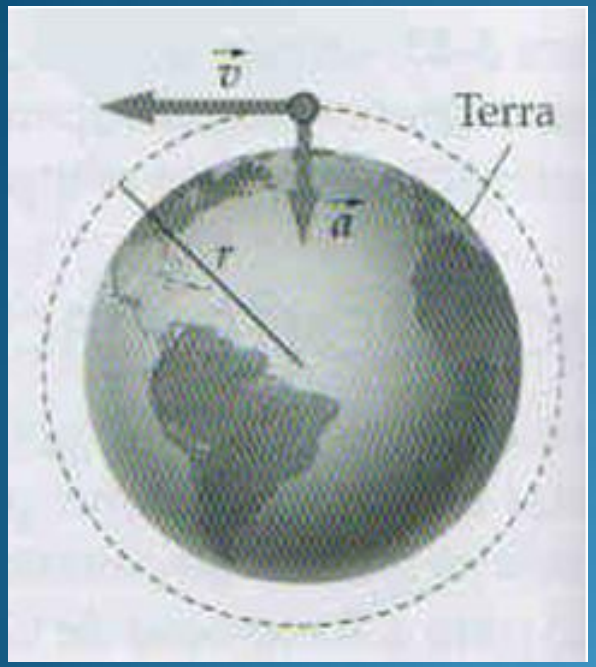


FIG. 5-2 (*a*) A trajetória de um disco que escorrega a partir do pólo norte, do ponto de vista de um observador estacionário no espaço. A Terra gira para leste. (*b*) A trajetória do disco do ponto de vista de um observador no solo.

A Terra é um Referencial Inercial ?

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

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



$$v = \frac{2\pi 6{,}4x10^6}{24x60x60} m/s$$

$$v = 465 m/s = 1674 km/h$$

$$a_c = \frac{465^2}{6{,}4x10^6} m/s^2$$

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

Raio da Terra ~ 6400 km

Período de rotação = 24 horas

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.

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

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

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.

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

Massa

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

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

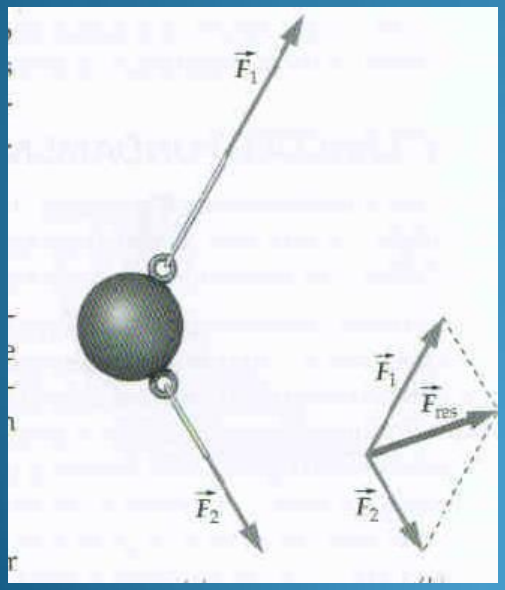
Princípio da Superposição

Força é uma grandeza vetorial

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

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



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.

$$\vec{F}_{res} = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (-4{,}6\hat{i} + 1{,}0\hat{j})N$$

Aceleração

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

Velocidade

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

posição

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

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

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

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

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

Força

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

Interações Fundamentais da Natureza:

- **Interação Gravitacional** – interação de longo alcance entre partículas devida às suas massas (através de grávitons).

- **Interação Eletromagnética** – interação de longo alcance entre partículas eletricamente carregadas (através de fótons).

- **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.

- **Interação Forte** – interação de curto alcance entre hádrons (quarks) que mantém unidos prótons e neutrons formando os núcleos atômicos (através de mésons e glúons).

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^2.

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

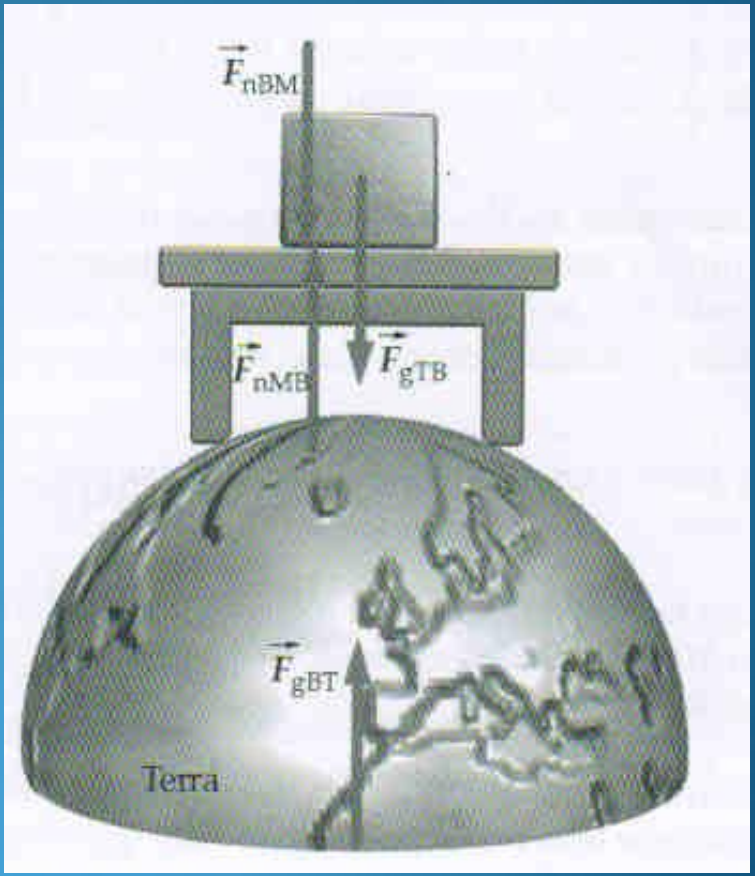
O peso de um objeto na Lua é cerca de 1/6 do seu peso na Terra.

