



Aula 03

Forças e Movimentos II

A terceira Lei de Newton

Força e movimento

Mecânica Newtoniana

Tensão

A terceira Lei de Newton

Resolução de problemas de dinâmica

Terceira Lei de Newton

Quando dois corpos interactuam, a força \vec{F}_{12} exercida pelo corpo 1 no corpo 2 é *igual* em módulo e direcção e *oposta* em sentido à força \vec{F}_{21} exercida pelo corpo 2 no corpo 1

Atenção à notação: \vec{F}_{AB} é a força exercida pelo corpo A no corpo B

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Terceira Lei de Newton, Enunciados Alternativos

As forças ocorrem sempre aos pares;

Uma única força isolada não pode existir;

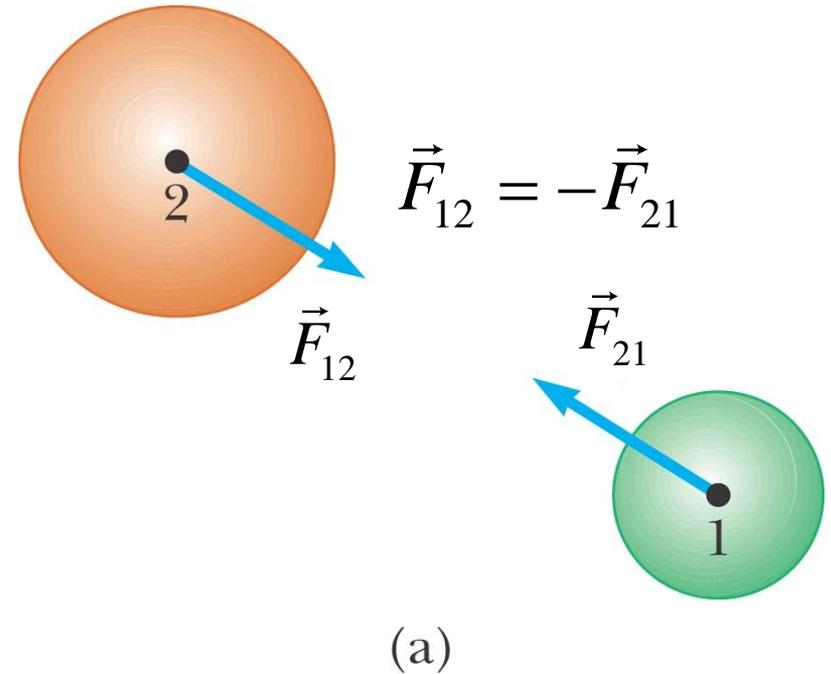
A **acção** é igual, em módulo e direcção, e oposta em sentido à **reacção**:

- Uma das forças é a acção e a outra a reacção;
- É indiferente qual das forças do par é denominada acção e qual é denominada reacção;
- As forças de acção e reacção *actuam em corpos diferentes* e são do *mesmo* tipo.

Acção e Reacção: Exemplos

A força \vec{F}_{12} exercida pelo corpo 1 no corpo 2 é igual em módulo e direcção e tem o sentido oposto ao da força \vec{F}_{21} exercida pelo corpo 2 no corpo 1

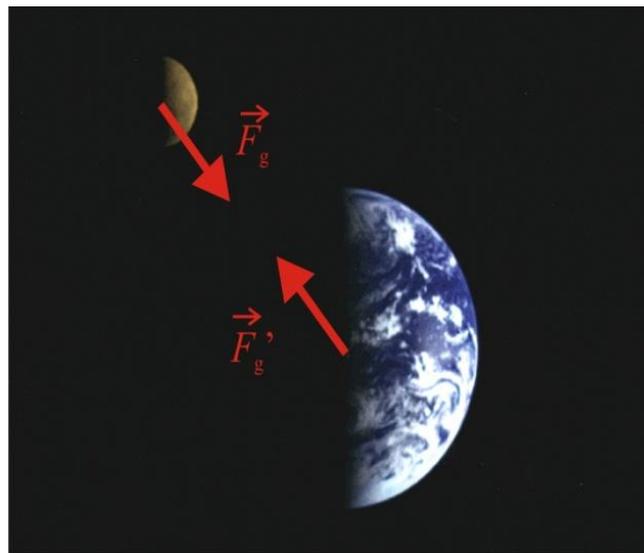
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



A busca das leis da Natureza

Exemplo 1:

A força gravítica exercida pela Terra na Lua tem exactamente a mesma intensidade que a força gravítica exercida pela Lua na Terra. Estas duas forças constituem um par de forças de interacção recíproca.



A busca das leis da Natureza

Exemplo 2:

A força exercida pelo televisor na mesa tem a mesma intensidade e sentido oposto ao da força exercida pela mesa no monitor. Estas duas forças constituem um par de forças de interacção recíproca. Repare-se que as duas forças exercem-se em corpos diferentes.

