

Leis do Movimento de Newton

Professor: Wilio A. R. Torres

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Graduação em Engenharia Civil
Disciplina: Física I - Campus Santa Luzia

30 de outubro de 2023



1 Introdução

- Motivação
- Massa
- Tipos de Forças
 - Classificação quanto à Natureza das Forças
 - Comportamento Elástico de Molas Helicoidais - Lei de Hooke
 - Peso, Dinamômetro e Quilograma-Força

2 Força e Movimento

- Força Resultante e Equilíbrio de uma Partícula
- Personalidades
 - Aristóteles e o movimento
 - Galileu e o Movimento
 - Isaac Newton e Albert Einstein
- Inércia
- Primeira Lei do Movimento de Newton
- Segunda Lei do Movimento de Newton
- Terceira Lei do Movimento de Newton

3 Exemplos

Dinâmica

Até agora apenas descrevemos o movimento: **CINEMÁTICA** (posição, velocidade, aceleração). Entretanto, é impossível **PREVER** movimentos usando somente a cinemática. A teoria do movimento é denominada **MECÂNICA** (cinemática, estática e dinâmica). A mecânica se baseia nas ideias de massa e força, relacionando estes conceitos físicos com grandezas cinemáticas (deslocamento, velocidade e aceleração).

1. Introdução

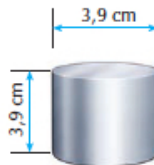
Dinâmica

Até agora apenas descrevemos o movimento: **CINEMÁTICA** (posição, velocidade, aceleração). Entretanto, é impossível **PREVER** movimentos usando somente a cinemática. A teoria do movimento é denominada **MECÂNICA** (cinemática, estática e dinâmica). A mecânica se baseia nas ideias de massa e força, relacionando estes conceitos físicos com grandezas cinemáticas (deslocamento, velocidade e aceleração).

Dinâmica é a parte da Mecânica que estuda os movimentos e as causas que os produzem ou os modificam. Aqui far-se-á necessária a apresentação das Leis que regem os movimentos, envolvendo conceitos tais como força, massa, energia; dentre outros. Nesta parte do curso será abordada a chamada **Mecânica Clássica**. Todos os fenômenos da mecânica clássica podem ser descritos mediante a utilização de três leis, denominadas leis de Newton ou do movimento. Daí o nome **Mecânica Newtoniana**.

2. Noção Operacional de Massa

Massa é uma grandeza que atribuímos a cada corpo obtida pela comparação do corpo com um padrão, usando-se o princípio da balança de braços iguais. O corpo-padrão pode ser o quilograma-padrão.



2. Noção Operacional de Massa

Massa é uma grandeza que atribuímos a cada corpo obtida pela comparação do corpo com um padrão, usando-se o princípio da balança de braços iguais. O corpo-padrão pode ser o quilograma-padrão.



O quilograma-padrão é um pequeno cilindro de platina (90%) e irídio (10%) mantido no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, nas proximidades de Paris. Por definição, sua massa é 1 quilograma (símbolo: kg).

3. Noção Intuitiva de Força

Múltiplos e Submúltiplos

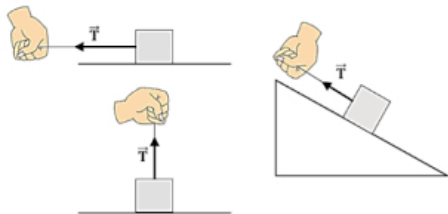
- $1,0mg = 1,0 \times 10^{-3}g = 1,0 \times 10^{-6}kg.$
- $1,0g = 1,0 \times 10^{-3}kg.$
- $1,0Ton = 1,0T = 1,0 \times 10^3kg$

3. Noção Intuitiva de Força

Múltiplos e Submúltiplos

- $1,0mg = 1,0 \times 10^{-3}g = 1,0 \times 10^{-6}kg.$
- $1,0g = 1,0 \times 10^{-3}kg.$
- $1,0Ton = 1,0T = 1,0 \times 10^3kg$

Uma noção intuitiva de força está associada ao esforço muscular. Quando empurramos ou puxamos um objeto, exercemos força sobre ele.

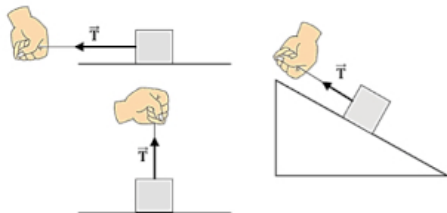


3. Noção Intuitiva de Força

Múltiplos e Submúltiplos

- $1,0mg = 1,0 \times 10^{-3}g = 1,0 \times 10^{-6}kg$.
- $1,0g = 1,0 \times 10^{-3}kg$.
- $1,0Ton = 1,0T = 1,0 \times 10^3kg$

Uma noção intuitiva de força está associada ao esforço muscular. Quando empurramos ou puxamos um objeto, exercemos força sobre ele.



A força é uma grandeza física vetorial, sendo, portanto, caracterizada pelos elementos: **módulo** (ou intensidade), **direção** e **sentido**.

- **Forças de Contato** são aquelas que se manifestam apenas se houver contato físico entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo podemos citar as forças das figuras do Slide 5.

Tipos de Força

- **Forças de Contato** são aquelas que se manifestam apenas se houver contato físico entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo podemos citar as forças das figuras do Slide 5.
- **Forças de Ação à Distância**, também chamadas **Forças de Campo**, são aquelas que se manifestam mesmo que não haja contato entre os corpos que estão interagindo. São exemplos:
 - Força de Campo Gravitacional: Força com que a Terra atrai uma maçã.

Tipos de Força

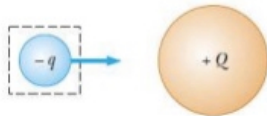
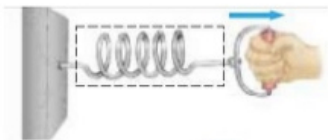
- **Forças de Contato** são aquelas que se manifestam apenas se houver contato físico entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo podemos citar as forças das figuras do Slide 5.
- **Forças de Ação à Distância**, também chamadas **Forças de Campo**, são aquelas que se manifestam mesmo que não haja contato entre os corpos que estão interagindo. São exemplos:
 - Força de Campo Gravitacional: Força com que a Terra atrai uma maçã.
 - Força de Campo Elétrico: Força entre o próton e o elétron no átomo.

Tipos de Força

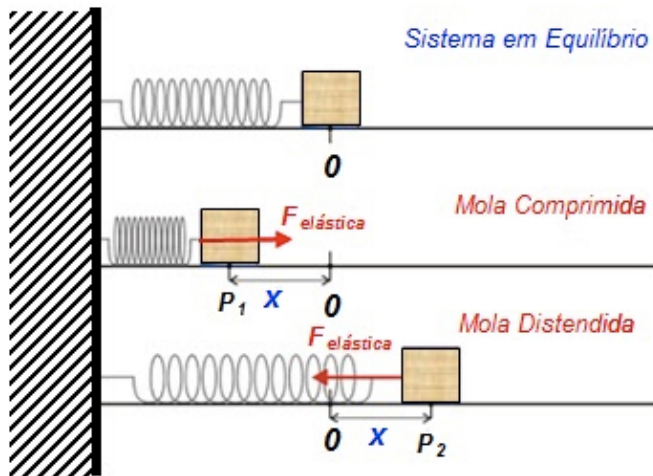
- **Forças de Contato** são aquelas que se manifestam apenas se houver contato físico entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo podemos citar as forças das figuras do Slide 5.
- **Forças de Ação à Distância**, também chamadas **Forças de Campo**, são aquelas que se manifestam mesmo que não haja contato entre os corpos que estão interagindo. São exemplos:
 - Força de Campo Gravitacional: Força com que a Terra atrai uma maçã.
 - Força de Campo Elétrico: Força entre o próton e o elétron no átomo.
 - Força de Campo Magnético: Força com que um ímã atrai um prego.

- **Forças de Contato** são aquelas que se manifestam apenas se houver contato físico entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo podemos citar as forças das figuras do Slide 5.
- **Forças de Ação à Distância**, também chamadas **Forças de Campo**, são aquelas que se manifestam mesmo que não haja contato entre os corpos que estão interagindo. São exemplos:
 - Força de Campo Gravitacional: Força com que a Terra atrai uma maçã.
 - Força de Campo Elétrico: Força entre o próton e o elétron no átomo.
 - Força de Campo Magnético: Força com que um ímã atrai um prego.
- **Forças de Deformação** são forças de contato que ao agirem sobre um corpo têm o efeito de provocar modificações em sua forma geométrica, provocando o que denominamos de **deformações**. As deformações podem ser elásticas ou permanentes.