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

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.

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



Forças de contato e interação à distância

- 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.

Forças de contato: Sólidos

Se uma superfície é empurrada, ela empurra de volta.

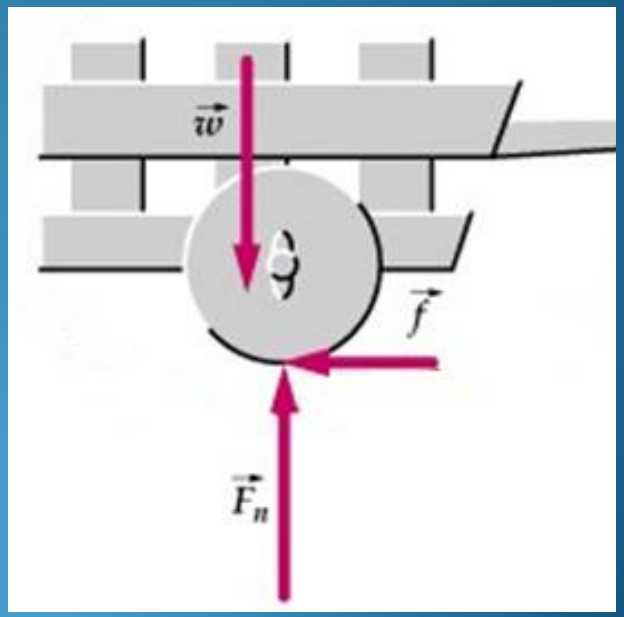
Na região de contato, a roda empurra o solo, com uma força vertical, comprimindo a distância entre as moléculas na superfície do solo.

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.