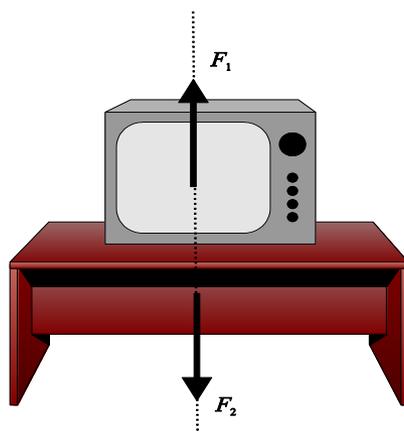
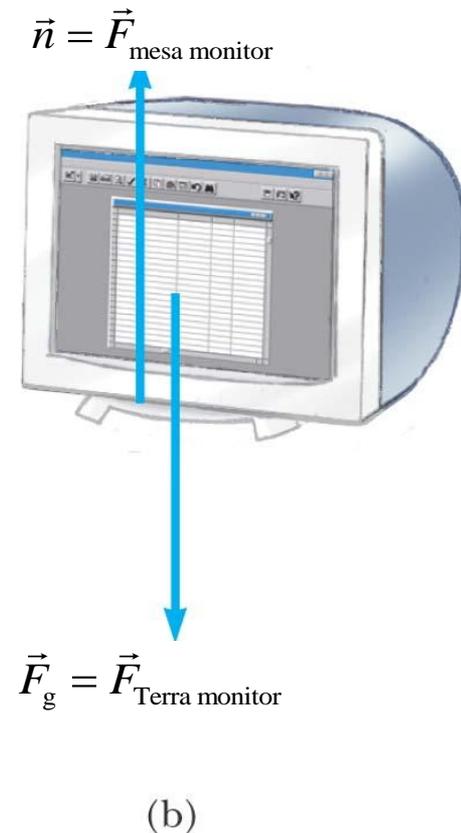


Diagrama de Forças

Num **diagrama de forças** apresentamos as forças que actuam num único corpo, neste caso o **monitor**;

A **força** exercida pela mesa, **normal** à superfície, e a **força da gravidade** são, neste caso, as forças que actuam no monitor.

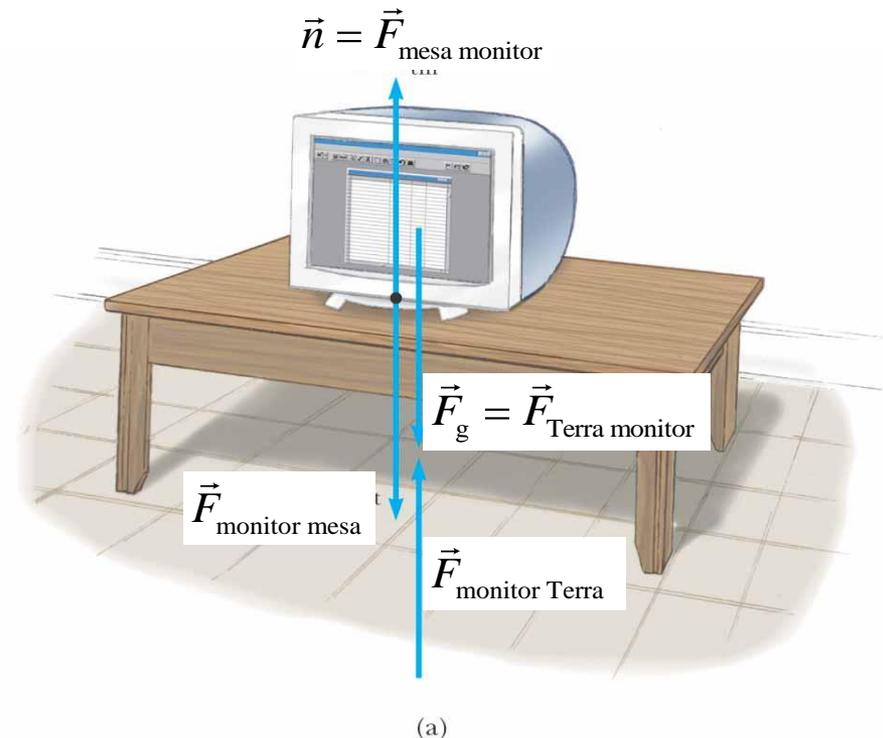


© 2004 Thomson/Brooks Cole

Acção e Reacção Exemplos

A força normal (da mesa sobre o monitor) é a reacção à força que o monitor exerce na mesa. Neste caso, *normal* significa *perpendicular*.

A **acção** \vec{F}_{g} (da Terra sobre o monitor) é igual em módulo e direcção e tem o sentido oposto ao da **reacção**, a força que o monitor exerce sobre a Terra.