Exemplos de Forças de Contato e de Campo



Molas Helicoidais e Deformações Elásticas



Lei de Hooke

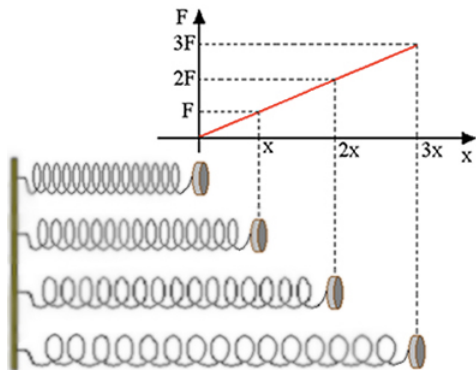
A força elástica restauradora exercida por uma mola em suas extremidades, comprimida ou esticada, é diretamente proporcional à deformação por ela sofrida.

$$F = k \cdot x$$

Lei de Hooke

A força elástica restauradora exercida por uma mola em suas extremidades, comprimida ou esticada, é diretamente proporcional à deformação por ela sofrida.

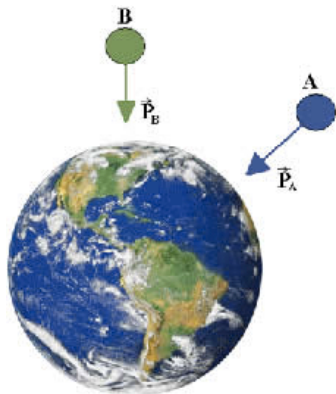
$$F = k \cdot x$$



O gráfico Força contra Deformação ($F \times x$) será uma reta inclinada passando pela origem. Sua inclinação é tanto maior quanto maior a constante elástica da mola.

A constante elástica é uma grandeza que mede o quão rígida (dura) é uma mola.

Peso de um Corpo



Peso é a força com que um astro celeste atrai um corpo colocado em suas proximidades, orientada radialmente para o centro geométrico deste astro.

O peso de um corpo é diferente em diferentes astros porque depende do valor da aceleração local da gravidade. A massa de um corpo, contudo, é a mesma para quaisquer astro em que ele é colocado.

Medida de Força e Dinamômetro

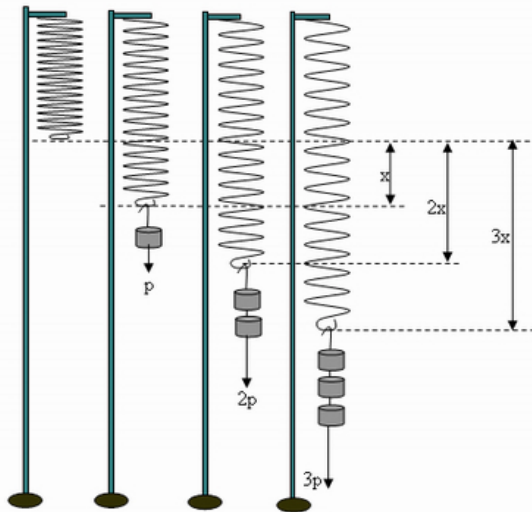


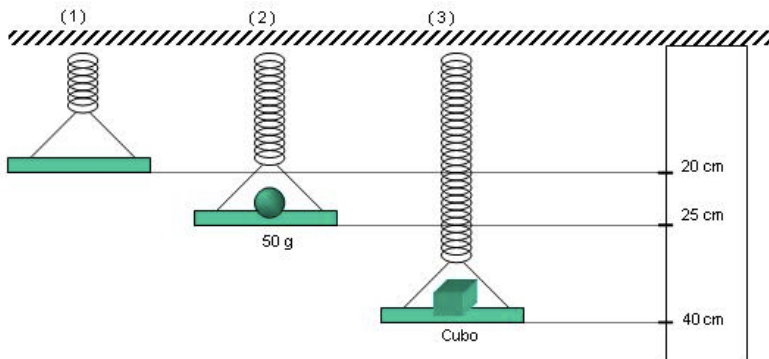
Figura 02

Podemos utilizar a propriedade de linearidade do comportamento de uma mola helicoidal para construir uma balança de mola, denominada **Dinamômetro**.

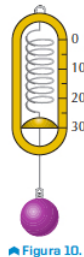
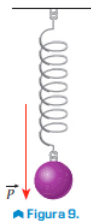
Um Quilograma-Força ($1,0kgf$) é definido como a força que corresponde ao peso de um corpo de massa $m = 1,0kg$ em uma região na qual a aceleração local da gravidade vale $g = 9,8m/s^2$.

Medida de Força e Dinamômetro - Exemplo

Qual é a massa do cubo?



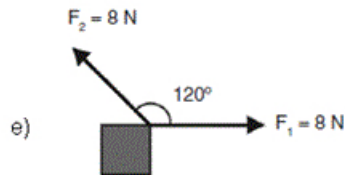
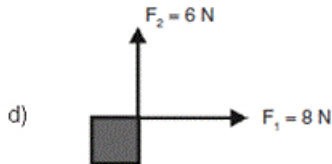
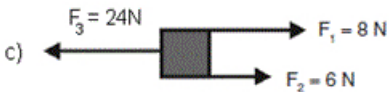
Medida de Força e Dinamômetro



É criada uma escala de forças, de modo que a deformação sofrida pela mola ao sustentar uma determinada carga é proporcional ao peso desta carga. Sustenta-se o dinamômetro por meio de um suporte e pendura-se o corpo cujo peso se deseja medir na extremidade inferior.

Força Resultante

Força Resultante, representada por \vec{F}_R ou $\sum \vec{F}$, é a soma vetorial de todas as forças que agem sobre um corpo.



Equilíbrio de uma Partícula

A aplicação das Leis de Newton vai, em muitas ocasiões, encontrar partículas que estão sujeitas a várias forças, mas essas forças se cancelam. Nesse caso dizemos que a força resultante sobre ela é um vetor nulo ($\vec{F}_R = \vec{0}$) e definimos este estado como equilíbrio.

Equilíbrio de uma Partícula

A aplicação das Leis de Newton vai, em muitas ocasiões, encontrar partículas que estão sujeitas a várias forças, mas essas forças se cancelam. Nesse caso dizemos que a força resultante sobre ela é um vetor nulo ($\vec{F}_R = \vec{0}$) e definimos este estado como equilíbrio.

Uma partícula é dita em **EQUILÍBRIO** em relação a um dado referencial quando a força resultante, \vec{F}_R , que atua sobre ela é nula.

Há dois tipos de equilíbrio de uma partícula:

Equilíbrio de uma Partícula

A aplicação das Leis de Newton vai, em muitas ocasiões, encontrar partículas que estão sujeitas a várias forças, mas essas forças se cancelam. Nesse caso dizemos que a força resultante sobre ela é um vetor nulo ($\vec{F}_R = \vec{0}$) e definimos este estado como equilíbrio.

Uma partícula é dita em **EQUILÍBRIO** em relação a um dado referencial quando a força resultante, \vec{F}_R , que atua sobre ela é nula.

Há dois tipos de equilíbrio de uma partícula:

- **Equilíbrio Estático:** Equilíbrio no qual a partícula encontra-se em repouso em relação a um dado referencial. Neste caso a partícula tem velocidade vetorial constante e nula, ($\vec{v} = \text{constante} = \vec{0}$).

Equilíbrio de uma Partícula

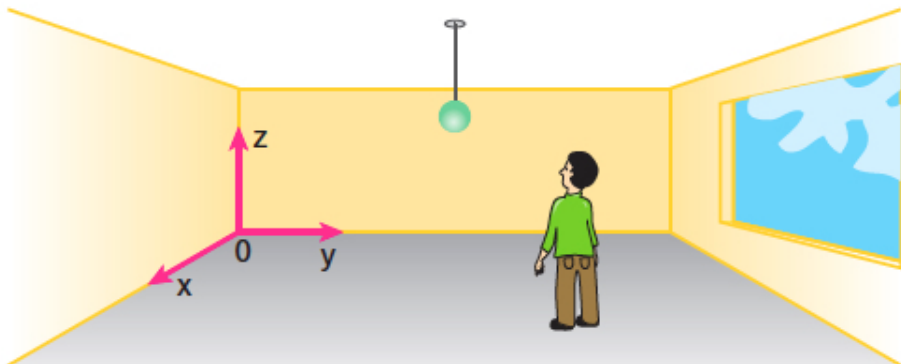
A aplicação das Leis de Newton vai, em muitas ocasiões, encontrar partículas que estão sujeitas a várias forças, mas essas forças se cancelam. Nesse caso dizemos que a força resultante sobre ela é um vetor nulo ($\vec{F}_R = \vec{0}$) e definimos este estado como equilíbrio.

