

Autor: Gil da Costa Marques

1: Introdução

A dinâmica é a parte da mecânica que se dedica ao estudo dos movimentos levando em conta as suas causas: as forças.

O problema básico da mecânica é aquele de determinar a posição e a velocidade de uma partícula, uma vez conhecidas as forças agindo sobre ela.

2: As leis de Newton

A inércia e a lei da inércia

Existe na natureza uma tendência de não se alterar o estado de movimento de uma partícula, isto é, uma partícula em repouso tende naturalmente a permanecer em repouso e uma partícula com velocidade constante tende a manter a sua velocidade constante.

Essa tendência natural de tudo permanecer como está é conhecida como **inércia**. No caso da Mecânica, essa observação a respeito do comportamento da natureza levou Newton a enunciar a sua famosa Lei da Inércia, que diz:

"Qualquer corpo em movimento retilíneo e uniforme (ou em repouso) tende a manter-se em movimento retilíneo e uniforme (ou em repouso)."

Esta é a primeira Lei de Newton.



Autor: Gil da Costa Marques

A inércia pode ser pensada como uma propriedade inata da matéria. Trata-se de um poder de resistir, mediante o qual cada corpo, no que depender de si, continua no seu estado presente, seja de repouso seja em movimento retilíneo e uniforme.



O exemplo mais simples, do ponto de vista da observação da inércia dos corpos, é aquele dos passageiros num ônibus. Quando o veículo é freado, os passageiros tendem a manter-se no seu estado de movimento.



Por isso, as pessoas "vão para a frente" do ônibus quando este freia. Na realidade, a mudança do estado de movimento é apenas do ônibus.

Os passageiros simplesmente tendem a manter-se como estavam. Da inércia resultam os ferimentos em acidentes no tráfego.



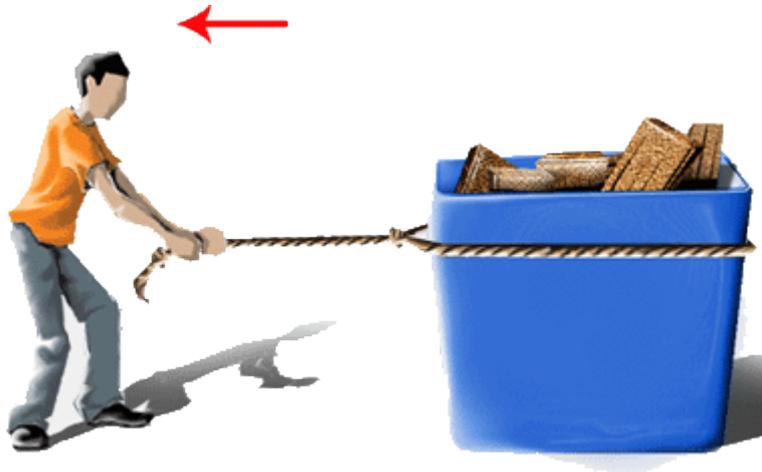
Por que a utilização do cinto de segurança?

Autor: Gil da Costa Marques

A 2ª lei de Newton

A segunda lei de Newton é a lei fundamental da Mecânica. A partir dela e através de métodos matemáticos, podemos fazer previsões (velocidade e posição, por exemplo) sobre o movimento dos corpos.

Qualquer alteração da velocidade de uma partícula é atribuída, sempre, a um agente denominado força. Basicamente, o que produz mudanças na velocidade são forças que agem sobre a partícula. Como a variação de velocidade indica a existência de aceleração, é de se esperar que haja uma relação entre a força e a aceleração. De fato, Sir Isaac Newton percebeu que existe uma relação muito simples entre força e aceleração, isto é, a força é sempre diretamente proporcional à aceleração que ela provoca:



onde m é a massa do corpo.

Esta relação simples entre força e aceleração é conhecida como a 2ª Lei de Newton.

No enunciado da lei de Newton, o termo \vec{F} tanto pode representar uma força como a força que resulta da soma de um conjunto de forças.

Sendo a força uma grandeza vetorial, o mesmo acontecendo com a aceleração, podemos escrever para a lei de Newton, numa notação vetorial:

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

Em componentes ao longo dos eixos x , y e z podemos escrever:

$$F_x = ma_x, \quad F_y = ma_y, \quad F_z = ma_z$$

No caso em que mais de uma força atua sobre uma partícula, a lei de Newton deve ser entendida como:

Autor: Gil da Costa Marques

$$\sum \vec{F}_1 = m\vec{a}$$

onde $\sum \vec{F}_1$ indica a soma das forças, ou seja, a somatória das forças que atuam sobre o objeto é igual à massa vezes a aceleração.