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Aplicações das Leis de Newton

Vamos supor que:

Os corpos que estamos a estudar podem ser considerados como partículas (estamos a estudar movimentos de *translação pura* – as características do movimento de todas as partículas de um corpo são as mesmas);

As massas dos fios ou cordas são *desprezáveis*

Quando um fio ligado a um corpo está a puxá-lo, a força que é exercida pelo fio é a tensão, \vec{T} , da corda

Só estamos interessados nas forças externas que se exercem no corpo

Estamos a lidar com superfícies sem atrito.

Corpos em Equilíbrio

Se a aceleração do corpo (considerado como partícula) é nula, diz-se que o corpo está em **equilíbrio**;

Do ponto de vista matemático, a força resultante (de todas as forças exteriores) que actua no corpo é nula.

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\sum F_x = 0; \quad \sum F_y = 0; \quad \sum F_z = 0;$$

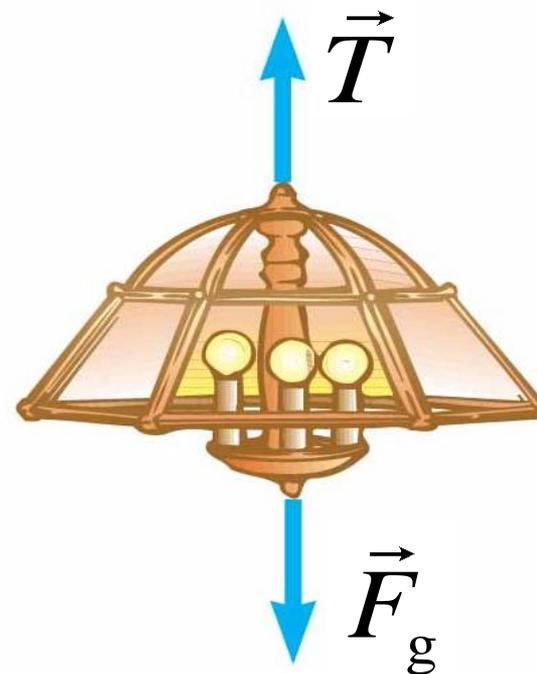
Equilíbrio, Exemplo 1

Um candeeiro está suspenso por uma corrente de massa desprezável;

As forças que actuam no candeeiro são:

A força da gravidade \vec{F}_g

A tensão da corrente \vec{T}



Equilíbrio, Exemplo 1

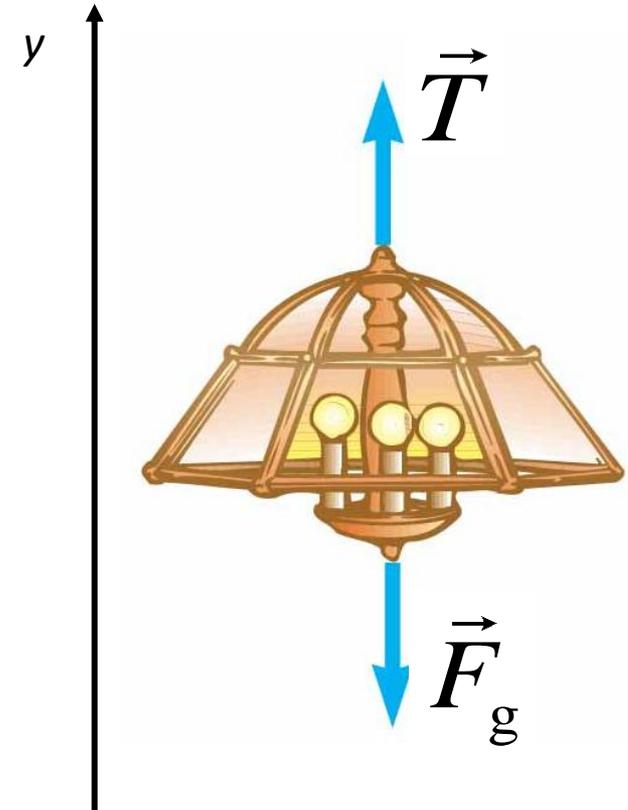
A condição de equilíbrio é

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

- Escolhemos um referencial apropriado
- A equação vectorial do equilíbrio corresponde, neste referencial, a uma única equação escalar