Uma partícula é dita em **EQUILÍBRIO** em relação a um dado referencial quando a força resultante, \vec{F}_R , que atua sobre ela é nula.

Há dois tipos de equilíbrio de uma partícula:

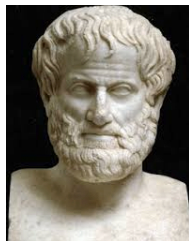
- **Equilíbrio Estático:** Equilíbrio no qual a partícula encontra-se em repouso em relação a um dado referencial. Neste caso a partícula tem velocidade vetorial constante e nula, ($\vec{v} = \text{constante} = \vec{0}$).
- **Equilíbrio Dinâmico:** Equilíbrio no qual a partícula encontra-se em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) em relação a um dado referencial. Neste caso a partícula apresenta velocidade vetorial constante e não nula.

Equilíbrio Estático



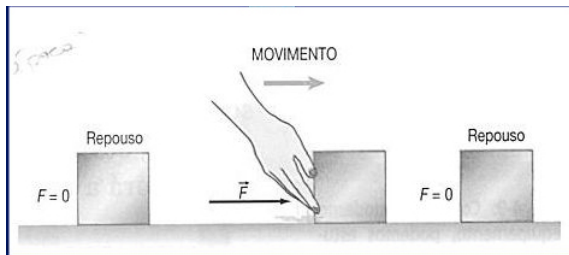
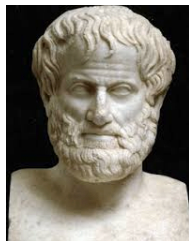
Aristóteles

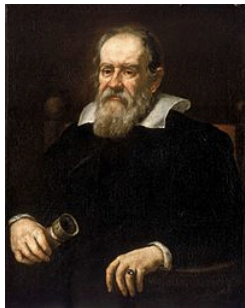
O filósofo grego Aristóteles (384 a.C - 322 a.C), nascido na cidade de Estagira, apresentaram teorias que vigoraram por muitos séculos por se adequarem ao pensamento religioso da época. Segundo Aristóteles o movimento de um corpo não é um estado natural. Para que ele ocorra, é necessária a ação de uma força.



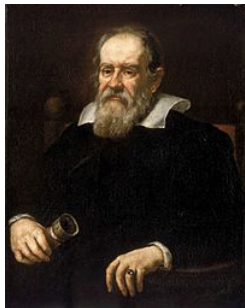
Aristóteles

O filósofo grego Aristóteles (384 a.C - 322 a.C), nascido na cidade de Estagira, apresentaram teorias que vigoraram por muitos séculos por se adequarem ao pensamento religioso da época. Segundo Aristóteles o movimento de um corpo não é um estado natural. Para que ele ocorra, é necessária a ação de uma força.

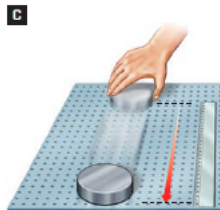
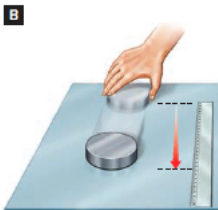
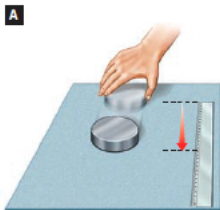




Galileu Galilei (1564 - 1642), italiano de Pisa, é considerado o pai da Ciência Moderna pela introdução do **Método Científico**, que consiste na compreensão e comprovação das leis da natureza por meio da experimentação sistemática. constatou que a tendência natural dos corpos, livres da ação de forças, é permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Sendo assim, **pode haver movimento mesmo na ausência de forças.**



Galileu Galilei (1564 - 1642), italiano de Pisa, é considerado o pai da Ciência Moderna pela introdução do **Método Científico**, que consiste na compreensão e comprovação das leis da natureza por meio da experimentação sistemática. constatou que a tendência natural dos corpos, livres da ação de forças, é permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Sendo assim, **pode haver movimento mesmo na ausência de forças**.



Isaac Newton e Albert Einstein



Isaac Newton (1642 - 1727), físico inglês de Woolsthorpe, considerado em seu próprio tempo como o maior gênio científico da história da humanidade, fundamentou-se nos trabalhos de Galileu para apresentar as **Leis do Movimento** em seu livro **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**, ou simplesmente, **Principia**.

Isaac Newton e Albert Einstein



Isaac Newton (1642 - 1727), físico inglês de Woolsthorpe, considerado em seu próprio tempo como o maior gênio científico da história da humanidade, fundamentou-se nos trabalhos de Galileu para apresentar as **Leis do Movimento** em seu livro **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**, ou simplesmente, **Principia**.

Albert Einstein (1879 - 1955), físico alemão de Ulm, considerado a personagem mais influente do século XX, criou, em 1905, a Teoria da Relatividade ao descobrir que os princípios da Mecânica Clássica de Galileu e Newton eram inadequados para descrever movimentos de corpos com velocidades acima de 10% da velocidade da luz ($c \approx 3,0 \times 10^8 m$).



Conceito de Inércia

Os experimentos realizados por Galileu mostram que todos os corpos dotados de massa oferecem uma oposição a mudanças no seu estado de movimento (mudança em sua velocidade vetorial). Somente mediante à ação de uma força é que um corpo experimenta mudanças na velocidade. À propriedade que corpos têm de oferecer uma oposição característica a mudanças em sua velocidade vetorial é dado o nome de **inércia**.

Conceito de Inércia

Os experimentos realizados por Galileu mostram que todos os corpos dotados de massa oferecem uma oposição a mudanças no seu estado de movimento (mudança em sua velocidade vetorial). Somente mediante à ação de uma força é que um corpo experimenta mudanças na velocidade. À propriedade que corpos têm de oferecer uma oposição característica a mudanças em sua velocidade vetorial é dado o nome de **inércia**.

Quanto maior a massa de um corpo maior a sua inércia, ou seja, maior é sua tendência de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Portanto, a massa é a propriedade que mede a inércia de um corpo. Desta forma, enuncia-se:

Conceito de Inércia

Os experimentos realizados por Galileu mostram que todos os corpos dotados de massa oferecem uma oposição a mudanças no seu estado de movimento (mudança em sua velocidade vetorial). Somente mediante à ação de uma força é que um corpo experimenta mudanças na velocidade. À propriedade que corpos têm de oferecer uma oposição característica a mudanças em sua velocidade vetorial é dado o nome de **inércia**.

Quanto maior a massa de um corpo maior a sua inércia, ou seja, maior é sua tendência de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Portanto, a massa é a propriedade que mede a inércia de um corpo. Desta forma, enuncia-se:

Lei da Inércia de Galileu

Um corpo em repouso e livre dos efeitos de forças externas tende a permanecer em repouso, por inércia. Um corpo inicialmente em movimento e livre dos efeitos de forças externas tende a permanecer em movimento retilíneo e uniforme (MRU).

