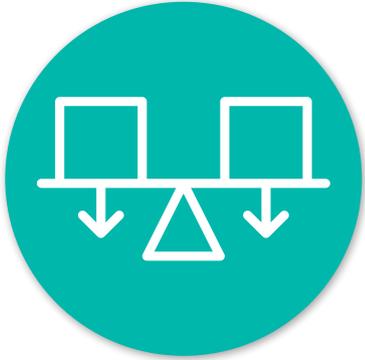


2020 - 2022

ESTÁTICA

A vertical teal sidebar on the right side of the page. It contains the word 'ESTÁTICA' in white, uppercase letters. Below the text are several white navigation icons: a square with arrows pointing outwards, a DNA double helix, a flask, a network of nodes, a grid, and a play button.



ESTÁTICA

Nessa área, você estudará as situações de equilíbrio, tanto de pontos materiais quanto de corpos extensos, e será introduzido a uma nova grandeza física: o torque (ou momento de uma força).

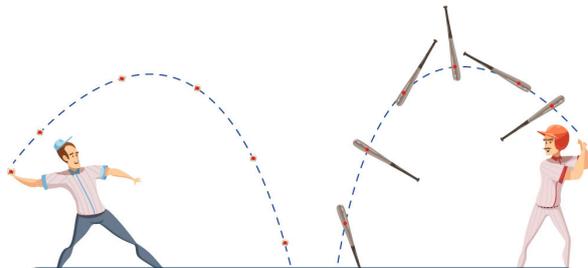
Esta subárea é composta pelos módulos:

1. Centro de Massa e Estática
2. Alavancas



CENTRO DE MASSA E ESTÁTICA

CENTRO DE MASSA E ESTÁTICA



Os centros de massa de uma bola e de um bastão de beisebol seguem trajetórias parabólicas.

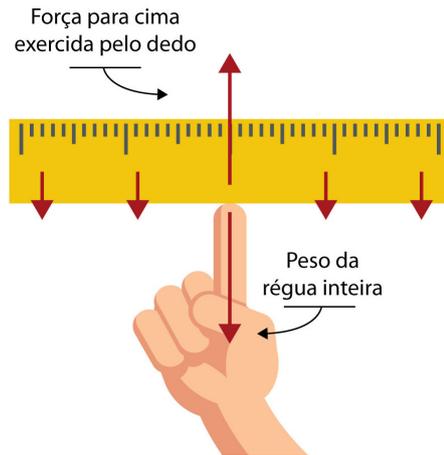
Se você arremessar uma bola no ar, ela seguirá uma suave trajetória parabólica. No entanto, se você arremessar agora um bastão de beisebol girando no ar, sua trajetória não será tão suave; seu movimento será ondulante e ele parece ondular em todos os pontos. Mas, de fato, ele gira em torno de um ponto chamado de centro de massa (CM).

Para um dado objeto, o seu centro de massa é a posição média de toda a massa que constitui o objeto. Por exemplo, um objeto simétrico, tal como uma bola, possui centro de massa que coincide com seu centro geométrico. Ao contrário disso, um objeto com formato irregular (como o bastão de beisebol) tem a maior parte de sua massa situada mais próxima a uma das extremidades. O centro de massa de um bastão de beisebol, portanto, está situado mais próximo do lado mais largo do bastão.