Em termos das componentes, escrevemos:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = ma_x$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = ma_y$$

$$F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = ma_z$$

Ação e reação a 3ª lei de Newton



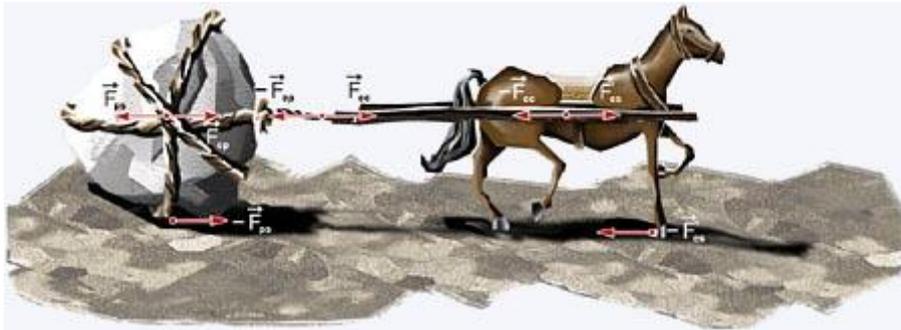
Como foi dito no [Capítulo 8](#), as forças resultam da interação de um corpo com outro corpo. É de se esperar, portanto, que, se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (chamada de **ação**), A também experimenta uma força (chamada de **reação**) que resulta da interação com B.

Newton percebeu não só que isso acontece **sempre** mas, indo mais longe, especificou as principais características das forças que resultam da interação entre dois corpos. Essa questão foi objeto da sua terceira lei, cujo enunciado é:

"Para toda força que surgir num corpo como resultado da interação com um segundo corpo, deve surgir nesse segundo uma outra força, chamada de reação, cuja intensidade e direção são as mesmas da primeira mas cujo sentido é o oposto da primeira."

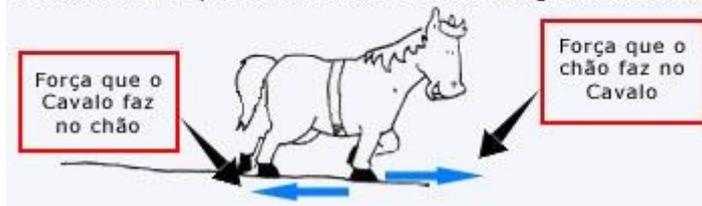
Autor: Gil da Costa Marques

Desse modo, Newton se deu conta de três características importantes das forças de interação entre dois objetos.



Como o cavalo se move?

Se você disse que o cavalo empurra o chão está absolutamente certo. Mas o que faz realmente o cavalo andar é a força de reação que o chão faz no cavalo. Poderíamos esquematizar tudo isso da seguinte forma:



Mas o cavalo tem que puxar a carroça. Como ficaria o esquema das forças com a carroça? É preciso lembrar que da mesma forma que o cavalo 'puxa', ela 'segura' o cavalo, ou seja, aplica nele uma força de reação, para trás. Observe o esquema:



Autor: Gil da Costa Marques

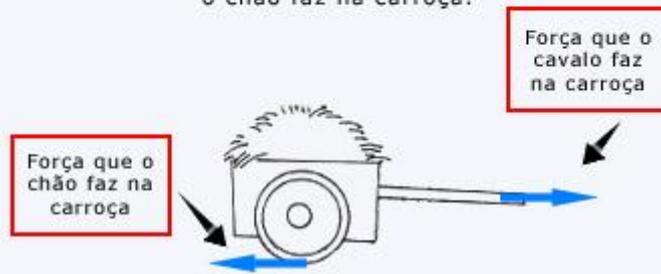
Essa discussão mostrou dois pares de forças de ação e reação. O primeiro representando a interação entre o cavalo e o chão e o segundo mostrando a interação entre o cavalo e a carroça. Mas para entender o movimento do cavalo que puxa a carroça, podemos fazer um esquema somente com as forças que são aplicadas nele. Observe:



Se o cavalo consegue se mover para a frente é porque a força que o chão faz no cavalo é maior que a força que a carroça faz no cavalo. Portanto, o cavalo tem que aplicar uma grande força no chão, para que a reação deste também seja grande. Se não for assim, ele 'patina' e não consegue arrastar a carroça.