Exemplos Fenomenológicos de Inércia



Exemplos Fenomenológicos de Inércia



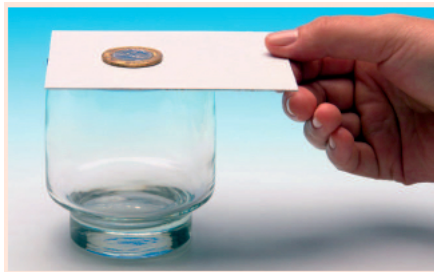
Exemplos Fenomenológicos de Inércia



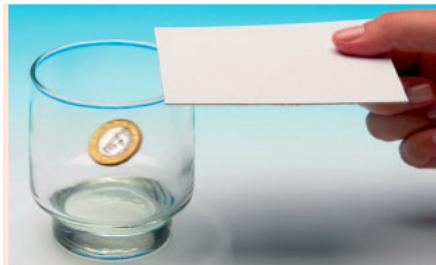
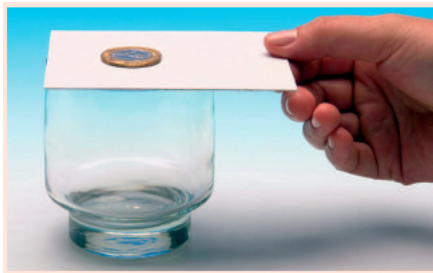
Exemplos Fenomenológicos de Inércia



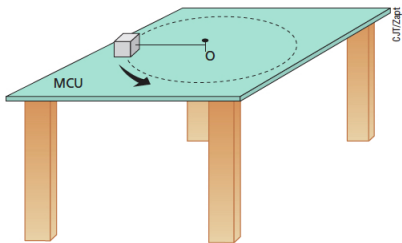
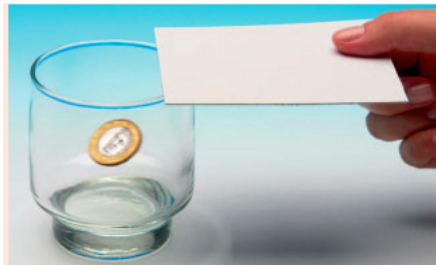
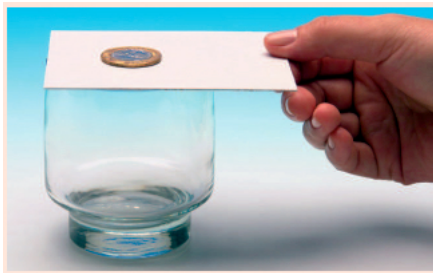
Exemplos Fenomenológicos de Inércia



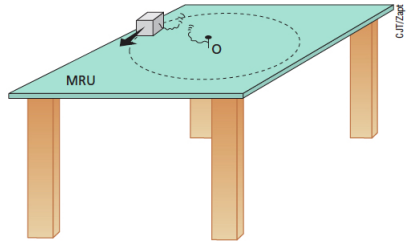
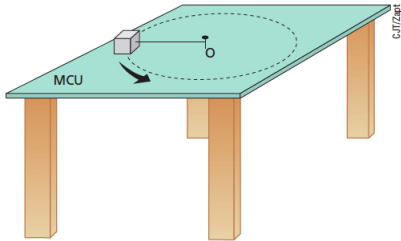
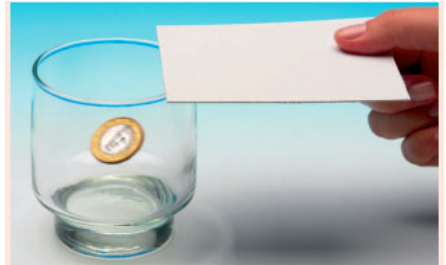
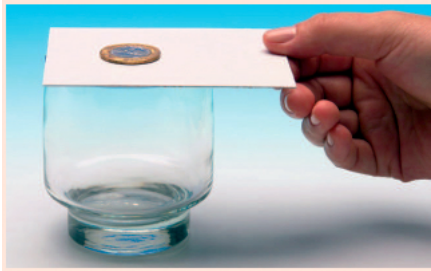
Exemplos Fenomenológicos de Inércia



Exemplos Fenomenológicos de Inércia



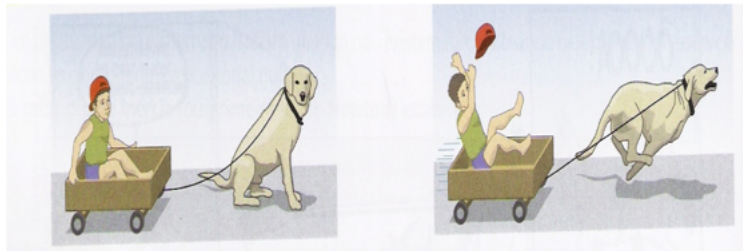
Exemplos Fenomenológicos de Inércia



Exemplos Fenomenológicos de Inércia



Exemplos Fenomenológicos de Inércia



Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia)

Na ausência de força resultante ($\sum \vec{F} = \vec{0}$) um corpo em repouso tende a permanecer em repouso e um corpo em movimento mover-se-á em linha reta e com velocidade constante (MRU).

Primeira Lei do Movimento de Newton

Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia)

Na ausência de força resultante ($\sum \vec{F} = \vec{0}$) um corpo em repouso tende a permanecer em repouso e um corpo em movimento mover-se-á em linha reta e com velocidade constante (MRU).

Newton disse que um corpo permanece em repouso...



se não houver nada que possa tirá-lo deste estado, ou seja, alguma interação com qualquer outro corpo.

Primeira Lei do Movimento de Newton



Um corpo em repouso tende a permanecer em repouso.

Primeira Lei do Movimento de Newton



Um corpo em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Referenciais Inerciais são aqueles para os quais é válido o Princípio da Inércia. Por observações astronômicas admite-se como inercial um referencial com origem no centro de massa do Sistema Solar (aproximadamente o centro do sol) e eixos orientados para três "estrelas fixas".

Referenciais Inerciais são aqueles para os quais é válido o Princípio da Inércia. Por observações astronômicas admite-se como inercial um referencial com origem no centro de massa do Sistema Solar (aproximadamente o centro do sol) e eixos orientados para três "estrelas fixas".

Tais estrelas fixas são aquelas para as quais as posições no firmamento tem se mantido invariáveis durante séculos de observações astronômicas. Este referencial é denominado **Referencial de Copérnico**.

Referenciais Inerciais são aqueles para os quais é válido o Princípio da Inércia. Por observações astronômicas admite-se como inercial um referencial com origem no centro de massa do Sistema Solar (aproximadamente o centro do sol) e eixos orientados para três "estrelas fixas".

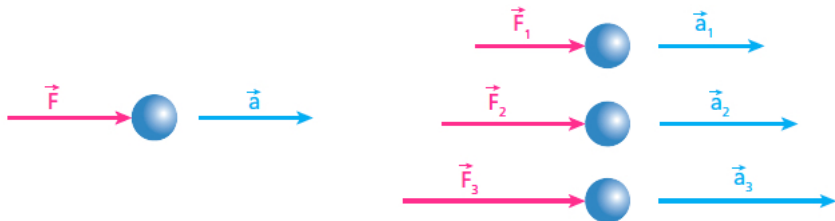
Tais estrelas fixas são aquelas para as quais as posições no firmamento tem se mantido invariáveis durante séculos de observações astronômicas. Este referencial é denominado **Referencial de Copérnico**.

Qualquer referencial que se apresente em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme em relação ao referencial de Copérnico é também inercial.

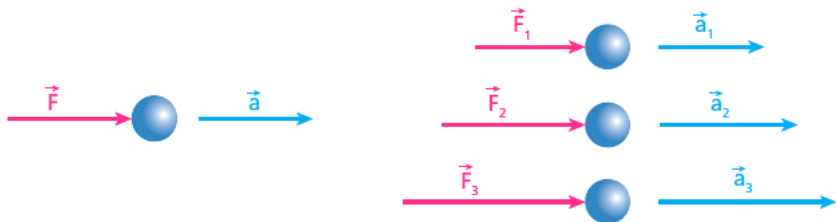
Princípio Fundamental da Dinâmica



Princípio Fundamental da Dinâmica

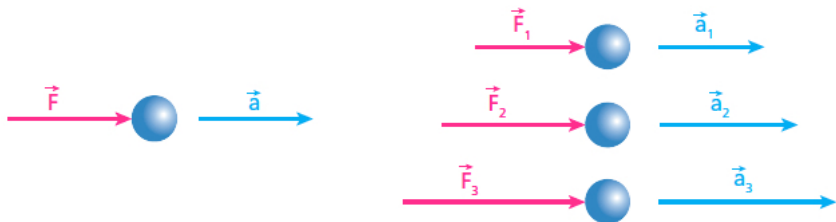


Princípio Fundamental da Dinâmica



$$\frac{F_3}{a_3} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_1}{a_1} = \textit{constante}$$

Princípio Fundamental da Dinâmica

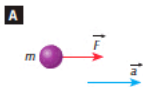


$$\frac{F_3}{a_3} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_1}{a_1} = \textit{constante}$$

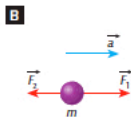
A constante de proporcionalidade é uma grandeza inversamente proporcional à aceleração adquirida, isto é, corresponde a uma medida na inércia do corpo. Portanto define-se a massa do corpo, de tal modo que

$$\frac{F}{a} \equiv m \quad \rightarrow \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Força Resultante e Aceleração



