

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.

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.

Um corpo permanece em movimento...

constante, sem alteração de sua quantidade de movimento até que encontre algo com que interagir.

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.

Às vezes não percebemos que estamos em movimento...



porque quando o movimento é uniforme, não podemos senti-lo ou distingui-lo do estado de repouso.

Mas uma mudança brusca pode nos lembrar disso!



Somente quando estamos acelerados realmente sentimos algo que nos permite dizer que estamos em movimento.

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.



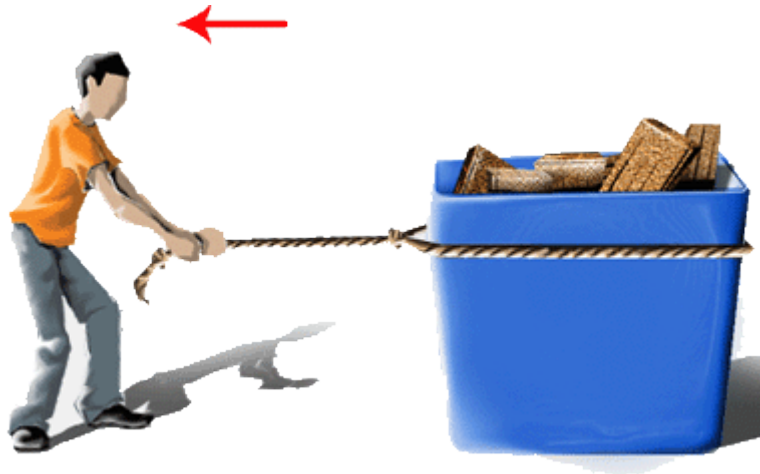
Por que a utilização do cinto de segurança?

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



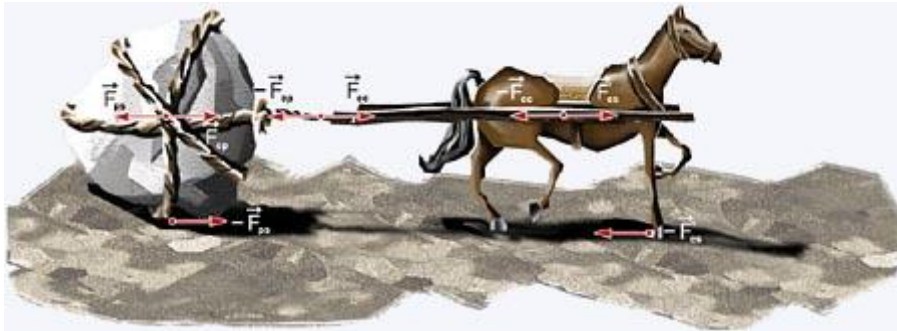
Como foi dito no [Capítulo 8](#), as forças resultam da interação de um corpo com outro corpo. É de se esperar, portanto, que, se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (chamada de **ação**), A também experimenta uma força (chamada de **reação**) que resulta da interação com B.

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

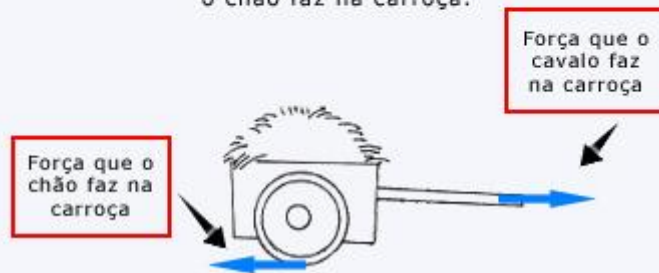
Essa discussão mostrou dois pares de forças de ação e reação. O primeiro representando a interação entre o cavalo e o chão e o segundo mostrando a interação entre o cavalo e a carroça. Mas para entender o movimento do cavalo que puxa a carroça, podemos fazer um esquema somente com as forças que são aplicadas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