DEMONSTRE EM AULA

SEM QUEBRAR AS TAÇAS!!

Fernando Lang da Silveira
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS

I Introdução

É possível, sem quebrar as taças, partir uma ripa de madeira sobre taças de vinho?

A resposta é positiva e você pode facilmente realizar tal façanha. Em primeiro lugar mostraremos como realizá-la e em seguida daremos uma explicação.

II Realizando a façanha

Tome uma ripa de madeira de 40 cm ou mais de comprimento. Se ela for de pinho pode ter 1 cm de espessura. Se for de madeira aglomerada pode ser mais grossa. Apoie a ripa pelas extremidades sobre as duas taças conforme a Fig. 1 (caso tenha receio de realizar a façanha com as taças, teste com dois copos de vidro comuns ou descartáveis de plástico)

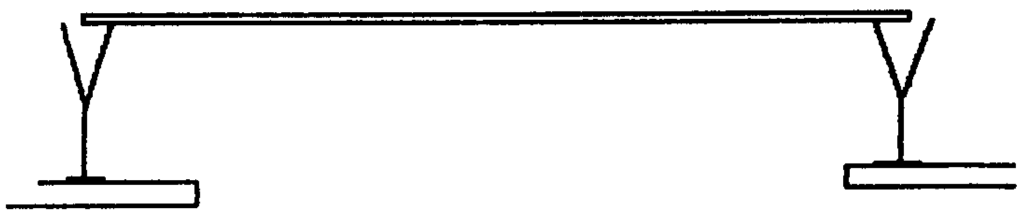

Fig. 1 - Ripa deitada sobre as taças.

Uma barra de madeira resistente (ou até de metal) com cerca de 1 m de comprimento será utilizada para golpear violentamente a ripa de madeira em sua região mediana. O golpe deve ser muito forte!!

 Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, n. 2: p. 152-156, ago. 1995.

III. A explicação da façanha

O golpe violento na ripa produzirá uma força muito grande na região mediana da ripa. Se a situação fosse estática, teríamos cerca da metade dessa força agindo em cada taça e, conseqüentemente, seriam quebradas.

Na verdade essa força intensa atuará na região mediana por um breve intervalo de tempo, durante o qual ainda não há qualquer esforço sobre as taças. Aplicada uma força na região mediana da ripa, os esforços sobre as extremidades acontecerão depois de algum tempo (o tempo que uma onda mecânica se propagando na ripa leva para percorrer a distância que separa o local do impacto das extremidades). Ou seja, antes de haver esforço sobre as taças a ripa já está rompida, constituindo-se então dois corpos independentes.

O golpe transferirá para cada pedaço da ripa uma grande quantidade de movimento linear e angular. Ou seja, cada parte da ripa terá em seguida ao golpe o seu centro de massa se deslocando para baixo com grande velocidade. Concomitantemente o pedaço girará com grande velocidade angular em torno do seu centro de massa (vide a Fig. 2).

Fig. 2 - Translação do centro de massa e rotação em torno do centro de massa de cada pedaço.

A superposição da translação de cada pedaço com a rotação em torno do centro de massa determinará que ele gire instantaneamente em torno de um eixo (eixo instantâneo de rotação) situado a cerca de um terço do seu comprimento da extremidade apoiada na taça (vide a Fig. 3). Desta forma, instantaneamente, o movimento é uma rotação pura em torno do eixo instantâneo e a extremidade apoiada na taça está **subindo, se afastando da taça.**

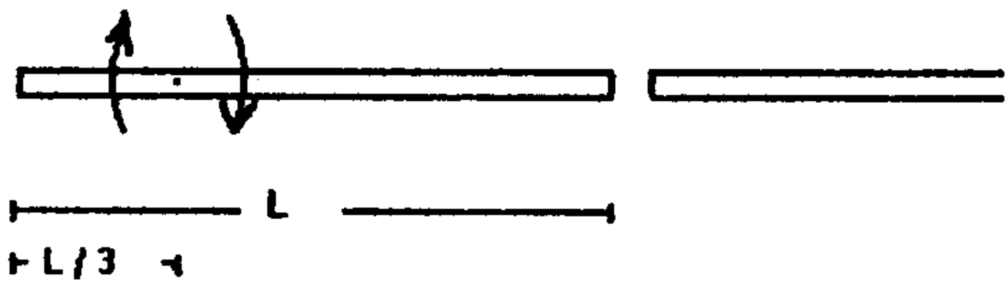

Fig. 3 - Rotação pura de cada pedaço em torno do eixo instantâneo.

