Força e Movimento I

Cinemática: parte na mecânica que estuda os movimentos, independentemente de suas causas e da natureza dos corpos.

Dinâmica: parte na mecânica que estuda o movimento dos corpos, levando em conta as forças que produziram o movimento.

No nosso dia a dia encontramos objetos que se movem e outros que permanecem em repouso. À primeira vista, parece que um corpo está em repouso quando não existem forças atuando nele, e inicia o movimento quando uma força começa a atuar sobre si. Neste capítulo vamos ver o quanto essas aparências se aproximam ou se afastam da realidade.

Onde estão as forças?

Gravidade

As coisas caem porque são atraídas pela Terra. Há uma força que puxa cada objeto para baixo e que também é responsável por manter a atmosfera sobre a Terra e também por deixar a Lua e os satélites artificiais em órbita. É a chamada força gravitacional. Essa força representa uma interação existente entre a Terra e os objetos que estão sobre ela.

Sustentação

Para que as coisas não caiam é preciso segurá-las. Para carregar caixas que abastece em um supermercado um funcionário faz força para cima. Da mesma forma, um cadeira sustenta uma pessoa, enquanto ela “toma” sol em uma praia. Em cada um desses casos, há duas forças opostas: a força da gravidade, que puxa a pessoa e as caixas para baixo, e uma força para cima, de sustentação. Em geral, ela é conhecida como força normal.

Na água

A água também pode sustentar coisas, impedindo que elas afundem. Essa interação da água com os objetos se dá no sentido oposto ao da gravidade e é medida através de uma força que chamamos de empuxo hidrostático. É por isso que nos sentimos mais leves quando estamos dentro da água. O que sustenta balões no ar também é uma força de empuxo, igual à que observamos na água.

No ar

Para se segurar no ar o pássaro bate asas e consegue com que o ar exerça uma força para cima, suficientemente grande para vencer a força da gravidade. Da mesma forma, o movimento dos aviões e o formato especial de suas asas acaba por criar uma força de sustentação. Essas forças também podem ser chamadas de empuxo. Porém, trata-se de um empuxo dinâmico, ou seja, que depende de um movimento para existir. As forças de empuxo estático que observamos na água ou no caso de balões, não dependem de um movimento para surgir.

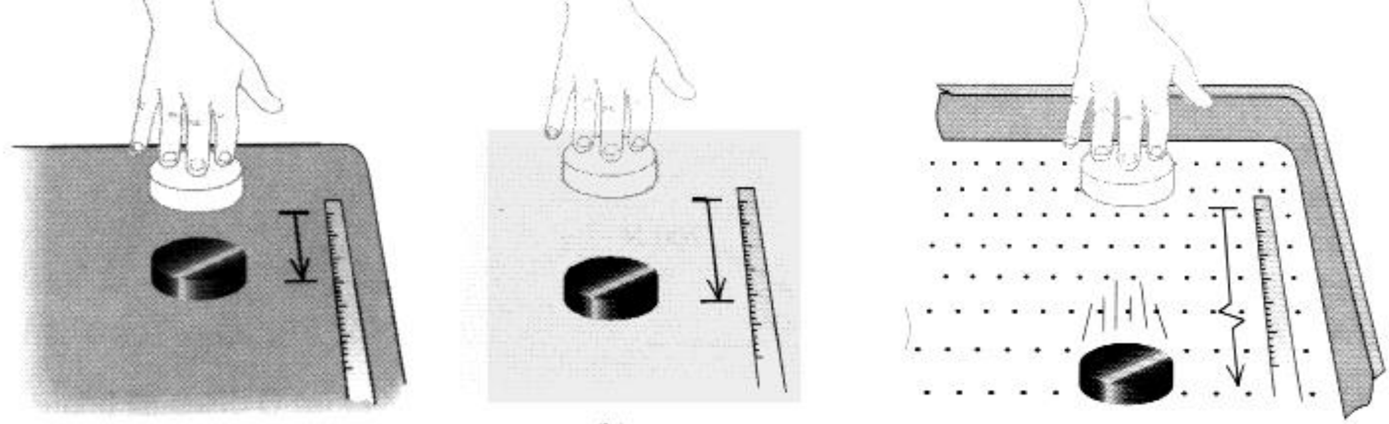
As formas pelas quais os objetos interagem uns com os outros são muito variadas. A interação das asas de um pássaro com o ar, que permite o vôo, por exemplo, é diferente da interação entre uma raquete e uma bolinha de pingue-pongue, da interação entre uma lixa e uma parede ou entre um ímã e um alfinete.