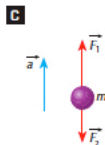
$$F_R = F \Rightarrow F = ma$$



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

porém

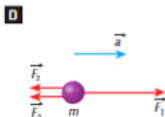
$$F_R = F_1 - F_2$$
$$F_1 - F_2 = ma$$



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

porém

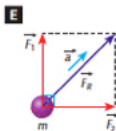
$$F_R = F_1 - F_2$$
$$F_1 - F_2 = ma$$



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

porém

$$F_R = F_1 - F_2 - F_3$$
$$F_1 - F_2 - F_3 = ma$$

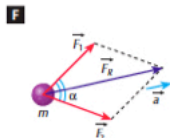


$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

porém

$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2$$

(teorema de Pitágoras)



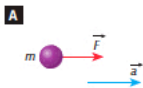
$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

porém

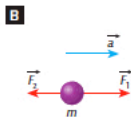
$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot \cos \alpha$$

(lei dos cossenos)

Força Resultante e Aceleração



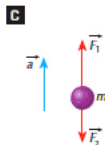
$$F_R = F \Rightarrow F = ma$$



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

porém

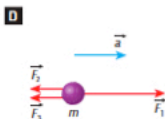
$$F_R = F_1 - F_2$$
$$F_1 - F_2 = ma$$



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

porém

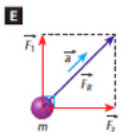
$$F_R = F_1 - F_2$$
$$F_1 - F_2 = ma$$



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

porém

$$F_R = F_1 - F_2 - F_3$$
$$F_1 - F_2 - F_3 = ma$$

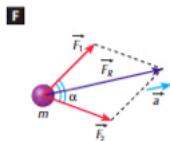


$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

porém

$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2$$

(teorema de Pitágoras)



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

porém

$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot \cos \alpha$$

(lei dos cossenos)

A aceleração adquirida por um corpo sempre tem a mesma direção e sentido da força resultante que atua sobre ele.

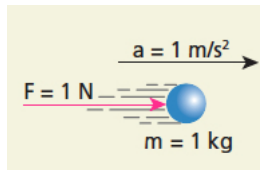
Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

A aceleração que um corpo adquire é diretamente proporcional à **Força Resultante** (\vec{F}_R ou $\sum \vec{F}$) que atua sobre ele, inversamente proporcional à sua massa (inércia) e tem a mesma direção e sentido desta força resultante.

$$\boxed{\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}} \quad \text{ou} \quad \boxed{\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}}$$

Unidades de Força

Um Newton ($1,0N$) é a intensidade da força que, aplicada sobre uma partícula de massa $m = 1,0kg$, produz em sua direção e seu sentido uma aceleração $a = 1,0m/s^2$.



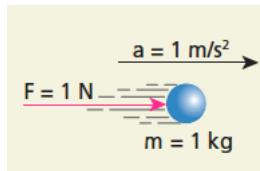
$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

$$1,0N = 1,0kg \cdot 1,0m/s^2$$

$$1,0N = 1,0kg \cdot m/s^2$$

Unidades de Força

Um Newton ($1,0N$) é a intensidade da força que, aplicada sobre uma partícula de massa $m = 1,0kg$, produz em sua direção e seu sentido uma aceleração $a = 1,0m/s^2$.



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

$$1,0N = 1,0kg \cdot 1,0m/s^2$$

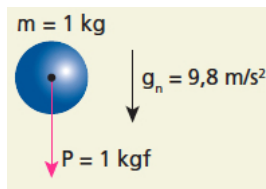
$$1,0N = 1,0kg \cdot m/s^2$$

Um quilograma-força ($1,0kgf$) é a força que corresponde ao peso de um corpo de massa $m = 1,0kg$ situado em um ponto no qual a aceleração local da gravidade vale $g = 9,8m/s^2$. Vale a pena saber que

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

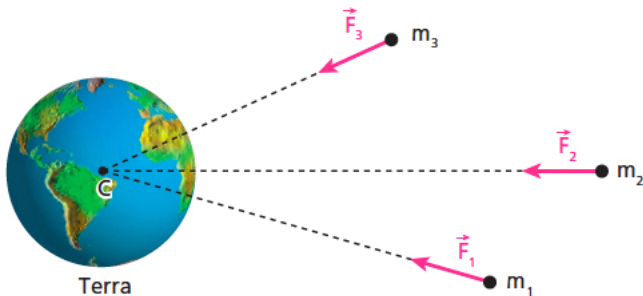
$$1,0kgf = 1,0kg \cdot 9,8m/s^2$$

$$1,0kgf = 9,8N$$



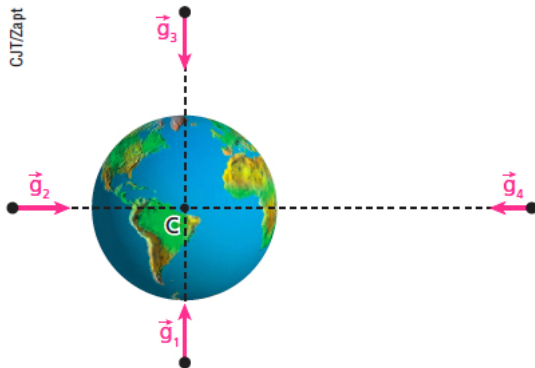
Peso de um Corpo

Como já visto, o peso de um corpo é a força gravitacional com que um astro celeste o atrai, orientada radialmente para o centro deste astro.



Peso de um Corpo

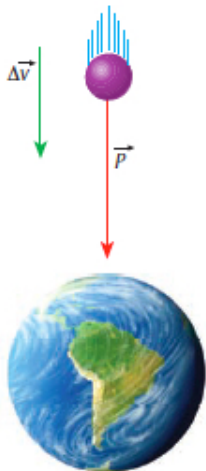
O peso decorre da interação entre a massa do corpo e o campo gravitacional gerado pelo astro, representado pela aceleração da gravidade. Deste modo, quando o corpo está sujeito exclusivamente à força peso, ele se desloca sob a aceleração local da gravidade.



Peso de um Corpo

Para calcular o peso de um corpo, aplica-se a Segunda Lei de Newton,

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



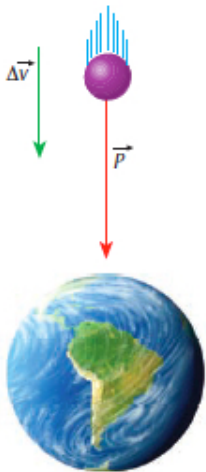
Peso de um Corpo

Para calcular o peso de um corpo, aplica-se a Segunda Lei de Newton,

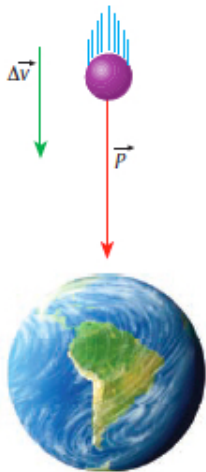
$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Considerando que o corpo está em queda livre no vácuo, ou seja, que a resistência do ar seja desprezível, vemos que a força resultante que atua sobre ele é o seu Peso e com isso ele cai com uma aceleração que corresponde a \vec{g} . Deste modo

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$



Peso de um Corpo



Para calcular o peso de um corpo, aplica-se a Segunda Lei de Newton,

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

Considerando que o corpo está em queda livre no vácuo, ou seja, que a resistência do ar seja desprezível, vemos que a força resultante que atua sobre ele é o seu Peso e com isso ele cai com uma aceleração que corresponde a \vec{g} . Deste modo

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

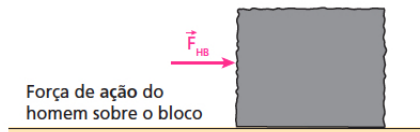
Assim um corpo de massa $m = 10\text{kg}$ num local em que $g = 10\text{m/s}^2$ tem peso

$$P = m \cdot g = 10\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 \quad \boxed{P = 98\text{N}}$$

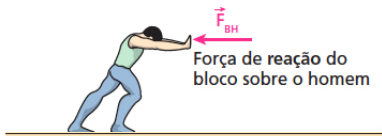
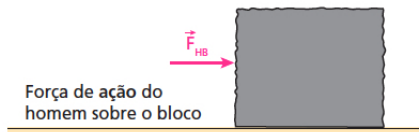
Princípio da Ação-Reação