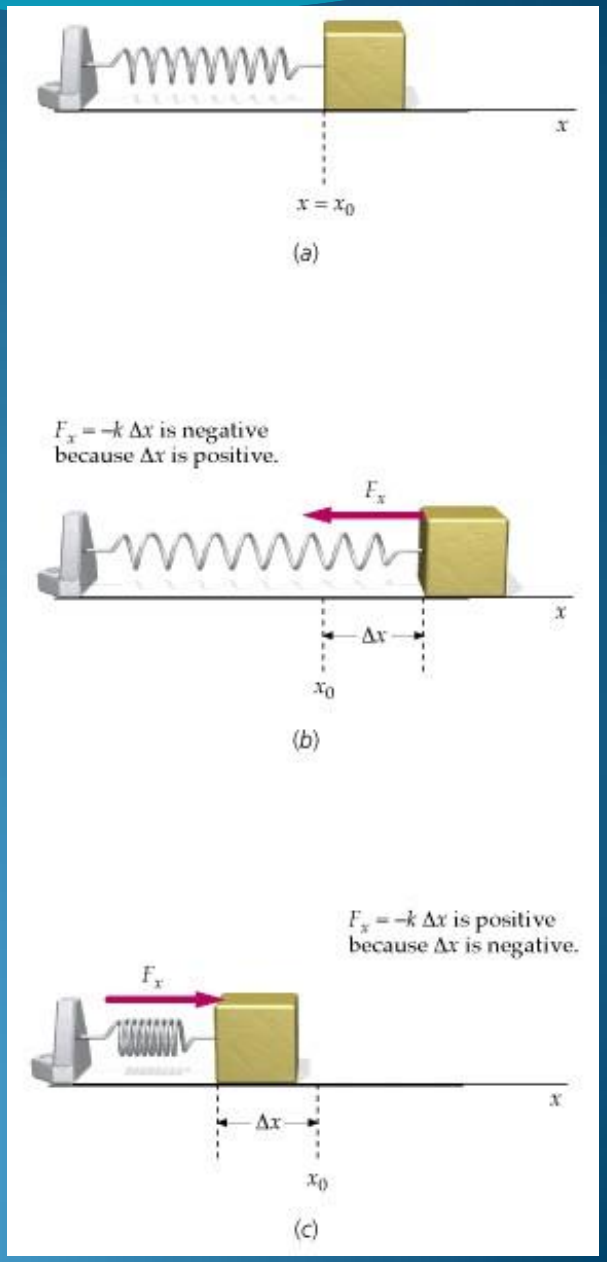


Forças Elásticas: Molas

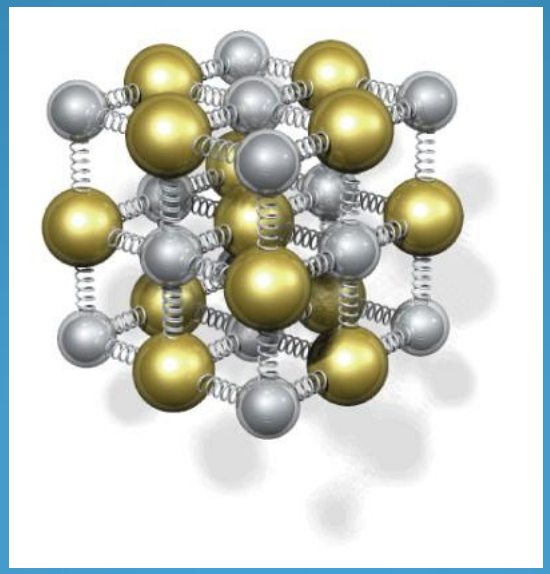
Quando uma mola é esticada ou comprimida, ela reage com uma força que é proporcional à sua deformação. (Lei de Hooke)

$$F_x = -kx$$

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



interações moleculares podem ser simuladas por forças elásticas.



Exemplo

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.

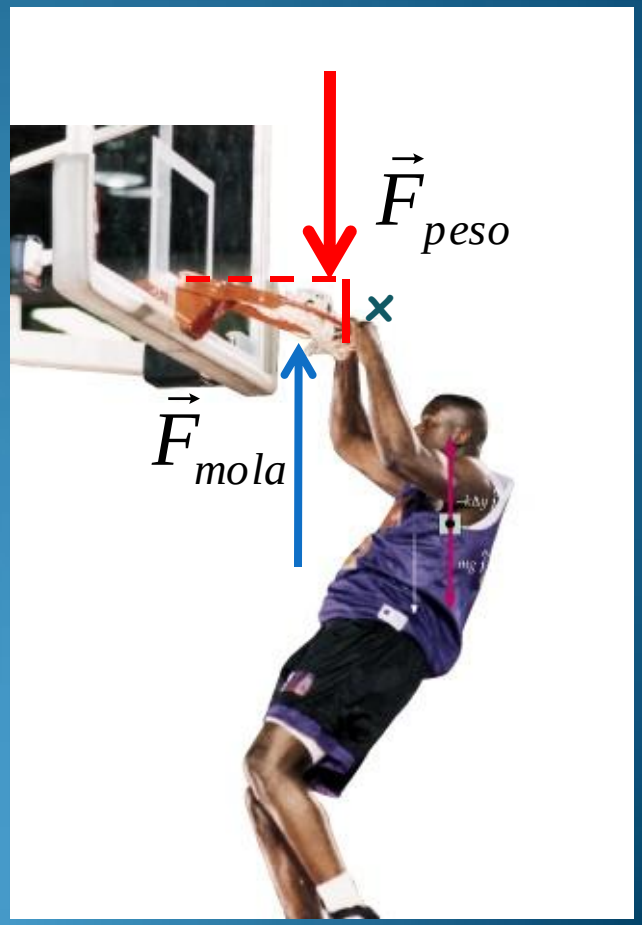
$$\vec{F}_{mola} = kx\hat{j} \qquad \vec{F}_{peso} = -mg\hat{j}$$

