

EXPERIMENTO 8

EQUILÍBRIO ESTÁTICO DUMA BARRA RÍGIDA

I - OBJETIVO

Estudar as condições de equilíbrio de uma barra rígida sujeita a forças verticais.

II - PARTE TEÓRICA

Se se aplica uma força num ponto de uma barra rígida apoiada, a barra poderá ter a tendência a girar e a essa tendência de giro em torno dum eixo denomina-se *torque*.

Define-se o torque $\vec{\tau}$ produzido por uma força \vec{F} em relação a uma origem O, pelo produto vetorial

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (8.1)$$

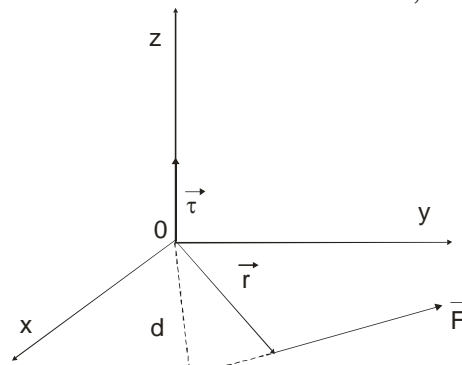


Fig. 8.1

onde \vec{r} é o vetor posição do ponto de aplicação da força \vec{F} , ambos contidos no plano xy (Fig. 8.1). Definido desta forma, o vetor torque $\vec{\tau}$, de acordo com as regras do produto vetorial, é perpendicular ao plano que contém O e \vec{F} . Assim, a linha de ação de $\vec{\tau}$ representa o eixo em torno do qual o corpo tende a girar quando fixo em O e sujeito à força \vec{F} . Este eixo é denominado **eixo de torque**. Na Fig. 8.1, $\vec{\tau}$ coincide com o eixo-z e tem o sentido de + z.

O módulo do torque é dado por

$$\tau = Fr \sin \theta, \quad \text{ou,} \quad \tau = Fd, \quad (8.2)$$

onde θ é o ângulo entre os vetores $\vec{\tau}$ e \vec{F} e $d = r \sin \theta$ é a distância perpendicular de O à linha de ação de \vec{F} , denominada **braço de alavanca** de \vec{F} em relação a O.

1. AS CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Uma barra rígida é dita estar em equilíbrio estático se ela não se move em nenhuma forma — nem em translação, nem em rotação — no sistema de referência em que observamos o corpo. Translação num corpo é causada por uma força não balanceada, enquanto rotação é produzida por um torque não balanceado. Daí as duas condições necessárias e suficientes para que um corpo esteja em equilíbrio são:

- a soma vetorial de todas as forças externas que agem sobre o corpo deve ser nula;
- a soma vetorial de todos os torques externos — em relação a qualquer eixo de torque no espaço — que atuam sobre o corpo deve ser nula.

Essas condições são expressas pelas relações:

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = 0 \quad (8.3)$$

e

$$\Sigma \vec{\tau}_{\text{ext}} = 0 \quad (8.4)$$

1. CENTRO DE GRAVIDADE

O **centro de gravidade** ou **baricentro** de um corpo é definido como o ponto no qual uma única força aplicada para cima pode contrabalançar a atração gravitacional sobre todas as partes do corpo, qualquer que seja a posição deste. O centro de gravidade seria, então, o ponto de aplicação da resultante de todas as forças gravitacionais sobre o corpo. Ele pode também ser definido como o ponto em torno do qual a soma algébrica de todos os torques gravitacionais é igual a zero para qualquer orientação do corpo. Num campo gravitacional uniforme, o baricentro coincide com o centro de massa do corpo e independe da posição deste.

3. EQUILÍBRIO DUMA BARRA SUSPensa

Numa barra rígida suspensa, onde todas as forças externas aplicadas sobre ela são verticais, portanto coplanares, as condições de equilíbrio significam que a resultante das forças num sentido deve ser igual à resultante das forças no sentido contrário; e que a soma dos torques no sentido horário (negativo, por convenção), em relação a qualquer eixo de torques perpendicular ao plano das forças, deve ser igual à soma dos torques no sentido anti-horário (positivo, por convenção), em relação ao mesmo eixo. Se a barra for equilibrada na horizontal o braço de alavanca de cada força será simplesmente a distância do ponto de aplicação desta força ao eixo de torque escolhido. Esse eixo deve ser escolhido por conveniência de cálculo: normalmente o baricentro ou o ponto de suspensão da barra é pontos convenientes.

III - PARTE EXPERIMENTAL

BARRA SUSPensa POR UM PONTO FORA DE SEU BARICENTRO

Quando uma barra é suspensa, a condição para seu equilíbrio é que a linha de ação da força que a mantém suspensa passe por seu baricentro. Se, portanto, uma barra é suspensa por um ponto fora de seu baricentro ela não ficará em equilíbrio na horizontal, a menos que outras forças externas sejam nela aplicadas.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Suspenda a barra por um orifício não central com o dinamômetro e equilibre-a na horizontal pendurando um ou mais pesos, conforme indicado pelo professor. Então, identifique as forças externas que agem sobre a barra, seus pontos de aplicação e faça um diagrama delas. Meça e anote as intensidades dessas forças, e, à luz dos desvios obtidos, verifique se a condição de equilíbrio expressa pela Eq. (8.3) foi satisfeita. Agora, meça e anote os braços de alavanca das forças externas em relação a um eixo de torques de sua escolha, calcule os torques dessas forças e verifique, à luz dos desvios calculados, se a condição expressa pela Eq. (8.4) foi satisfeita. Discuta seus resultados.

Material por mesa:

- 1 barra de 1 metro com furos e escala,
- 1 dinamômetro preso num suporte metálico,
- Uma coleção massas com gancho contendo: 2 de 20g , 1 de 50g , 1 de 100g, 1200g, 1g(2) e 0,5g.

Questionário do Experimento 8

- 1- Quais são as condições para que haja equilíbrio?
- 2- Defina Baricentro.
- 3- Descreva o procedimento experimental do experimento barra suspensa por um ponto fora de seu baricentro.