E a carroça, como se move?

É claro que ela se move porque o cavalo a puxa. Mas não podemos nos esquecer, que além do cavalo, a carroça também interage com o chão, que a segura através do atrito. Evidentemente, a força que o cavalo faz na carroça tem que ser maior do que a força que o chão faz na carroça.



Em primeiro lugar, uma força nunca aparece sozinha. Elas aparecem aos pares (uma delas é chamada de ação e a outra, de reação).

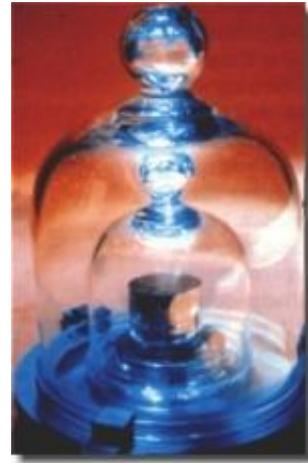
Em segundo lugar, é importante observar que cada uma dessas duas forças atua em objetos distintos.

Finalmente, essas forças (aos pares) tem a mesma magnitude mas diferem uma da outra pelo sentido: elas têm sentido oposto uma da outra.

Autor: Gil da Costa Marques

Unidades de massa

No SI, a unidade de massa é o quilograma (kg). Esta é a massa de um cilindro de platina iridiada mantido no Bureau Internacional de Pesos e Medidas (Paris).



3: Comentários sobre as leis de Newton

Independência das leis de Newton

À primeira vista pode parecer que se pode deduzir a primeira lei a partir da segunda. Na realidade, na ausência de forças, o movimento de uma partícula é uma trajetória retilínea e o movimento é uniforme e isso se pode deduzir da segunda lei.

O enunciado da primeira lei procura definir um conjunto de sistemas de referência ditos inerciais. Para qualquer um desses sistemas inerciais uma partícula, não estando sob a ação de forças, tem um movimento retilíneo e uniforme. Isso, como veremos depois, não é válido para sistemas não-inerciais.

Uma vez definidos os sistemas inerciais, podemos estabelecer, para esses sistemas, a relação entre força e aceleração (a segunda lei). As equações de Newton podem ser escritas em coordenadas cartesianas, sob a forma mais geral como

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x(x, y, z, v_x, v_y, v_z, t)$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_y(x, y, z, v_x, v_y, v_z, t)$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = F_z(x, y, z, v_x, v_y, v_z, t)$$

Autor: Gil da Costa Marques

Determinado a posição de uma partícula

O problema central da mecânica se resume àquele de encontrar as soluções das equações de Newton. Trata-se de resolver, para o caso de se determinar a posição $(x(t), y(t), z(t))$ como função do tempo, um conjunto de equações diferenciais de segunda ordem no tempo. A dificuldade principal está no fato dessas equações estarem acopladas umas às outras.

As condições iniciais

A solução completa das equações de Newton requer que informações sobre a velocidade da partícula e sua posição sejam conhecidas em algum instante de tempo anterior ao tempo t .

Em geral admitimos que no instante de tempo $t = 0$ a posição e a velocidade da partícula são conhecidas

$$\left. \begin{array}{l} \vec{r}(0) = \vec{r}_0 \\ \vec{v}(0) = \vec{v}_0 \end{array} \right\} \text{Condições Iniciais}$$

Assim, do ponto de vista matemático, o problema da mecânica se reduz a encontrar as soluções para as equações de Newton dadas as condições iniciais. Isto é, se forem conhecidas a velocidade e a posição da partícula no passado, podemos determiná-las no futuro, uma vez conhecidas as forças agindo sobre ela.

4: Equilíbrio

Quando a aceleração vetorial de um corpo é nula, dizemos que ele está em **equilíbrio**. Sabemos, porém, que se a aceleração vetorial é nula podemos ter dois casos: velocidade nula ou movimento retilíneo uniforme. No primeiro caso (velocidade nula), dizemos que o equilíbrio é **estático** e no segundo (M.R.U.), dizemos que o equilíbrio é **dinâmico**.

5: Exercícios Propostos

1) Um bloco de massa m está sobre um plano inclinado de 30° com a horizontal. Dado que o módulo da força de atrito entre o bloco e o plano é $F_{at} = \mu \cdot N$, onde N é o módulo da força normal de contato entre os dois e μ o coeficiente de atrito entre as duas superfícies, determine μ para que o bloco não escorregue plano abaixo.