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

$$kx - mg = 0$$

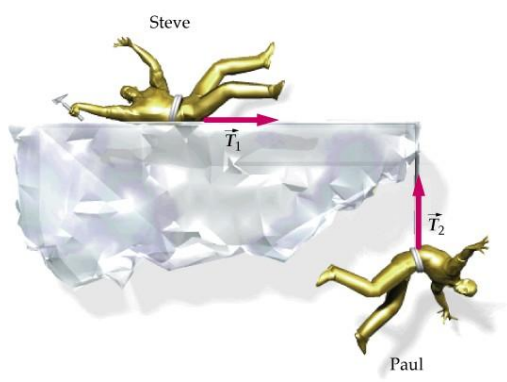
$$k \times 0{,}15 = 110 \times 9{,}8$$

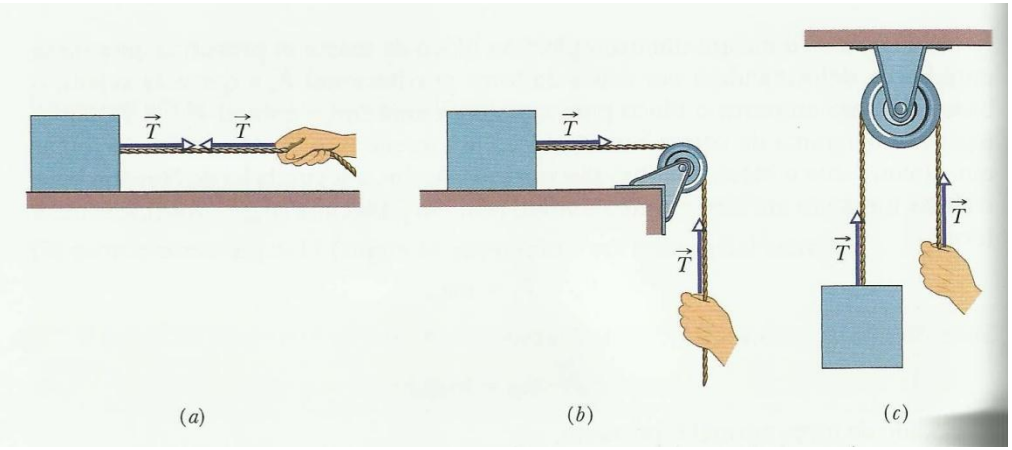
$$k = 7{,}2x10^3 \, N/m$$



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.

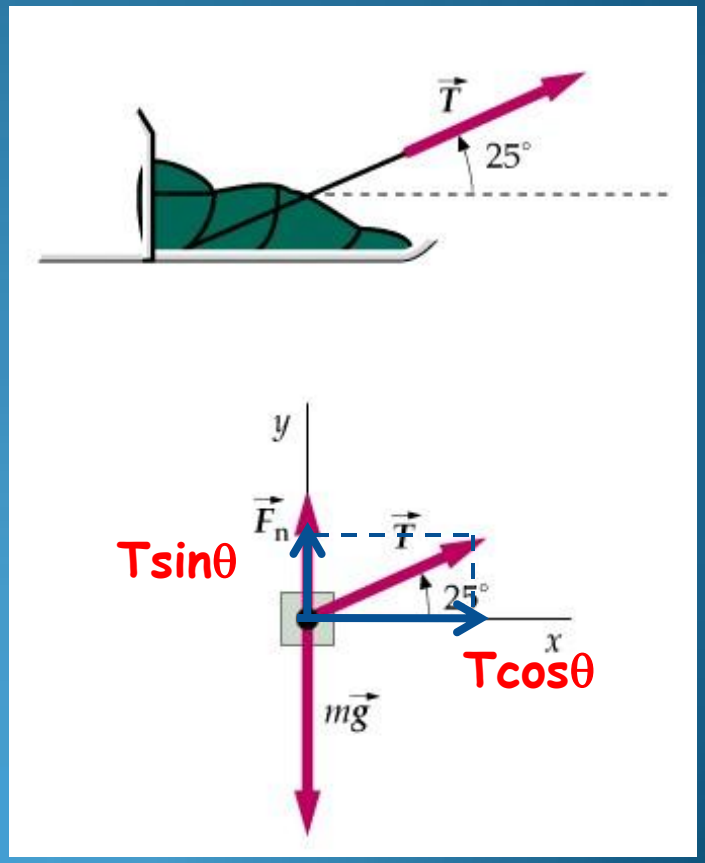




Exemplo

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.

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



Na direção y:

$$F_n - mg + T\sin 25° = 0$$

Na direção x:

$$T\cos 25° = F_{res_x} = ma_x$$

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

$$F_n = mg - T\sin 25° = 7{,}2x10^2 N$$

Exemplo

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.