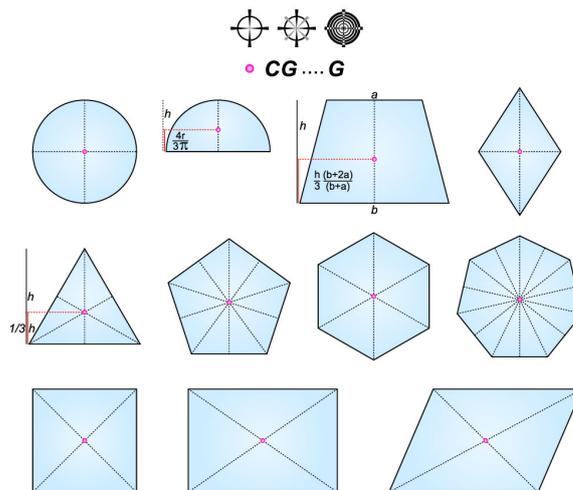
O centro de gravidade (CG) é um termo empregado usualmente para se referir ao centro de massa. O centro de gravidade é simplesmente a posição média da distribuição de peso. Como peso e massa são proporcionais, o centro de gravidade e o centro de massa referem-se ao mesmo ponto do objeto. Os físicos preferem utilizar o termo centro de massa, pois um objeto possui um centro de massa mesmo que não esteja sob influência da gravidade. Para quase todos os objetos na superfície da Terra (ou próximos dela) estes termos são equivalentes. Pode existir uma pequena diferença entre o centro de gravidade e o de massa quando um objeto for suficientemente grande para que a força gravitacional atue de forma diferente de uma parte dele para outra.

Um objeto possui um único centro de massa. Se ele não for rígido e for distorcido, assumindo formas diferentes, então seu centro de massa pode mudar de lugar conforme a mudança de forma produzida. Mesmo assim, ele possuirá um único centro de massa para cada forma individual que ele assume.

Você já tentou equilibrar uma régua no meio, com um único dedo? O centro de gravidade de um objeto uniforme, como uma régua, está no seu ponto médio, pois ela atua como se todo o seu peso estivesse concentrado ali. Se sustentarmos esse ponto único, sustentamos a régua inteira. Equilibrar um objeto constitui um método simples para localizar o centro de gravidade. Na figura abaixo, as várias setas pequenas representam a atração gravitacional ao longo de toda a régua. Todas elas podem ser combinadas numa força resultante que atua no centro de gravidade. Podemos pensar no peso todo da régua como atuando nesse ponto único. Por isso, podemos equilibrar a régua aplicando-lhe uma única força para cima, numa direção que passa através do centro de gravidade.

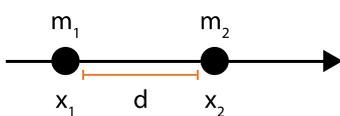


O centro de gravidade de qualquer objeto livremente suspenso situa-se diretamente abaixo do ponto de suspensão (ou nele). Se uma linha vertical for traçada através do ponto de suspensão, o centro de gravidade estará em algum lugar sobre essa linha. Para determinar exatamente onde ele se encontra sobre a linha, temos apenas de suspender o objeto por um outro ponto e traçar uma segunda linha vertical através do ponto de suspensão. O centro de gravidade estará na interseção dessas duas linhas.



O centro de massa de um objeto pode ser um ponto onde nem sequer existe massa. Por exemplo, o centro de massa de um anel ou de uma esfera oca se encontra no centro geométrico do objeto, onde não há uma parte desse objeto.

CALCULANDO O CENTRO DE MASSA



A figura mostra duas partículas, de massa m_1 e m_2 , separadas por uma distância d . A posição do centro de massa desse sistema de partículas é definido como:

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$



Quando a situação envolve mais de 2 partículas, a equação geral fica:

$$x_{CM} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$



A localização do centro de gravidade é importante para a estabilidade de um objeto. Se traçarmos uma linha reta para baixo, a partir do centro de gravidade de um objeto com uma forma geométrica qualquer, e ela incidir num ponto do interior da base do objeto, então o objeto está em equilíbrio estável; ele se equilibra. Se a linha incidir num ponto exterior à base do objeto, o equilíbrio é instável.

Por que a famosa Torre de Pisa não tomba? Como vemos ilustrado na figura, uma linha reta traçada para baixo a partir do centro de gravidade da torre incide num ponto em sua base, de modo que ela tem se mantido de pé há vários séculos.

Inércia Rotacional

Quando começamos os estudos em dinâmica, vimos que existe um estado em que os corpos tendem a manter o movimento (ou o repouso) em que se encontram até que surja uma força que altere esse estado.