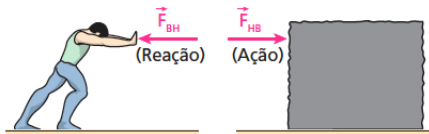
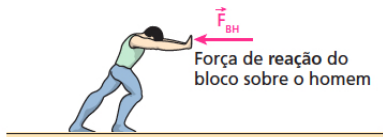
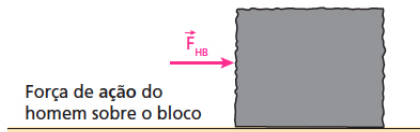
Princípio da Ação-Reação



Princípio da Ação-Reação



Princípio da Ação-Reação

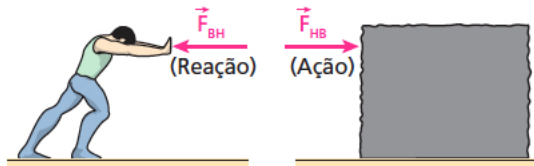


Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação - Reação)

A toda força de **Ação**, corresponde uma força de **Reação**, de modo que estas duas forças, ditas **Pares de Ação-Reação**, têm sempre a mesma intensidade (módulo), mesma direção e sentidos opostos além de estarem aplicadas a corpos diferentes. Além disso, essas duas forças sempre têm a mesma natureza, ou seja, ambas de contato ou ambas de campo.

Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação - Reação)

A toda força de **Ação**, corresponde uma força de **Reação**, de modo que estas duas forças, ditas **Pares de Ação-Reação**, têm sempre a mesma intensidade (módulo), mesma direção e sentidos opostos além de estarem aplicadas a corpos diferentes. Além disso, essas duas forças sempre têm a mesma natureza, ou seja, ambas de contato ou ambas de campo.

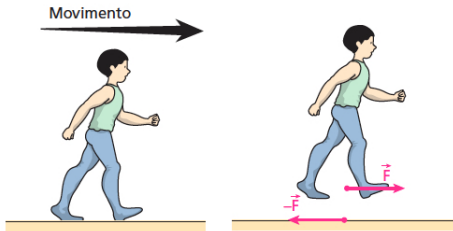


$$|\vec{F}_{BH}| = |\vec{F}_{HB}| \quad e \quad \vec{F}_{HB} = -\vec{F}_{BH}$$

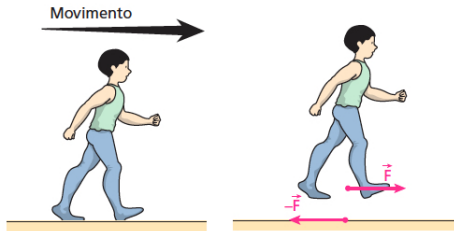
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



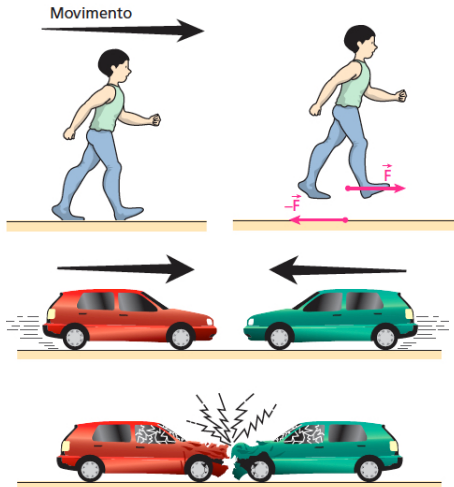
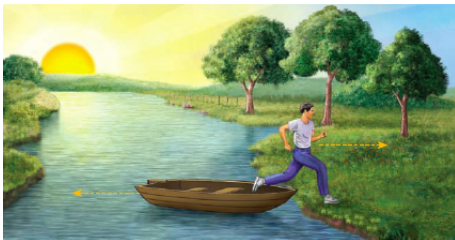
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



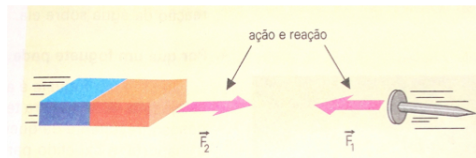
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



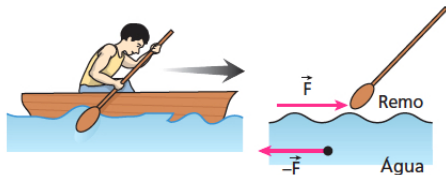
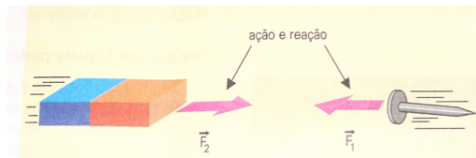
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



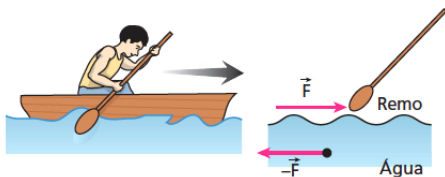
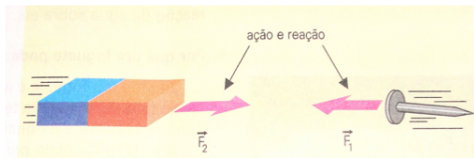
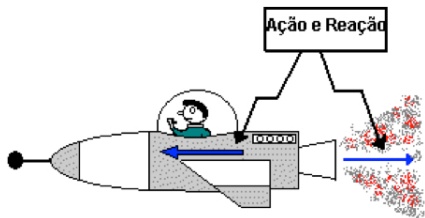
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



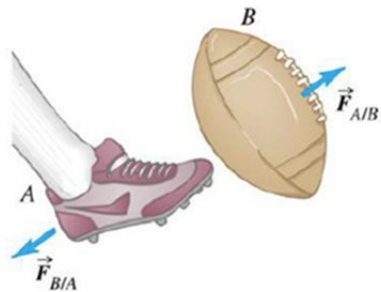
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



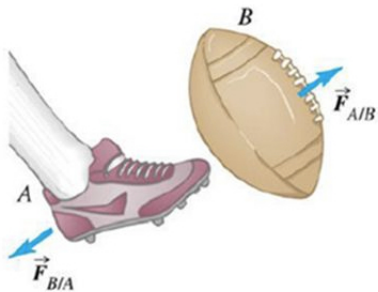
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



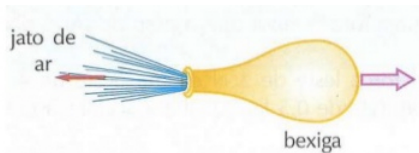
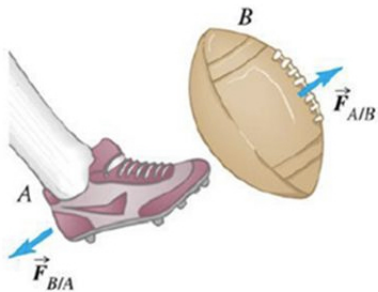
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



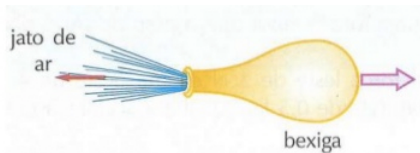
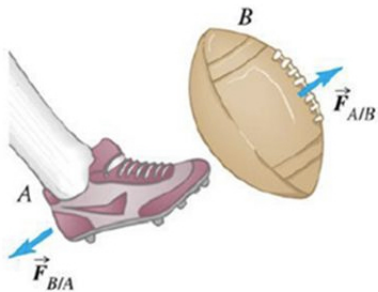
Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



Exemplos Fenomenológicos de Ação-Reação



Reação à Força Peso



Figura: A Terra atrai o corpo com o Peso \vec{P} ...

Reação à Força Peso



Figura: A Terra atrai o corpo com o Peso \vec{P} ...

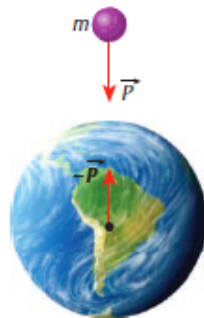


Figura: ... e o corpo atrai a Terra com a força de reação $-\vec{P}$.

Reação à Força Peso



Figura: A Terra atrai o corpo com o Peso \vec{P} ...

Notamos que:

- Forças pares ação-reação sempre atuam em corpos diferentes.