Em y: $$F_n - mg\cos\theta = 0$$

Em x: $$mg\sin\theta = F_{res} = ma_x$$

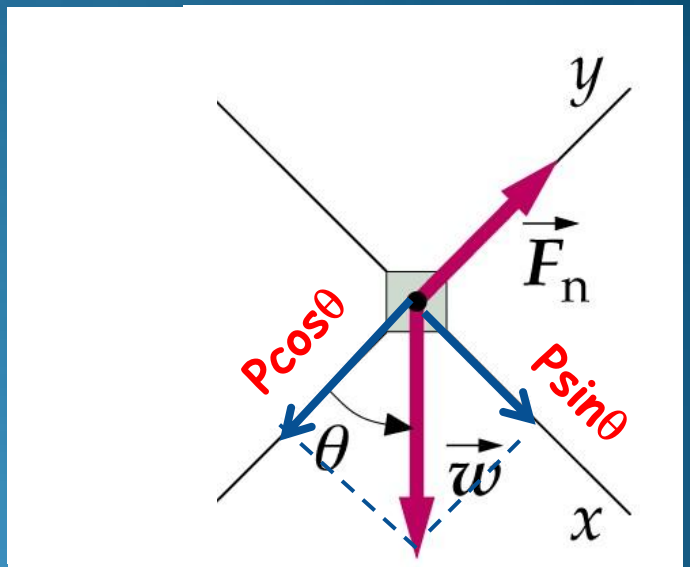
$$a_x = g\sin\theta$$

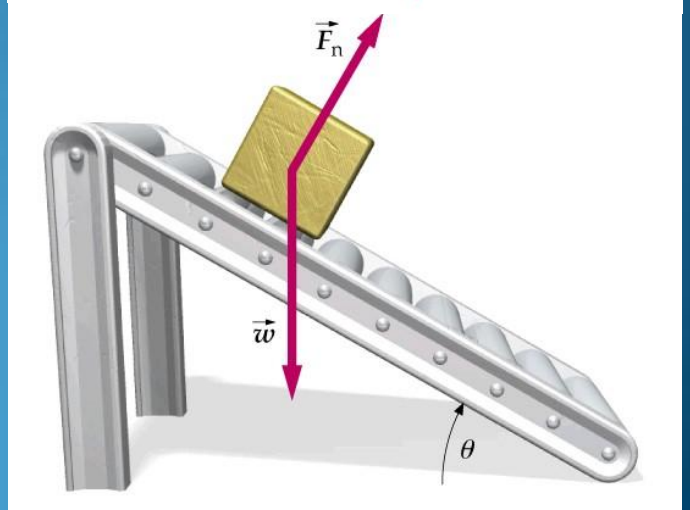
$$\sin\theta\Delta x = h = 1m$$

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

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

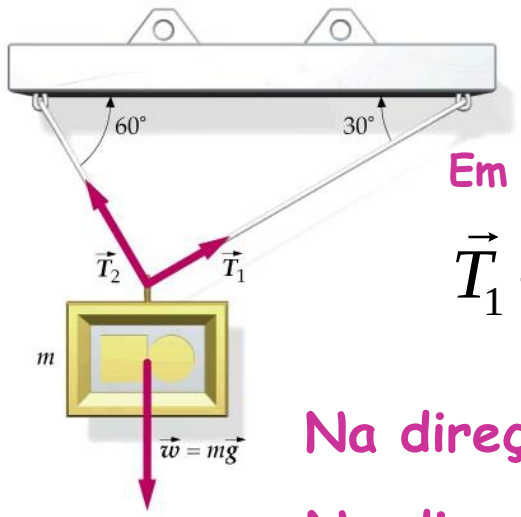
$$\theta_{\max} = 34{,}4°$$





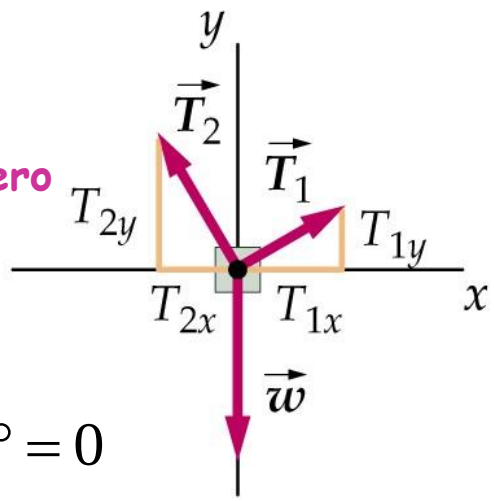
Mais exemplos

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



Em equilibrio = Força resultante é zero

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



Na direção x: $T_1 \cos 30° - T_2 \cos 60° = 0$

Na direção y: $T_1 \sin 30° + T_2 \sin 60° - P = 0$

$$T_2 = \frac{T_1 \cos 30°}{\cos 60°}$$

$$T_1 \sin 30° + \frac{T_1 \cos 30°}{\cos 60°} \sin 60° = P$$

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

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

Mais exemplos

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° com a vertical.

a) Qual é a aceleração do avião?

b) Se a massa do ioiô é 40,0 g, qual é a tensão no cordão?

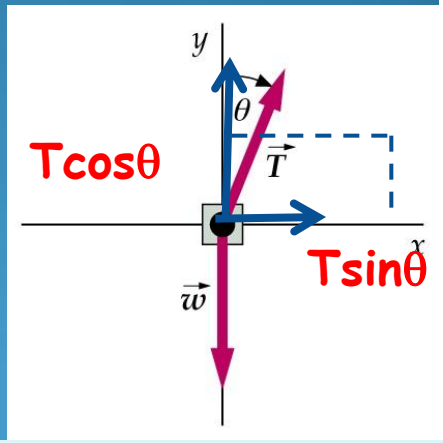
$$\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$$