Isaac Newton, o famoso físico inglês do século XVIII, conseguiu elaborar leis que permitem lidar com toda essa variedade, descrevendo essas interações como forças que agem entre os objetos. Cada interação representa uma força diferente, que depende das diferentes condições em que os objetos interagem. Mas todas obedecem aos mesmos princípios elaborados por Newton, e que ficaram conhecidos como Leis de Newton.

Primeira Lei de Newton

Antes da época de Galileu a maioria dos filósofos pensava que fosse necessária alguma influência ou força para manter um corpo em movimento. Supunham que um corpo em repouso estivesse em seu estado natural. Acreditavam que para um corpo movesse em linha reta com velocidade constante fosse necessário algum agente externo empurrando-o continuamente, caso contrário ele iria parar. Foi difícil provar o contrário dada a necessidade de livrar o corpo de certas influências, como o atrito. Estudando o movimento de corpos em superfícies cada vez mais planas e lisas, Galileu afirmou ser necessária uma força para modificar a velocidade de um corpo mas nenhuma força é exigida para manter essa velocidade constante.

Newton enunciou que: ***"Um corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, quando a resultante das forças que atuam sobre si for nula".***



(a) (b) (c)

Um disco recebe um impulso. Ele vai parar em uma curta Distância sobre a mesa

Em uma superfície encerada,. a força de atrito diminui, e o disco percorre uma distância maior.

Se o disco se move em um colchão de ar sobre a mesa, a força de atrito é praticamente zero e ele se move com velocidade quase constante

A primeira Lei e Sistemas de Referência Inercial

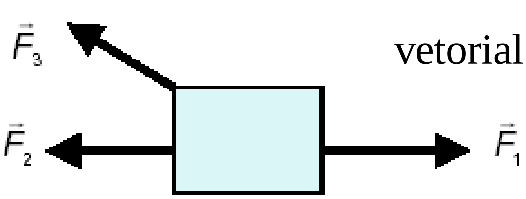
Um sistema de referência para o qual a primeira Lei de Newton seja válida denomina-se Sistema de Referencia Inercial.

“Um referencial em movimento retilíneo uniforme em relação a um referencial inercial é também inercial”.

Segunda Lei de Newton

Newton enunciou que: *"A resultante das forças que atuam sobre um corpo é igual ao produto da sua massa pela aceleração com a qual ele irá se movimentar".*

Sejam, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ as forças que atuam num corpo de massa m. A resultante das força $\vec{F}$ será a soma vetorial das força que atuam nesse corpo, logo:



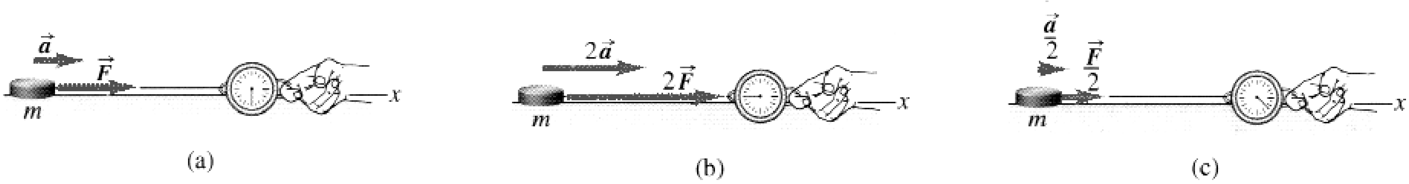
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \sum \vec{F} \equiv \vec{F}_R = m\vec{a} \qquad (1)$$

OBS: A equação $\vec{F}_R = m\vec{a}$ não corresponde à formulação original de Newton da 2ª Lei. Newton começou definindo o que chamou de "quantidade de movimento", também conhecido como momento linear ($\vec{p} = m\vec{v}$).

"A variação do momento é proporcional à força, e tem a direção da força"

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \therefore \quad \text{se } m = const. \Rightarrow \vec{F}_R = m\frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F}_R = m\vec{a} \qquad (2)$$

Atenção: $\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad \Rightarrow \sum F_x = ma_x \; , \; \sum F_y = ma_y \; , \; \sum F_z = ma_z$



Dobrando-se a força resultante, a aceleração é dobrada (b), usando-se a metade Da força resultante, a aceleração se reduz à metade (c).

