

Força e Movimento

Como obter a aceleração de um carro que desce uma ladeira, a partir do repouso, para que possamos prever sua velocidade em algum instante? Por que os objetos caem, quando próximos da superfície terrestre? O que faz a Lua girar em torno da Terra?

Para Aristóteles:

- Terra no centro do Universo (dividido em sublunar e supralunar).
- Mundo sublunar: coisas são feitas de terra, água, ar e fogo; mundo supralunar: éter.
- Movimento natural dos corpos celestes: circular; movimento natural dos 4 elementos: terra e água descem, ar e fogo sobem.

Em 1687, Isaac Newton (1642-1727) apresentou suas leis do movimento, com a obra Principia. Para ele, todos os corpos do Universo devem obedecer às mesmas leis do movimento; para se saber o movimento que um corpo apresentará, basta conhecer as forças que atuam no mesmo, e aplicar as leis.

Basicamente, podemos ter 2 tipos de força, segundo a mecânica newtoniana:

- Forças de contato (puxão, empurrão, colisão e etc.)
- Forças de ação à distância (gravitacional, elétrica e magnética).

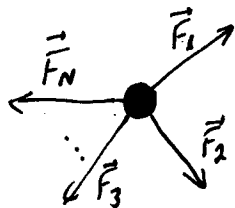
Hoje, sabemos que, fundamentalmente, não existem forças de contato! Na verdade, são forças de natureza elétrica (ação à distância). Por exemplo, num chute a uma bola de futebol, o pé nunca encosta na bola: os átomos do pé repelem os átomos da bola, quando se atinge uma certa distância (pequena!).

- Primeira Lei de Newton: Lei da Inércia

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudar esse estado por forças aplicadas sobre ele." (1ª Lei).

Todo corpo possui o poder de resistir à mudança de seu estado de movimento, ou seja, possui inércia.

Uma força pode causar uma aceleração, ao ser aplicada sobre um corpo. Dessa forma, pode ser medida pela aceleração que produz. Experimentalmente, é possível mostrar que a força é uma grandeza vetorial. Além disso, quando várias forças são aplicadas a um corpo simultaneamente, podemos, pelo princípio da superposição para forças, somá-las, obtendo uma força resultante (total):



$$\boxed{\vec{F}_r = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_N}$$

Com isso, podemos enunciar a 1ª Lei de outra forma:

"Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo ($\vec{F}_r = \vec{0}$), sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração".

É importante salientar que essa lei (e as demais) de Newton é (são) válida(s) para referenciais ditos inerciais.

Ex. 1. Pessoa dá um empurrão inicial numa caixa que, após um tempo, para. Por quê?

Ex. 2. Considere uma pessoa dentro de um vagão, os dois inicialmente em repouso em relação ao solo; o vagão arranca de repente. O que acontece e por quê?

Ex. 3. Um passageiro se sente jogado em direção à porta num carro executando uma curva. Explique.

— Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica

A experiência nos mostra que uma dada força produz acelerações de módulos diferentes em corpos diferentes. Naturalmente, corpos com menos inércia são mais acelerados. Uma maneira de medir a inércia de um corpo é medirmos a massa de um corpo. Lembramos que, no S. I., a unidade de massa é o Kg.

Observa-se, nos experimentos, que:

"A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração". (2ª Lei).

Matematicamente:

$$\boxed{\vec{F}_r = m\vec{a}},$$

onde \vec{F}_r é a força resultante sobre o corpo em questão.



Em componentes cartesianas:

$$\boxed{F_{r,x} = m a_x}, \quad \boxed{F_{r,y} = m a_y} \quad \text{e} \quad \boxed{F_{r,z} = m a_z}$$

No S.I., temos

$$[m] = \text{Kg}$$

$$[a] = \text{m/s}^2$$

$$[F] = \text{Kg} \cdot \text{m/s}^2 \equiv \text{N} \quad (\text{newton}).$$

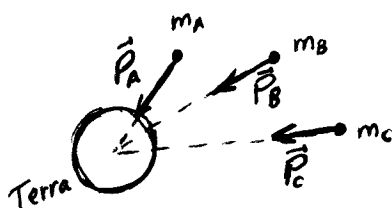
Outras unidades de força: dina, libra, etc.

É importante notar que se $\vec{F}_r = \vec{0}$, $\vec{a} = \vec{0}$. Nesse caso, o corpo está ou em repouso e permanece em repouso (equilíbrio estático), ou em movimento e permanece se movendo com velocidade constante (equilíbrio dinâmico).

A 2ª Lei de Newton vale não só para um corpo, mas para um sistema de corpos. Nesse caso, dizemos que \vec{F}_r é a soma de todas as forças externas ao sistema.

* Algumas forças especiais

→ Força gravitacional ou peso (\vec{F}_g ou \vec{P}).