Em y: $T\cos\theta - mg = 0$

Em x: $T\sin\theta = ma_x$

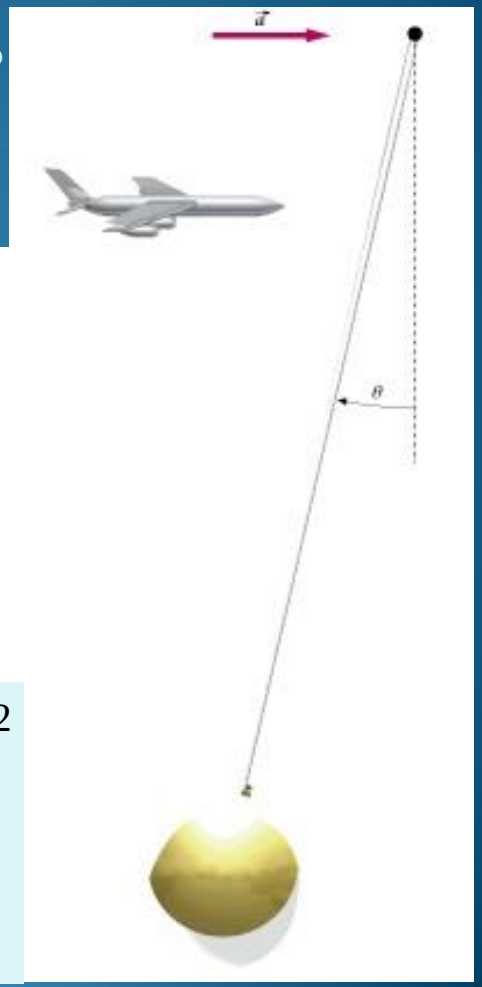
$$T = \frac{mg}{\cos\theta}$$

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



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

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



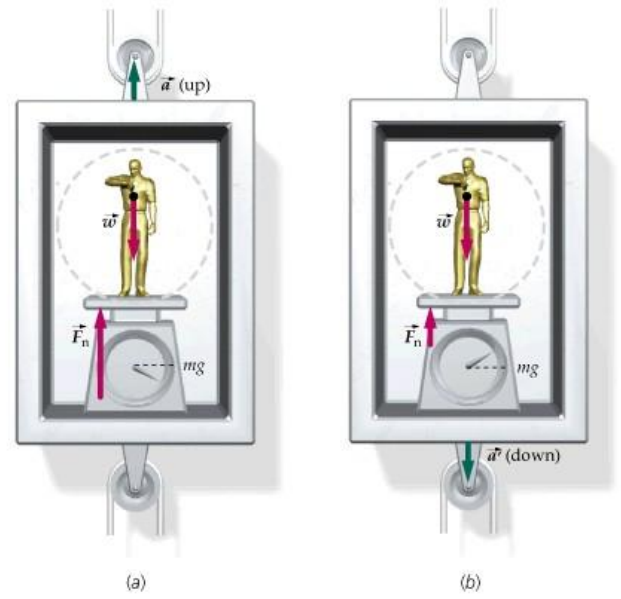
Mais exemplos

Sua massa é de 80 kg e voce está sobre uma balança presa ao piso de um elevador. Qual a leitura da escala quando

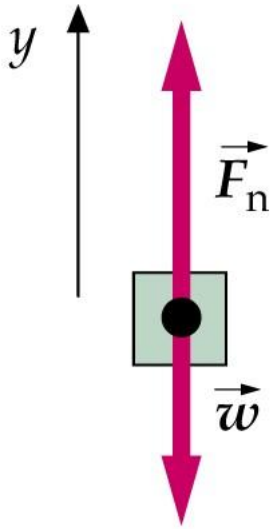
(a) o elevador está subindo com uma aceleração para cima de magnitude a;

(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?



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



A indicação da balança é dada pela força normal

$$F_n - mg = ma$$

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

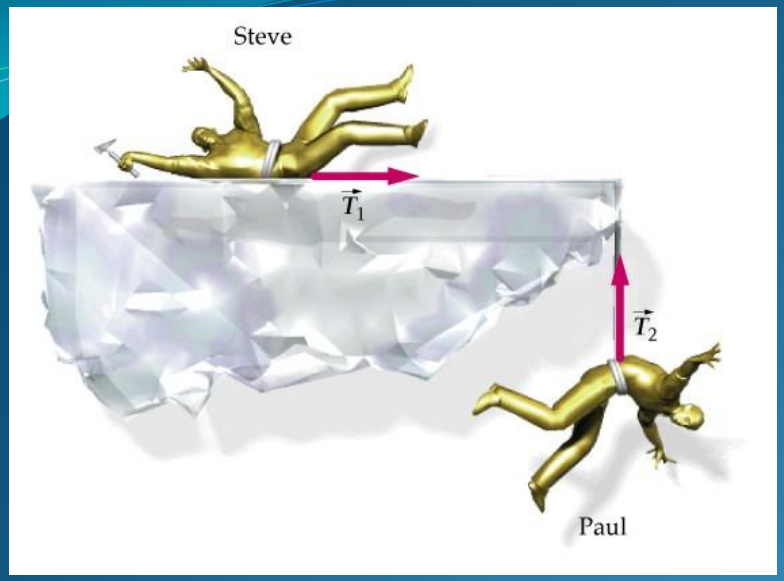
(b) $F_n = m(g - a')$

(c) Aceleração para baixo

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

$$F_n = 1{,}4x10^2\ N$$

Mais exemplos



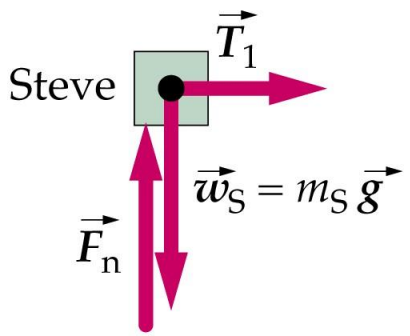
Um montanhista cai acidentalmente de uma geleira e fica dependurado por uma corda presa a seu companheiro. Antes do segundo fazer uso de seu piquete, ele escorrega sem atrito pelo gelo. Encontre a aceleração de cada montanhista e a tensão na corda.