Para um dado corpo, a razão entre o módulo da força F_R e o módulo da aceleração a é constante, independentemente do módulo da força resultante. Essa razão denomina-se massa inercial do corpo, ou simplesmente massa, e será representada por m.

$$\boxed{m = \frac{F_R}{a} \quad \Rightarrow \quad F_R = ma} \qquad (3)$$

Massa e Força

Podemos usar um quilograma padrão, juntamente com a eq. (3), para definir o Newton. *Um Newton é o valor de uma força que imprime em um corpo de um quilograma de massa uma aceleração de um metro por segundo ao quadrado*.

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

Podemos também usar a eq. (3) para comparar massas com a massa padrão e, portanto, medir massas.

$$m_1 a_1 = m_p a_p \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{m_1}{m_p} = \frac{a_p}{a_1}} \quad \text{(mesma força F atuando)}$$

Terceira Lei de Newton

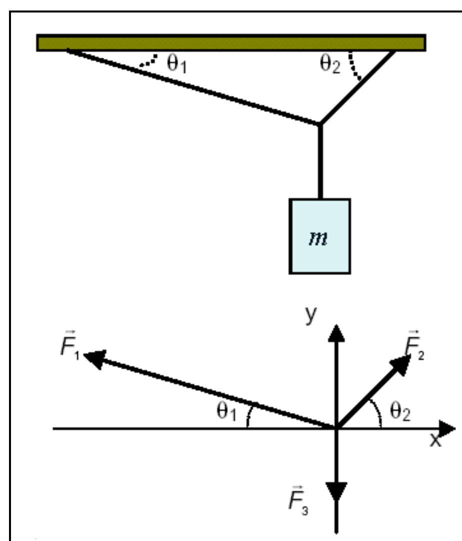
Uma força é apenas um aspecto da interação mútua entre dois corpos. Verifica-se experimentalmente que quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo sempre exerce uma força no primeiro.

Newton enunciou que: "Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (uma ação) ", então o corpo B exerce uma força sobre A (uma reação). Essas duas forças têm o mesmo módulo e a mesma direção, mas possuem sentidos contrários". ***A ação e reação atuam em corpos diferentes.***

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

Aplicações das Leis de Newton

A figura ao lado mostra um bloco de massa m suspenso por três cordas. Quais as tensões nas cordas?



$$F_3 = P = mg$$

Como o nó está em repouso. A resultante das forças que atua nele é nula.

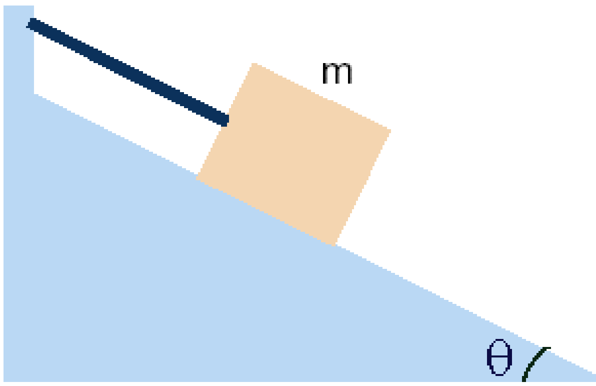
$$\sum \vec{F} = 0 \quad \begin{array}{ll} \text{componente y:} & F_1 sen\theta_1 + F_2 sen\theta_2 - F_3 = 0 \\ \text{componente x:} & -F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 = 0 \end{array}$$

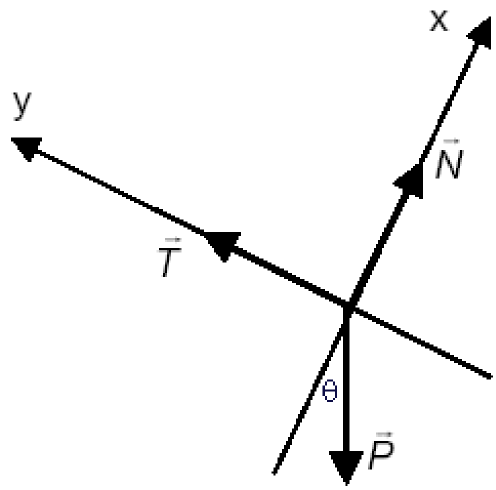
Resolvendo o sistema, temos

$$F_1 = F_3 \frac{\cos\theta_2}{sen(\theta_1 + \theta_2)} \quad ; \quad F_2 = F_3 \frac{\cos\theta_1}{sen(\theta_1 + \theta_2)}$$