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T - F_g = 0$$

$$T = F_g$$



Equilíbrio, Exemplo 1

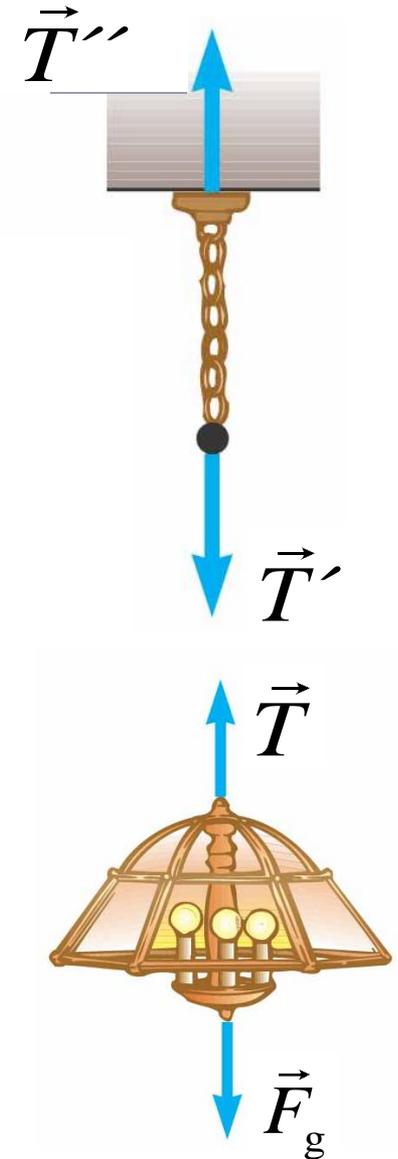
As forças que actuam *na corrente*

são \vec{T}' e \vec{T}''

\vec{T}'' é a força exercida pelo tecto

\vec{T}' é a força exercida pelo candeeiro

- \vec{T}' é a força de reacção a \vec{T}
- Apenas \vec{T} surge no diagrama de forças **do candeeiro**, porque \vec{T}' e \vec{T}'' não actuam no candeeiro

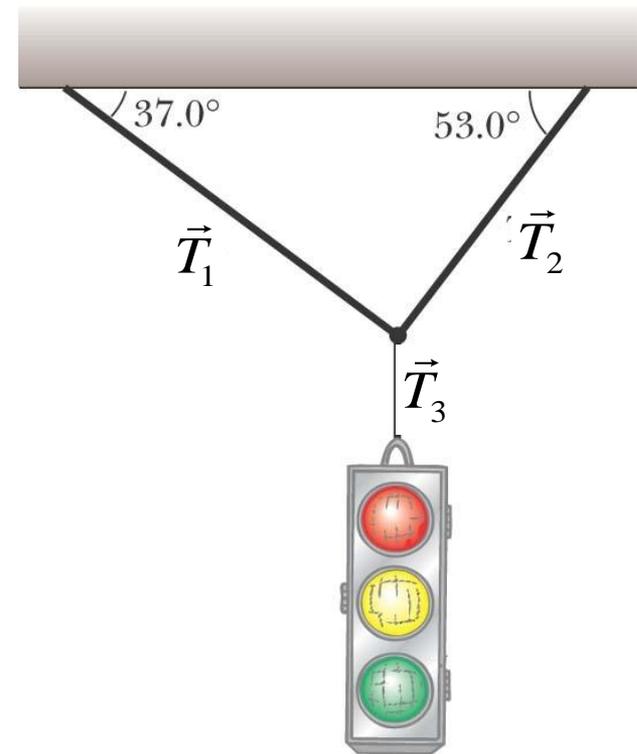


Equilíbrio, Exemplo 2

Identificamos as forças que surgem no exemplo;

O semáforo está em equilíbrio:

Não há movimento, portanto a aceleração é nula.



(a)

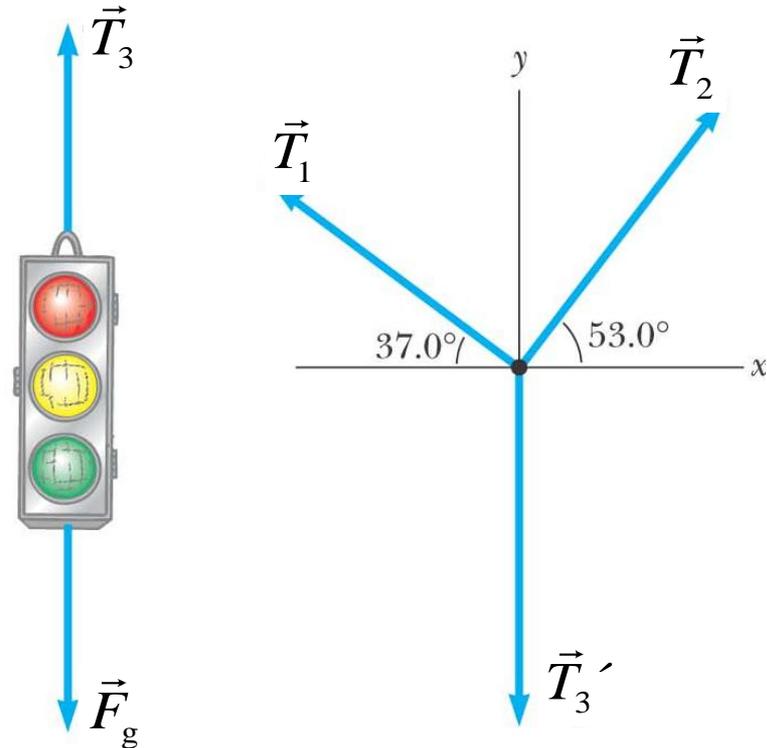
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Equilíbrio, Exemplo 2