Você também pode realizar este experimento suspendendo a ripa pelas extremidades em duas alças de papel higiênico. Verá então que as alças de papel não são rasgadas.

Temos utilizado este experimento em disciplinas de Física Geral. Ele serve para exemplificar concretamente a existência de um eixo instantâneo de rotação - quando o movimento de um corpo é descrito como uma rotação em torno de um eixo com a translação desse mesmo eixo -, facilitando dessa forma o entendimento de um conceito muitas vezes incompreensível para os alunos. Concluiremos este trabalho apresentando uma demonstração sobre a localização do eixo instantâneo de rotação.

IV. Localizando o eixo instantâneo de rotação

Com a força percussora produzida pela pancada é muito grande, desprezamos quaisquer outras forças agindo sobre a barra durante aquele pequeno intervalo de tempo que dura a pancada. Desta forma, a força **F** é a força resultante sobre a barra.

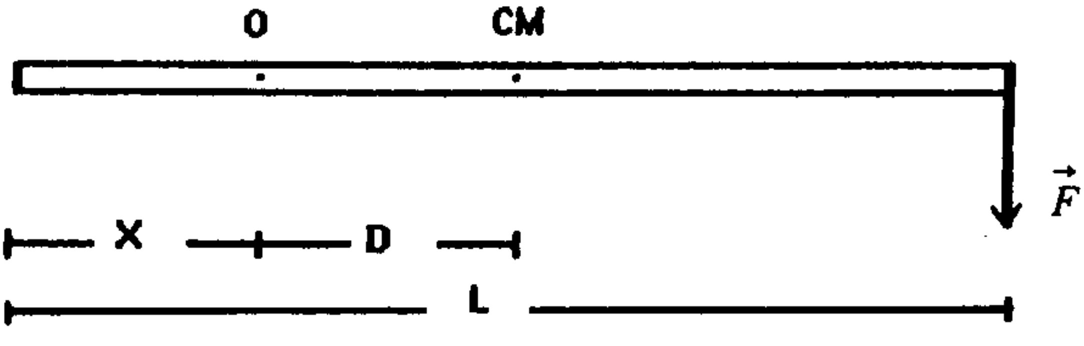

Fig. 4 - Força sobre um dos pedaços da barra durante a pancada.

L – comprimento da barra
CM – centro de massa
O – eixo instantâneo de rotação
D – distância entre O e CM
X – distância entre **O** e a extremidade apoiada da barra.

O torque resultante em relação ao eixo instantâneo de rotação é:

$$T = F(D+L/2) \quad (1)$$

Mas o torque resultante também é o produto do momento de inércia da barra em torno do eixo instantâneo (I) pela aceleração angular da barra (a) em torno deste mesmo eixo.

$$T = I\,a \quad (2)$$

O momento de inércia em torno do eixo instantâneo é obtido utilizando-se o teorema de Steiner (teorema dos eixos paralelos), onde I* é o momento de inércia do pedaço da barra em torno do centro de massa e M é a massa do pedaço.

$$I = I^* + MD^2 \quad (3)$$

O momento de inércia do pedaço da barra em torno do centro de massa é:

$$I^* = ML^2/12 \quad (4)$$

Substituindo-se (4) em (3) obtém-se:

$$I = M(L^2/12 + D^2) \quad (5)$$

Substituindo-se (5) em (2) encontra-se:

$$T = M(L^2/12 + D^2)a \quad (6)$$

Substituindo-se (1) em (6) obtém-se:

$$F(D + L/2) = M(L^2/12 + D^2)a \quad (7)$$

A aceleração angular em torno do eixo instantâneo é a aceleração linear do centro de massa (A) dividida por D.

$$a = A/D \tag{8}$$

A aceleração linear do centro de massa é a razão entre a força resultante sobre o pedaço da barra e a massa do pedaço.

$$A = F/M \tag{9}$$

Substituindo-se (9) em (8) obtém-se:

$$a = F/(MD) \tag{10}$$

Substituindo-se (10) em (7) encontra-se:

$$F(D + L/2) = M(L^2/12 + D^2)\ F/(MD) \tag{11}$$

Simplificando-se F e M tem-se:

$$D(D + L/2) = L^2/12 + D^2 \tag{12}$$

Resolvendo-se para D encontra-se:

$$D = L/6 \tag{13}$$

Como $L/2 = X + D$ então:

$$L/2 = X + L/6 \tag{14}$$

Finalmente, como queríamos demonstrar:

$$X = L/3 \tag{15}$$