$$a_s = a_p = a$$

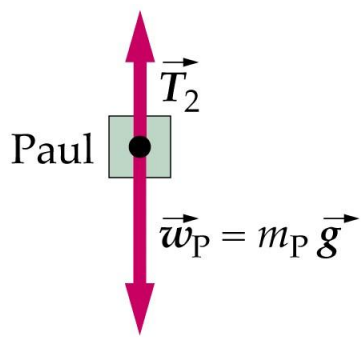
$$|T_1| = |T_2| = T$$

$$T = m_s a$$

$$m_p g - T = m_p a$$



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

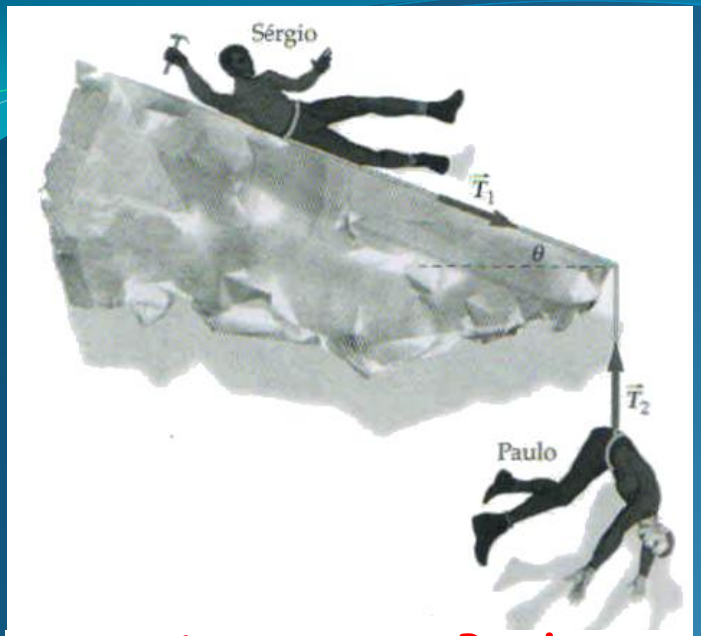


$$\vec{P}_p + \vec{T}_2 = m_p \vec{a}_p$$

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

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

Mais exemplos



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.

$$a_s = a_p = a$$

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

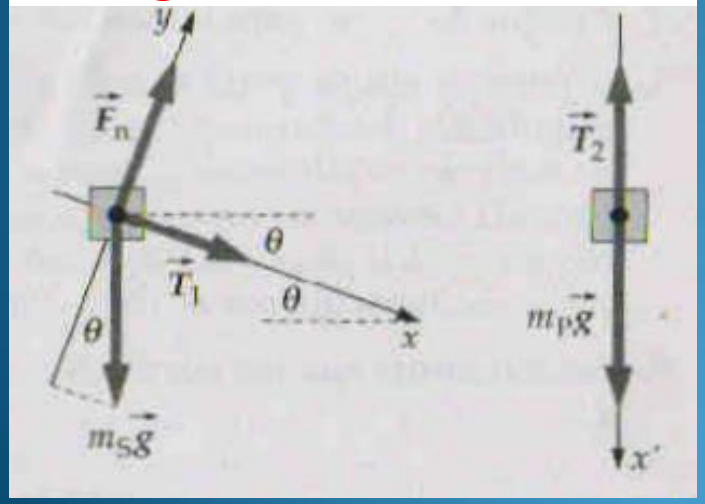
Sergio

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

Paulo

$$m_p g - T = m_p a$$

Sergio **Paulo**



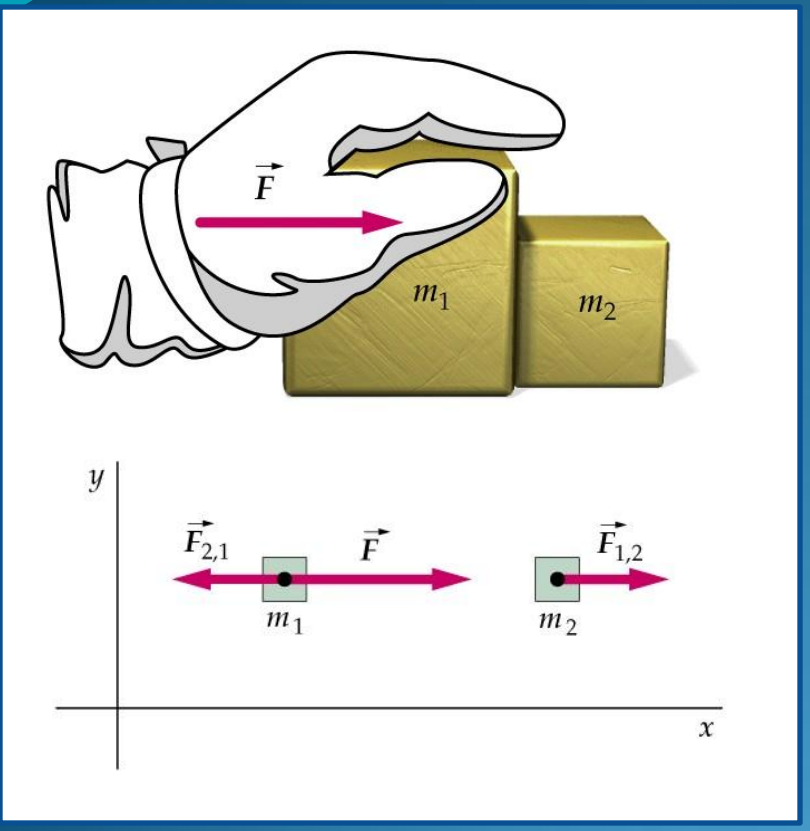
$$\vec{P}_p + \vec{T}_2 = m_p \vec{a}_p$$