Análise

Precisamos de dois diagramas de forças

- Aplicamos a equação do equilíbrio ao semáforo e obtemos \vec{T}_3
- Aplicamos as equações de equilíbrio ao ponto de intersecção dos fios e obtemos \vec{T}_1 e \vec{T}_2



Corpos Actuados por uma Força Resultante não Nula

Se um objecto (considerado como partícula) tem aceleração, tem que existir uma força resultante não nula a actuar nele;

Desenhamos um diagrama de forças;

Aplicamos a segunda Lei de Newton.

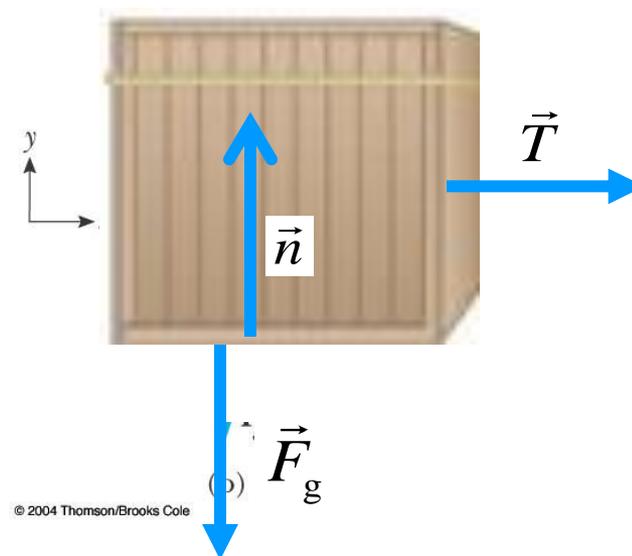
Segunda Lei de Newton, Exemplo 1

Forças que actuam no caixote:

- A tensão da corda \vec{T}
- A força gravítica, \vec{F}_g
- A força \vec{n} , exercida pelo chão



(a)



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Segunda Lei de Newton, Exemplo 1

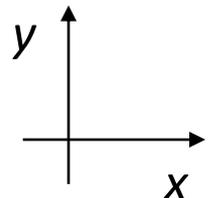
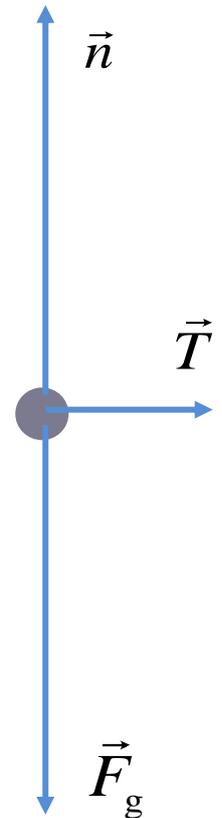
- Desenhamos o diagrama de forças;
- Aplicamos a 2.ª Lei de Newton:

$$\sum \vec{F}_i = \vec{T} + \vec{F}_g + \vec{n} = m\vec{a}$$

- Escolhemos um sistema de referência inercial;
- Obtemos as equações escalares:

$$n - F_g = 0$$

$$T = ma_x$$

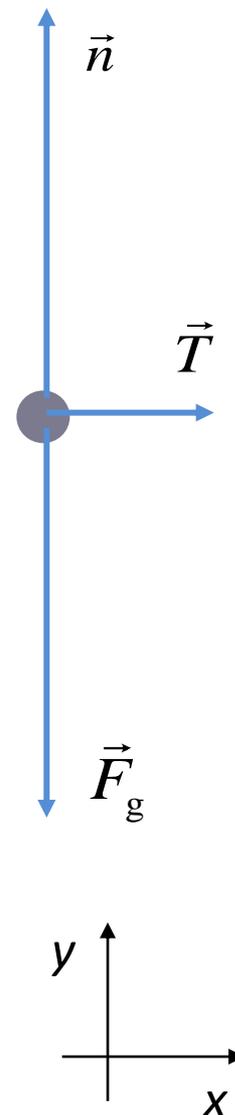


Segunda Lei de Newton, Exemplo 1

$$n - F_g = 0$$

$$T = ma_x$$

- Se T é constante, então a_x é constante e as equações da cinemática do movimento com aceleração constante podem ser utilizadas para descrever o movimento do caixote.