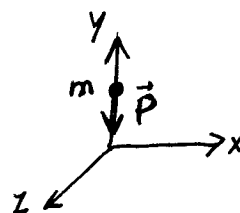


\vec{P} → dirigida para o centro da Terra

A força gravitacional (\vec{F}_g) ou, mais comumente, o peso (\vec{P}) de um corpo é a força de atração que ele sofre devido ao fato de estar próximo a outro corpo (a Terra, por exemplo). A aceleração produzida pela força gravitacional é a aceleração da gravidade \vec{g} , cujo módulo é g (como vimos no caso da queda livre de um corpo). Dessa forma, pela 2ª Lei de Newton:

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

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



ou, em componentes, e próximo à superfície:

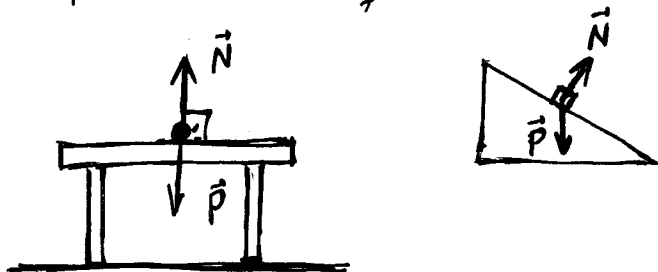
$$\vec{P} = -P\hat{j} \Rightarrow \boxed{\vec{P} = -mg\hat{j}} \quad (\text{vertical e para baixo}).$$

Em alguns livros, a força gravitacional (\vec{F}_g) e o peso (P) são sutilmente diferentes. Enquanto \vec{F}_g é definida como feito anteriormente, o peso (P) de um corpo seria definido como o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo. Na prática, isso significa que $F_g = P$ e $P = mg$, ou seja, não teremos problemas em utilizar uma maneira de definir ou outra.

Observação: não confunda peso com massa! Peso está associado a uma força, logo é dado em newton (N); massa é uma propriedade do corpo, é dada em quilograma (kg).

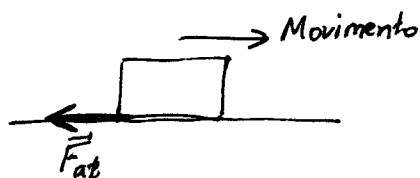
→ Força Normal (\vec{N}).

Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal \vec{N} que é perpendicular à superfície.



→ Atrito (\vec{F}_{at}).

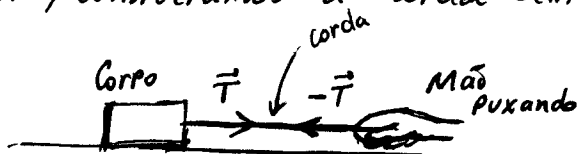
Força de resistência a um movimento de um corpo devido à superfície na qual está apoiado. Essa força é paralela à superfície e aponta no sentido oposto ao do movimento ou tendência de movimento.



→ Tração (\vec{T}).

Quando uma corda (fio, cabo, etc.) é presa a um corpo e esticada aplica ao corpo uma força denominada tração (\vec{T}) orientada ao longo da corda. Chamamos comumente seu módulo (T) de tensão da corda.

Frequentemente, consideramos a corda sem massa e inextensível.



- Terceira Lei de Newton: Princípio da Ação e Reação.

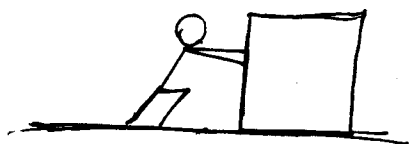
"Se um corpo A exerce sobre um corpo B uma força \vec{F}_{AB} , então o corpo B também exerce sobre o corpo A uma força \vec{F}_{BA} , de modo que essas duas forças tem o mesmo módulo, a mesma direção e sentidos opostos." (3ª Lei).

Matematicamente:

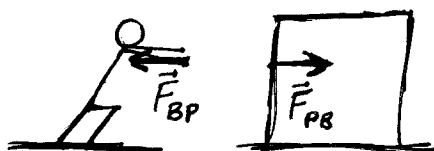
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

(em módulo: $F_{AB} = F_{BA}$).
 ↳ quem sofre a força!
 ↳ quem exerce a força!

Ex. 1.



Pessoa (P) empurrando o bloco (B).

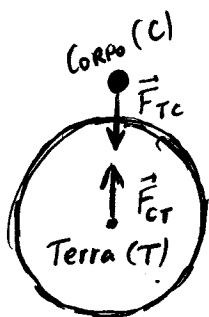


Ação: \vec{F}_{PB}

Reação: \vec{F}_{BP}

$\vec{F}_{PB} = -\vec{F}_{BP}$ ($F_{PB} = F_{BP}$).

Ex. 2.

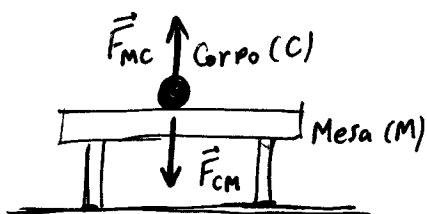


Forças gravitacionais entre um corpo e a Terra.

$$\vec{F}_{TC} = -\vec{F}_{CT} \quad (F_{TC} = F_{CT})$$

↳ Força peso (\vec{P}) do corpo!

Ex. 3.



Forças entre um corpo (C) e uma mesa (M).

$$\vec{F}_{MC} = -\vec{F}_{CM} \quad (F_{MC} = F_{CM})$$

"Se o corpo está em repouso sobre a mesa (que se encontra na superfície da Terra), $F_{MC} = F_{CM} = P$."