Analisamos esse estado para situações em que o corpo se move em trajetórias retilíneas. Para situações em que os corpos estão rotacionando, podemos fazer uma analogia muito interessante.

Quando estudamos corpos se movendo em trajetória retilínea, sabemos que quanto maior é a massa do corpo, maior é a dificuldade de alterar o seu estado de movimento. Em situações rotacionais, a massa do corpo que estamos estudando também é importante, mas não somente isso: a forma com que essa massa está distribuída ao longo do corpo em relação ao eixo de rotação também é importante para nos dizer se o corpo terá mais ou menos facilidade de girar.

A propriedade dos corpos associada à sua massa e sua distribuição é chamada de **inércia rotacional** (ou momento de inércia). Quanto mais massa o corpo possuir e quanto mais distante do eixo de rotação essa massa estiver concentrada, maior será o momento de inércia e, conseqüentemente, mais dificuldade haverá para alterar o estado rotacional desse corpo.



A inércia rotacional de um objeto depende da sua distribuição de massa. Sendo assim, não existe uma fórmula geral que funcione para todos os objetos.



Torque

Continuando a analogia aos conceitos iniciais abordados em dinâmica, sabemos que ao exercer uma força sobre um corpo, tendemos a alterar o seu estado de inércia: quando uma força resultante não nula atua sobre um corpo, essa causa sobre ele uma aceleração linear.

No estudo de dinâmica rotacional dos corpos, ocorre algo parecido: conseguimos causar uma rotação (ou alteração do estado de rotação) ao aplicarmos a um corpo uma grandeza física resultante conhecida como **torque**.

O torque depende de duas grandezas vetoriais: uma força aplicada e a distância entre o ponto de aplicação dessa força e o eixo de rotação. Essa distância é também chamada de braço de alavanca.

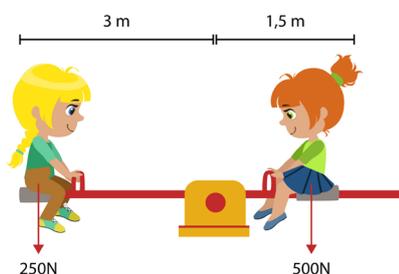
Em geral, definimos o torque (τ) como o produto do braço de alavanca (r) pela força (F) que tende a produzir a rotação:

$$\tau = r \cdot F$$

Mas cuidado! Essa fórmula só pode ser utilizada quando a direção dos vetores braço de alavanca e força aplicada são perpendiculares, ou seja, foram um ângulo de 90° . Em outros casos, deve se utilizar a seguinte fórmula, que é mais geral:

$$\tau = r \cdot F \cdot \text{sen } \theta$$

Onde θ é o ângulo formado entre a o braço de alavanca e a força aplicada.

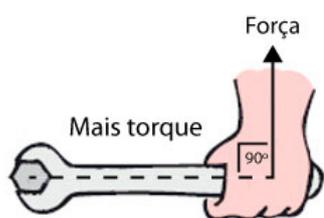


O torque é intuitivamente familiar às crianças que brincam de gangorra. Elas podem utilizar esse brinquedo mesmo quando seus pesos são diferentes. O peso sozinho não produz rotação, mas o torque sim, e as crianças logo aprendem que a distância entre o lugar onde elas se sentam e o pivô da gangorra é tão importante quanto o peso.

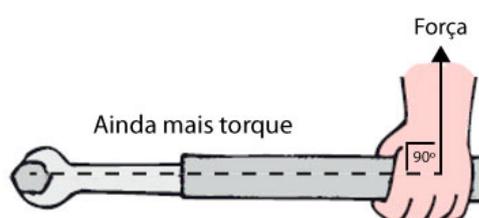


Outro exemplo: Para girar um parafuso com uma chave de boca, é mais fácil aplicar a força mais próximo do parafuso ou mais distante dele?

A resposta é: mais distante dele. Isso ocorre pois o braço de alavanca será maior e, conseqüentemente, o torque também será maior:



Braço de alavanca



Braço de alavanca