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

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

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

Mais exemplos



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?

$$a_1 = a_2 = a$$

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

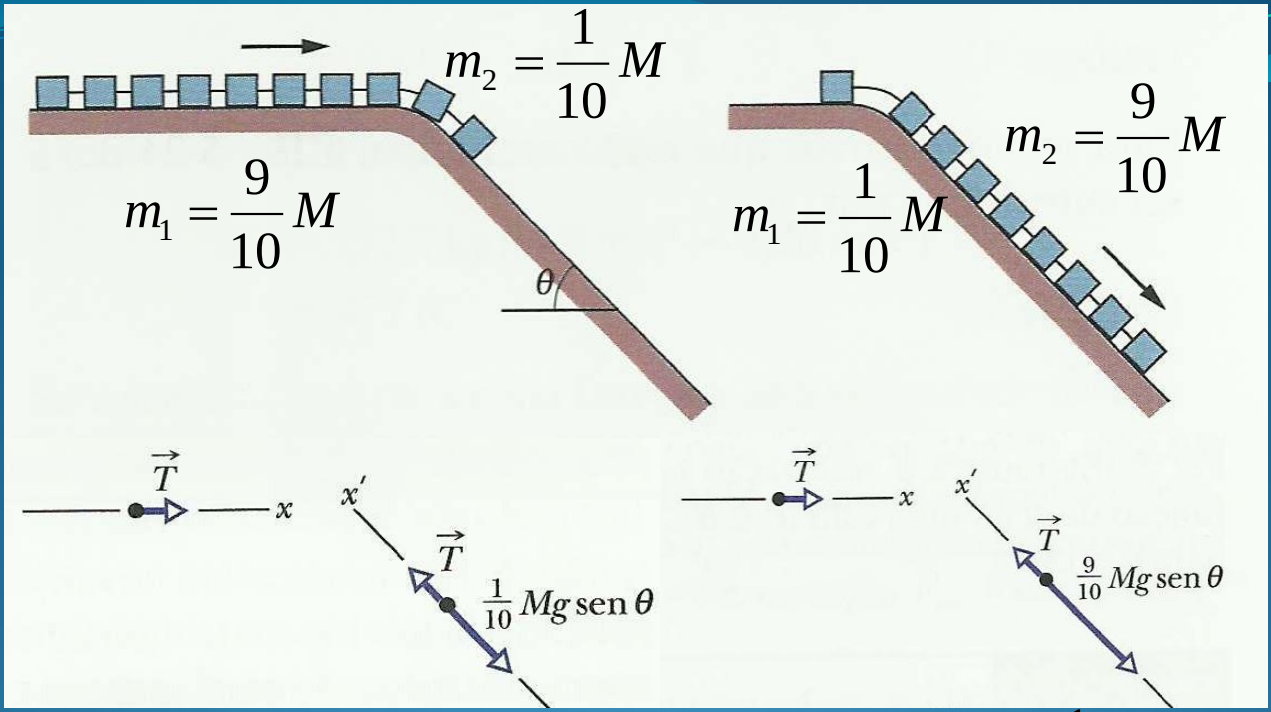
$$\vec{F} + \vec{F}_{21} = m_1\vec{a}_1 \qquad F - F_{12} = m_1 a$$

$$\vec{F}_{12} = m_2\vec{a}_2 \qquad F_{12} = m_2 a$$

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

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

Leis de Newton



$$T = m_1 a_x = \frac{9}{10}Ma$$

$$-T + \frac{1}{10}Mgsen\theta = m_2 a$$

$$-\frac{9}{10}Ma + \frac{1}{10}Mgsen\theta = \frac{1}{10}Ma$$

$$a = \frac{1}{10}gsen\theta$$

$$T = m_1 a_x = \frac{1}{10}Ma$$

$$-T + \frac{9}{10}Mgsen\theta = m_2 a$$

$$-\frac{1}{10}Ma + \frac{9}{10}Mgsen\theta = \frac{9}{10}Ma$$

$$a = \frac{9}{10}gsen\theta$$