Usamos: $sen(\alpha \pm \beta) = sen\alpha \cos\beta \pm sen\beta \cos\alpha$

A figura abaixo mostra um bloco de massa *m = 15kg* seguro por uma corda, sobre um plano inclinado sem atrito. (a) Qual a tensão na corda? (b) Qual força é exercida pelo plano sobre o bloco? Sendo θ = 27^0.





Usando a 2ª Lei de Newton:

$$\vec{N}+\vec{P}+\vec{T}=0 \quad \begin{cases} \text{componente x:} \quad N - P\cos\theta = 0 & (1) \\ \text{componente y:} \quad T - Psen\theta = 0 & (2) \end{cases}$$

a) Devemos usar a equação (2) para encontrar a tração na corda

$$T = Psen\theta = mgsen\theta = (15kg)(9,8m/s^2)sen(27)$$

$$\boxed{T = 66,74N}$$

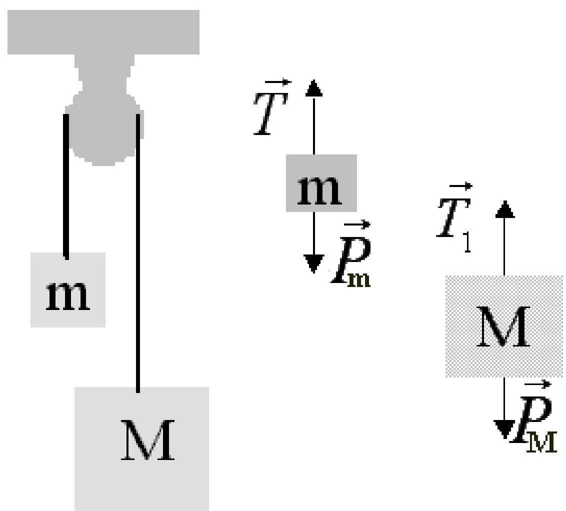
A força exercida pelo plano sobre o bloco é a força normal. Logo,

b) Devemos usar a equação (1) para encontrar a normal

$$N = P\cos\theta = mg\cos\theta = (15kg)(9,8m/s^2)\cos(27)$$

$$\boxed{N = 130,98N}$$

A figura abaixo mostra dois blocos ligados por uma corda, que passa por uma polia de massa e atritos desprezíveis. Sendo *m = 1,3kg* e *M = 2,8kg,* determine a tensão na corda e o módulo da aceleração (simultânea) dos dois blocos.



Aplicando a 2ª de Lei de Newton

Forças no corpo de massa *m*:

$$\vec{T}+\vec{P}_m = m\vec{a} \Rightarrow \boxed{T - P_m = ma} \qquad (1)$$

Forças no corpo de Massa M

$$\vec{T}_1+\vec{P}_M = M\vec{A} \Rightarrow \boxed{P - T_1 = MA} \qquad (2)$$

Considerando a corda inextensível e de massa desprezível: $\boxed{a = A \;\text{ e }\; T = T_1}$ (3)

Substituindo (3) em (1) e (2), temos

$$\left.\begin{aligned} T - P_m &= ma \\ P_M - T &= Ma \end{aligned}\right\} \quad P_M - P_m = (M+m)a \qquad (4)$$

Substituindo $P_m = mg$ e $P_M = Ma$ em (4), obtemos

$$Mg - mg = (M+m)a \;\Rightarrow\; (M - m)g = (M+m)a \;\Rightarrow \boxed{a = \frac{(M-m)}{(M+m)}g} \qquad (5)$$

Substituindo (5) em (1), temos

$$T = mg + ma = mg + m\frac{(M-m)}{(M+m)}g = m\left[1 + \frac{(M-m)}{(M+m)}\right]g \;\Rightarrow \boxed{T = \frac{(2mM)}{(M+m)}g} \qquad (6)$$

Substituindo os valores numéricos de m, M e g, nas equações (5) e (6) obtemos:

$$\boxed{a = 3{,}41 m/s^2 \;\text{ e }\; T = 16{,}59N}$$