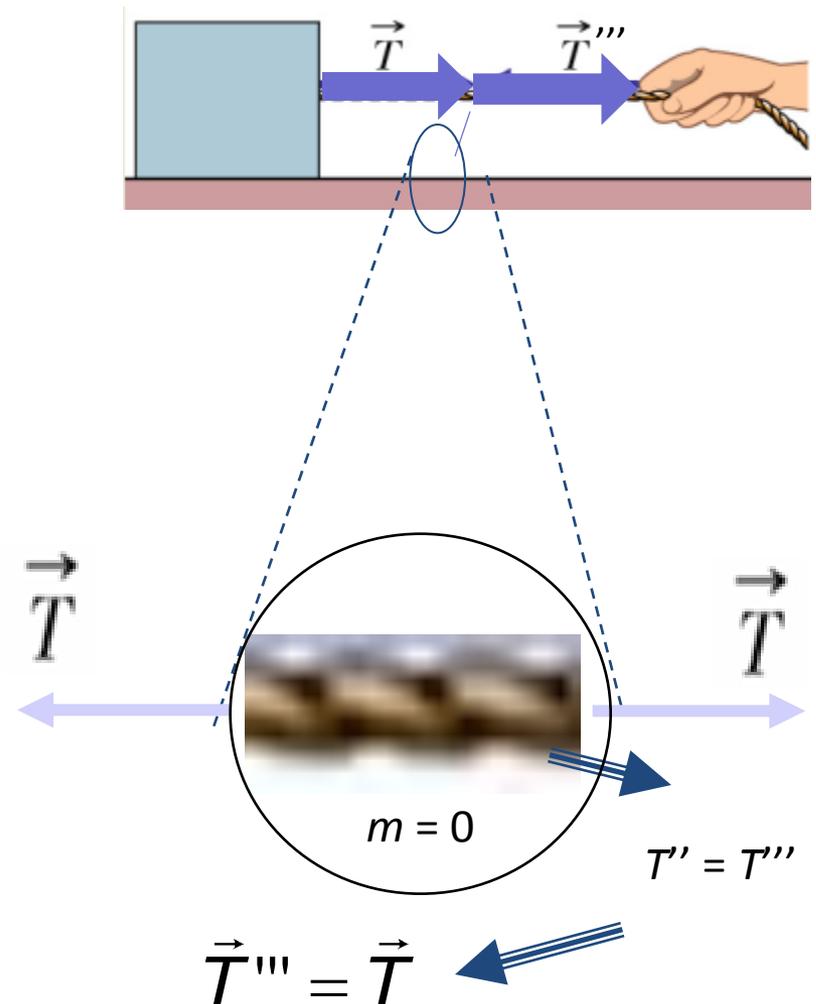


A Tensão numa Corda

Supomos que a corda ou o fio tem massa nula (significa que é desprezável em relação às massas dos restantes corpos do problema);

O módulo de \vec{T} (a tensão da corda) é constante em todos os pontos da corda se:

- se a massa da corda for nula (desprezável);
- ou
- se a corda estiver em repouso.



A Força Normal

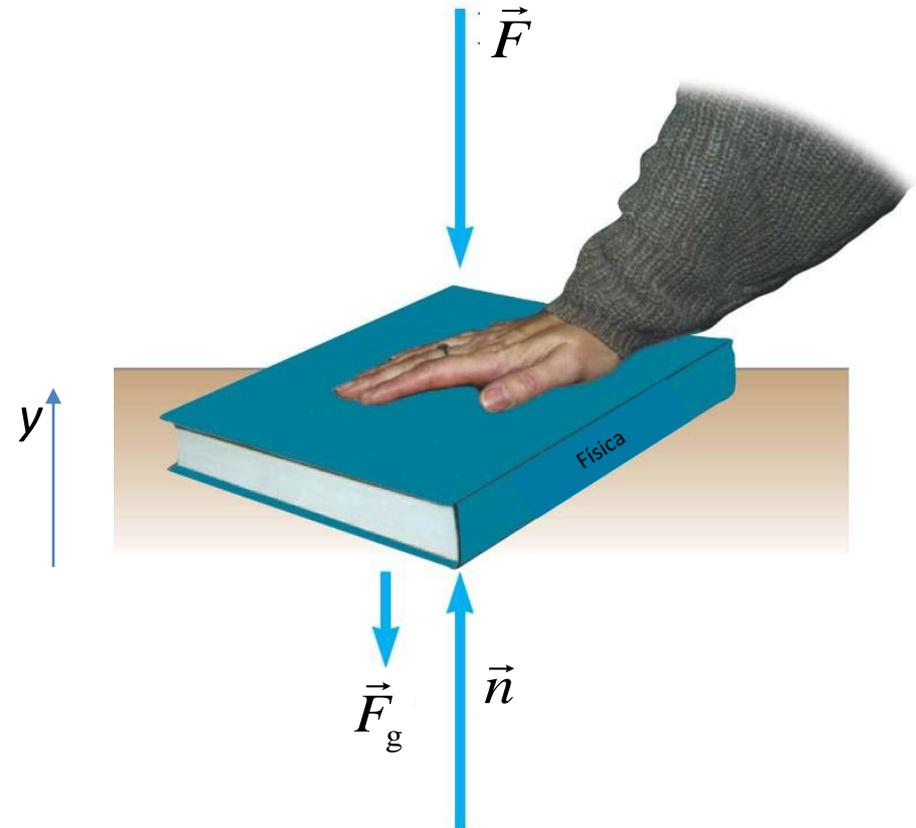
A força normal **não** é sempre igual, em módulo, à força gravítica que actua no corpo;