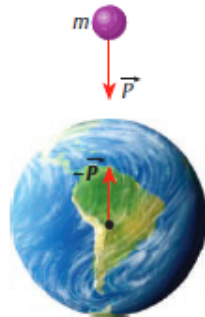


Figura: ... e o corpo atrai a Terra com a força de reação $-\vec{P}$.

Reação à Força Peso



Figura: A Terra atrai o corpo com o Peso \vec{P} ...

Notamos que:

- Forças pares ação-reação sempre atuam em corpos diferentes.
- Por atuarem em corpos diferentes elas nunca podem se cancelar.

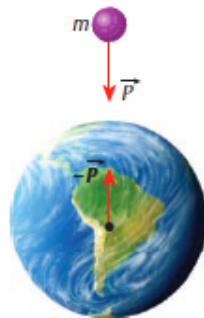


Figura: ... e o corpo atrai a Terra com a força de reação $-\vec{P}$.

Reação à Força Peso



Figura: A Terra atrai o corpo com o Peso \vec{P} ...

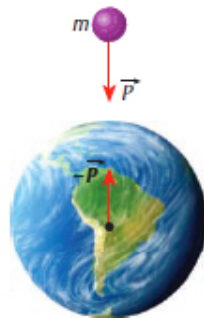


Figura: ... e o corpo atrai a Terra com a força de reação $-\vec{P}$.

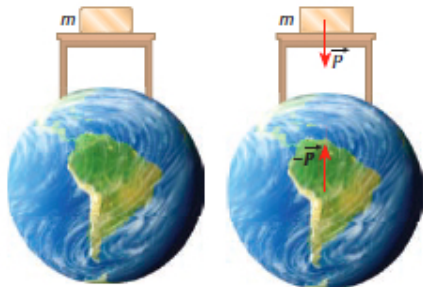
Notamos que:

- Forças pares ação-reação sempre atuam em corpos diferentes.
- Por atuarem em corpos diferentes elas nunca podem se cancelar.
- A força de reação ao peso, identificada por $-\vec{P}$, deve ser localizada no **centro da Terra**.

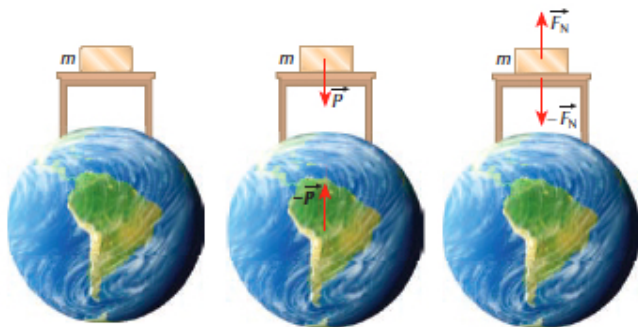
Força Normal



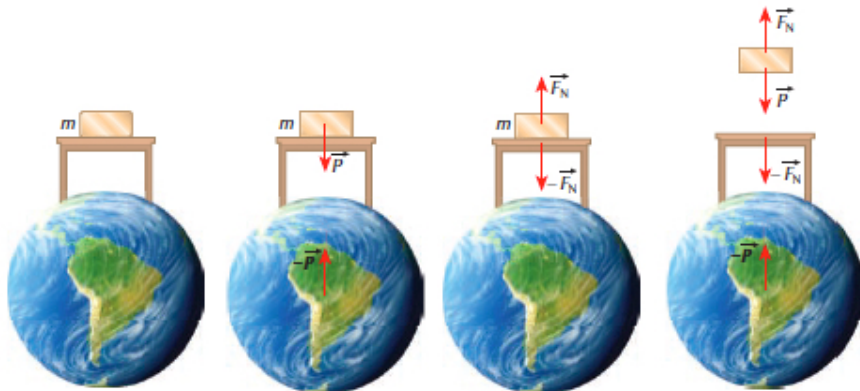
Força Normal



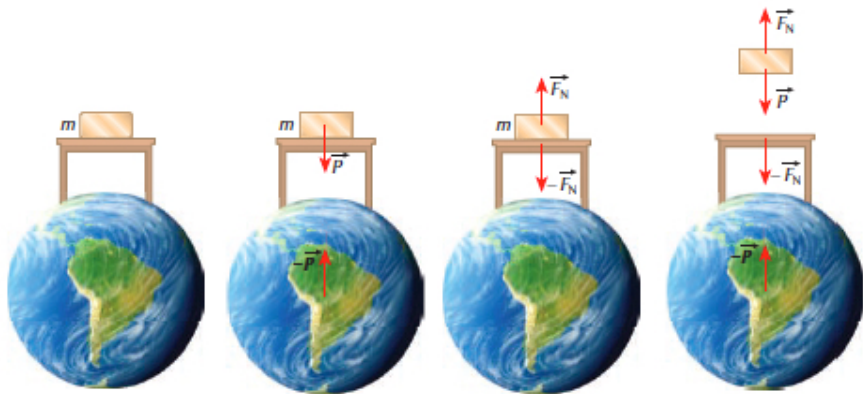
Força Normal



Força Normal



Força Normal

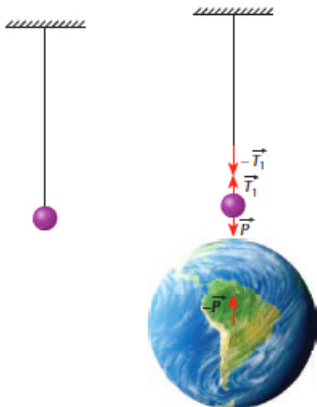


Força Normal (\vec{F}_N) ou **Normal** (\vec{N}) é uma força de reação à compressão que atua sobre qualquer corpo apoiado sobre uma superfície. O nome desta força se deve ao fato de ela se orientar **perpendicularmente** à superfície no qual o corpo está apoiado.

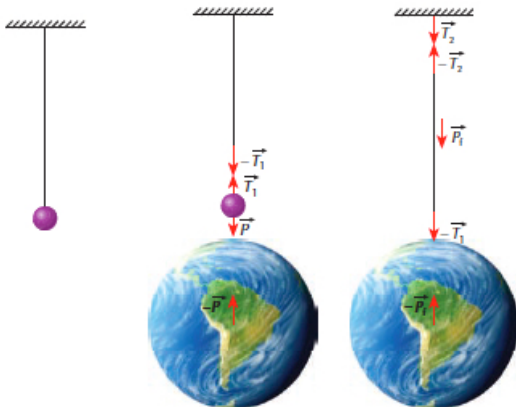
Força de Tensão ou Tração



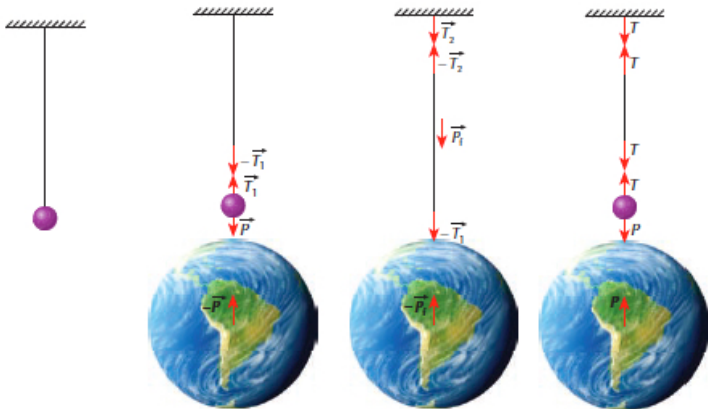
Força de Tensão ou Tração



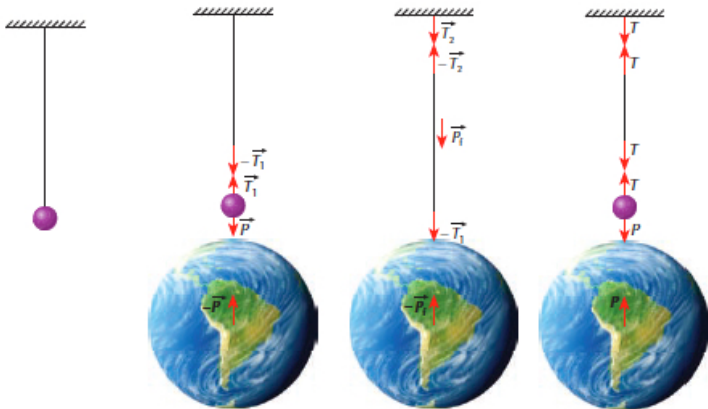
Força de Tensão ou Tração



Força de Tensão ou Tração



Força de Tensão ou Tração



Tração ou **Tensão** é uma força de contato aplicada por um fio esticado em suas extremidades. A finalidade de um fio esticado é transmitir forças. Na figura, a força de tração aplicada pelo corpo ao fio é transmitida para o suporte.