Por exemplo, neste caso:

$$\sum F_y = n - F_g - F = 0$$

$$\text{e } n = F_g + F$$

\vec{n} pode também ter módulo inferior ao de \vec{F}_g



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Planos Inclinados

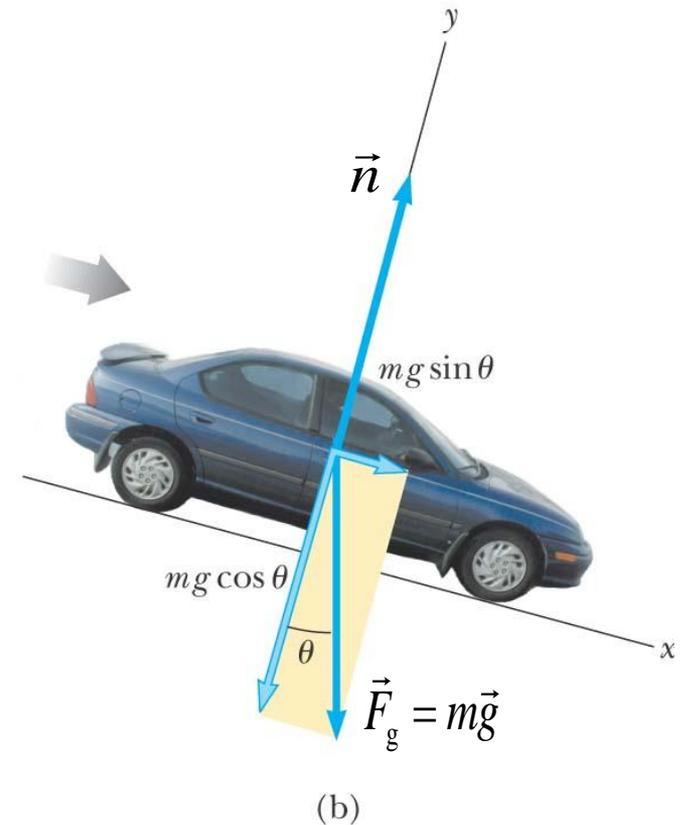
Forças que actuam no corpo:

A força normal, \vec{n} , é perpendicular ao plano;

A força gravítica, \vec{F}_g , está dirigida para baixo.

Escolhemos o sistema de referência com o eixo dos xx na direcção do plano e o eixo dos yy perpendicular ao plano inclinado;

Obtemos as componentes das forças segundo os eixos escolhidos.



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Mais do que um Corpo

Quando dois ou mais corpos estão ligados ou em contacto, as leis de Newton podem ser aplicadas ao sistema como um todo ou a cada corpo individualmente;

Se escolhermos um dos processos para resolver o problema, podemos utilizar o outro processo para verificar o resultado.

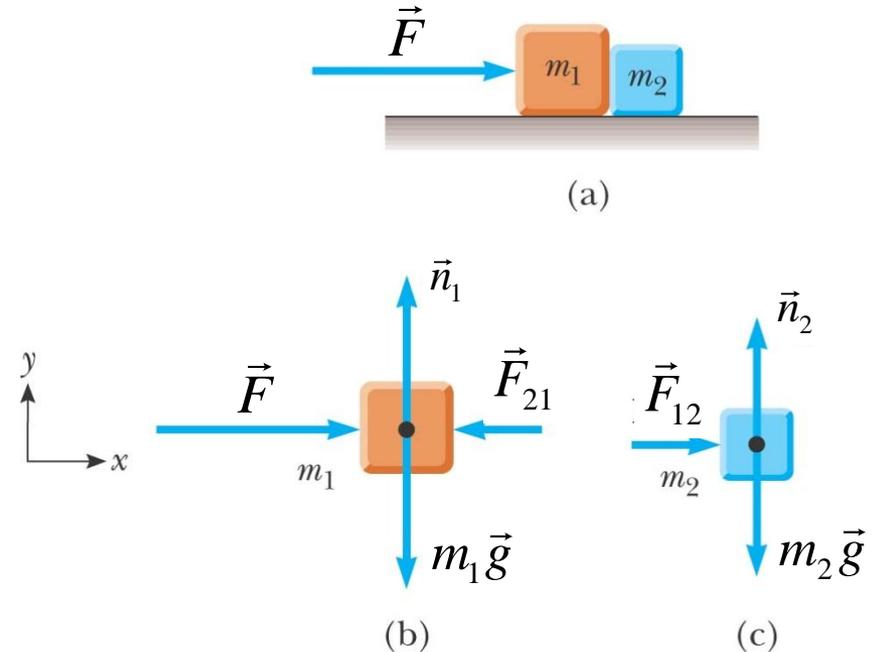
Mais do que um Corpo, Exemplo 1

Ou tratamos o problema como um todo (como se tivéssemos um único corpo):

$$\sum F_x = m_{\text{sistema}} a_x$$

ou aplicamos as leis de Newton a cada corpo individualmente e utilizamos:

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



\vec{F}_{21} e \vec{F}_{12} constituem um par de acção e reacção

Mais do que um Corpo, Exemplo 2

Forças que actuam nos corpos:

Tensão (com o mesmo módulo, a corda é a mesma);

Força gravítica;

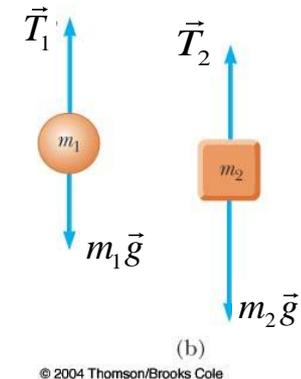
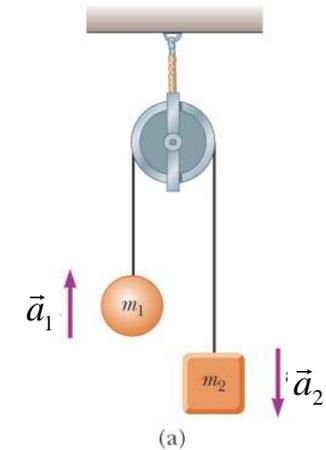
O módulo da aceleração é o mesmo para ambos os corpos porque estão ligados (movem-se solidariamente);

Traçamos os (dois) diagramas de forças;

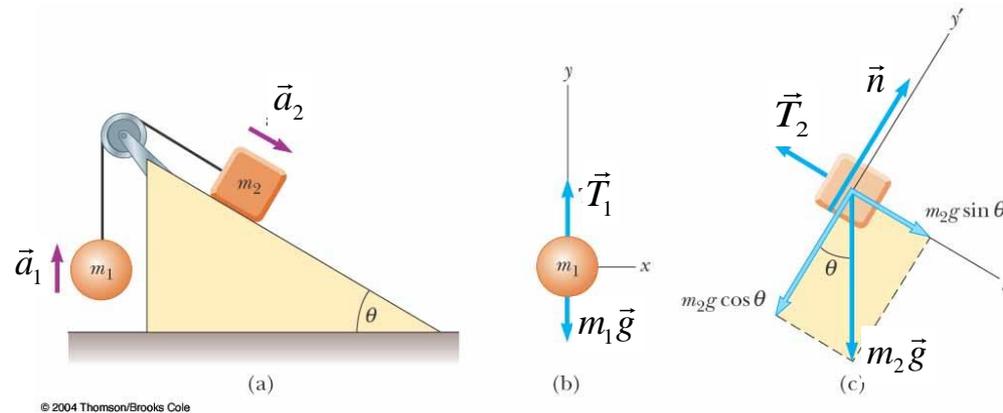
Aplicamos as leis de Newton;

Escolhemos os sistemas de referência apropriados;

Resolvemos as equações obtidas.



Mais do que um Corpo, Exemplo 3



Traçamos o diagrama de forças para cada corpo

O fio é o mesmo, as forças de tensão que actuam nos dois objectos possuem o mesmo módulo;

Os corpos estão ligados, os módulos das acelerações são iguais.

Aplicamos as Leis de Newton;

Resolvemos as equações obtidas.

Procedimento para Resolver Problemas de Dinâmica

1. Identificar os corpos a que o problema se refere e as forças aplicadas a cada um;
2. Traçar o diagrama de forças para cada um dos corpos em causa;
3. Escrever as equações que resultam da aplicação da 2.ª Lei de Newton a cada um dos corpos:
4. Escolher um ou mais sistemas de referência apropriados;
5. Obter as equações escalares que resultam da obtenção das componentes dos vectores que surgem nas equações obtidas em 3;
6. Acrescentar as equações que relacionam o movimento dos corpos;
7. Resolver o sistema de equações obtido (o número de equações terá de ser igual ao número de incógnitas do problema);
8. Ter em atenção as unidades dos resultados e analisá-los de forma crítica (Fazem sentido?).