Limitações da Mecânica Newtoniana

A Mecânica Newtoniana, juntamente com os modelos de Lagrange e Hamilton, constituem o que chamamos de Mecânica Clássica. O seu êxito na descrição de fenômenos com velocidades comuns ao nosso cotidiano, tipicamente menores que 10% da velocidade de propagação da luz no vácuo, é fantástico. De fato, ela é utilizada para descrever o movimento dos corpos na Terra e no Firmamento. Ela descreve corretamente o movimento de planetas e satélites.

Contudo, existe uma inconsistência entre a Mecânica Clássica e o eletromagnetismo. Além disso, tal ciência falha ao prever resultados de experimentos que envolvem velocidades acima de 10% da velocidade da luz. Para resolver estes problemas, Einstein criou no início do século XX a Teoria da Relatividade, uma nova Mecânica, fundamentada em novos paradigmas e visão de mundo totalmente revolucionária. Uma das mais singulares belezas da Teoria da Relatividade é que ela se reduz à Mecânica Clássica no limite em que os corpos se movem a velocidades baixas.

Exemplo 01

Dois blocos A e B, de massas respectivamente iguais a 2kg e 3kg , estão apoiados numa superfície horizontal perfeitamente lisa. Uma força horizontal \vec{F} , de intensidade constante $F = 10\text{N}$, é aplicada no bloco A.

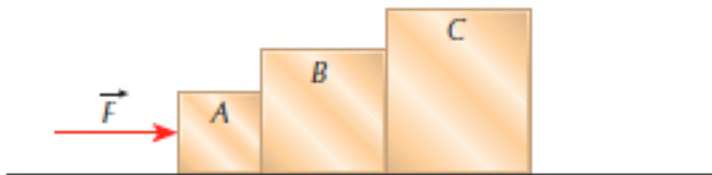


Determine:

- 1 a aceleração adquirida pelo conjunto;
- 2 a intensidade da força que A aplica em B.

Exemplo 02

Três corpos A, B e C de massas $m_A = 1\text{kg}$, $m_B = 3\text{kg}$ e $m_C = 6\text{kg}$ estão apoiados numa superfície horizontal perfeitamente lisa. A força horizontal \vec{F} , de intensidade constante $F = 5\text{N}$, é aplicada ao primeiro bloco A.



Determine:

- 1 a aceleração adquirida pelo conjunto;
- 2 a intensidade da força que A aplica em B.
- 3 a intensidade da força que B exerce em C.

Exemplo 03

Dois corpos A e B de massas iguais a $m_A = 2\text{kg}$ e $m_B = 4\text{kg}$ estão apoiados numa superfície horizontal perfeitamente lisa. O fio que liga A a B é ideal, isto é, de massa desprezível e inextensível. A força horizontal \vec{F} tem intensidade igual a 12N , constante.

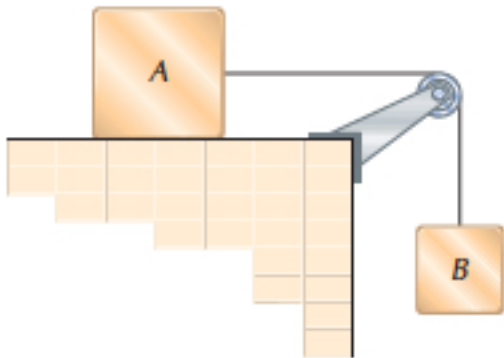


Determine:

- 1 a aceleração do sistema;
- 2 a intensidade da força de tração no fio.

Exemplo 04

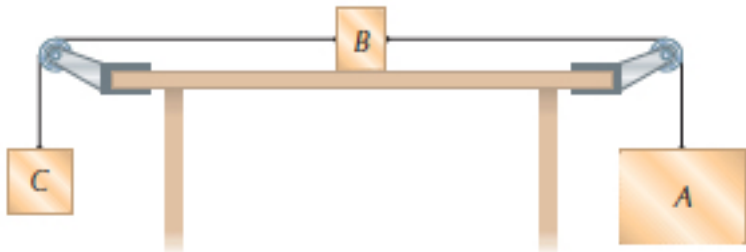
Os corpos A e B da figura têm massas respectivamente iguais a $m_A = 6\text{kg}$ e $m_B = 2\text{kg}$. O plano de apoio é perfeitamente liso e o fio é inextensível e de peso desprezível. Não há atrito entre o fio e a polia, considerada sem inércia. Adote $g = 10\text{m/s}^2$.



Determine a aceleração do conjunto e a tração do fio.

Exemplo 05

No arranjo experimental da figura, os corpos A, B e C têm, respectivamente, massas iguais a $m_A = 5\text{kg}$, $m_B = 2\text{kg}$ e $m_C = 3\text{kg}$. A aceleração da gravidade é 10m/s^2 . Os fios são inextensíveis e de inércia desprezível; não há atrito entre os fios e as polias; o plano horizontal é perfeitamente liso.



Determine:

- 1 a aceleração do sistema de corpos;
- 2 as trações nos fios.

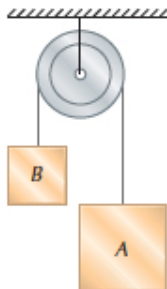
Exemplo 06

No arranjo experimental da figura ao lado, os corpos A e B têm, respectivamente, massas iguais a 6kg e 2kg . Os fios e as polias têm massas desprezíveis. Não há atrito entre o fio e a polia. Adote $g = 10\text{m/s}^2$.

Determine:

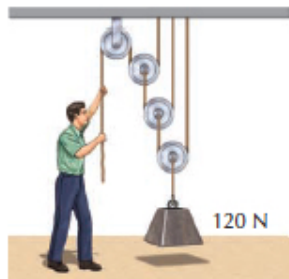
- 1 a aceleração do conjunto;
- 2 as trações nos fios.

Considere que o sistema partiu do repouso.



Exemplos 07 e 08

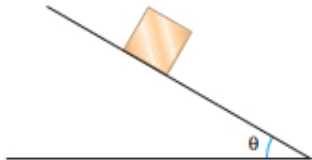
7 - Determine a força que o homem deve exercer no fio para manter em equilíbrio estático o corpo suspenso de $120N$. Os fios são considerados inextensíveis e de massas desprezíveis; entre os fios e as polias não há atrito. As polias são ideais, isto é, não têm peso.



8 - Um homem de $70kg$ está no interior de um elevador que desce acelerado à razão de $2m/s^2$. Adote $g = 10m/s^2$ e considere o homem apoiado numa balança calibrada em newtons. Determine a intensidade da força indicada pela balança.

Exemplo 09

Um corpo de peso \vec{P} desliza num plano inclinado perfeitamente liso, que forma um ângulo θ em relação à horizontal. É dada a aceleração da gravidade g .

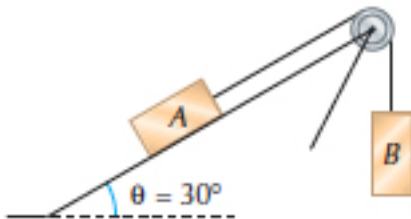


Determine:

- 1 a aceleração do corpo;
- 2 a intensidade da força normal que o plano exerce no corpo.

Exemplo 10

No arranjo experimental da figura, os corpos A e B têm massas iguais a 10kg . O plano inclinado é perfeitamente liso. O fio é inextensível e passa sem atrito pela polia de massa desprezível. Determine:



- 1 a aceleração do sistema de corpos;
- 2 a tração no fio (dado: $\sin 30^\circ = 0,5$).

Exemplo 11

Um ponto material de massa m e peso \vec{P} está suspenso por um fio de massa desprezível ao teto de um vagão hermeticamente fechado (fig. I). O vagão parte uniformemente acelerado e o corpo suspenso desloca-se para trás em relação a um observador em repouso no interior do trem, até atingir o ângulo de 35° em relação à vertical (fig. II). Adote $g = 10\text{m/s}^2$ e $\tan 35^\circ = 0,7$. Determine a aceleração do trem para um observador externo em repouso na Terra.

