DUPLO CONE, QUÁDRUPLA FINALIDADE

João Batista Garcia Canalle
Instituto de Física -UERJ
Rodrigo Moura
Colégio de Aplicação da UERJ
Rio de Janeiro -RJ

Resumo

É relativamente comum a existência de um duplo cone de madeira nos laboratórios de Física para desafiar os alunos a explicarem como o dito cujo "sobe misteriosamente" uma rampa. Aqui apresentamos uma forma alternativa muito simples para confeccioná-lo e mostramos que invertendo-se a junção entre os respectivos cones, eles descem a rampa e, neste caso, funcionam também como um io-iô e como um estetoscópio, tendo, portanto, quádrupla finalidade.

I. Introdução

Podemos considerar um corpo como um conjunto de partículas materiais. A Terra exerce sobre cada partícula uma força atrativa, sendo o peso de um corpo nada mais do que a resultante de todas as forças atrativas que a Terra exerce sobre as suas partículas. Qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra, a direção da força peso passa sempre por um mesmo ponto do corpo, chamado de centro de gravidade. Supondo a gravidade constante para todos os pontos do corpo, esse centro de gravidade coincide com o centro de massa do corpo. Nestas condições temos duas regras práticas para determinar o centro de massa ou de gravidade do corpo. 1ª) Se um corpo homogêneo admite um centro de simetria, o seu centro de massa coincide com ele. Por exemplo, o centro de massa de uma esfera homogênea está no centro dela. 2ª) Se um corpo homogêneo admite um eixo de simetria, o seu centro de massa encontra-se sobre este eixo. Por exemplo, o centro de massa de um cilindro encontra-se sobre seu eixo. Pode acontecer que o centro de massa de um corpo se encontre fora do espaço por ele ocupado. É o que acontece, por exemplo, com um anel. O centro de massa está no centro do anel.

Existem três tipos de equilíbrio: o estável, instável e o indiferente. Um corpo se encontra em equilíbrio estável quando retoma à posição de equilíbrio inicial, caso seja ligeiramente afastado dela. Um corpo se encontra em equilíbrio instável se, ao ser ligeiramente afastado de sua posição de equilíbrio, tender cada vez mais a se afastar dela. Um corpo se encontra em equilíbrio indiferente se, ao ser afastado de sua posição de equilíbrio inicial, ficar em equilíbrio na sua nova posição. Neste trabalho vamos estudar o caso do equilíbrio instável.

II. Duplo cone

O experimento do duplo cone que "sobe misteriosamente" uma rampa, normalmente é constituído por uma peça de madeira com o formato de um duplo cone, conforme mostra a Fig. 1.

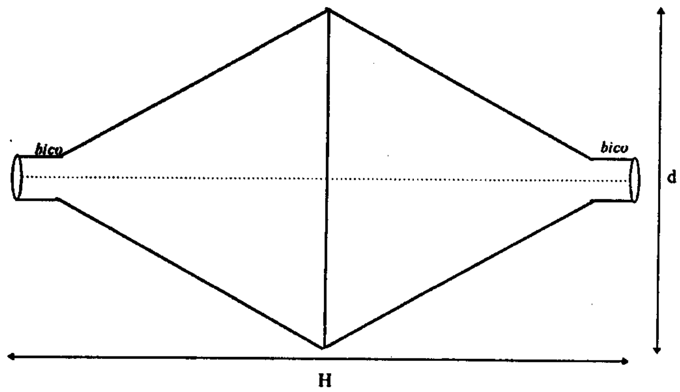

Fig. 1 - Esquema de dois funis plásticos colados pelas suas "bocas", sendo "d" o diâmetro do funil e H o comprimento do conjunto.

A forma de consegui-la é ir a uma marcenaria que tenha torno, pagar para um marceneiro fazê-lo e torcer para que a madeira usada seja homogênea, senão ele não funciona.

A sugestão simplificada para se evitar problemas e gastos maiores que 2 reais é comprar dois funis de plástico, destes usados na cozinha e colar suas bocas para formar o duplo cone (ou duplo funil) como mostra a Fig. 1.

Providencie 2 tabuinhas de comprimento, por exemplo, 5H, outra de comprimento H e pregue-as como mostra a Fig. 2.

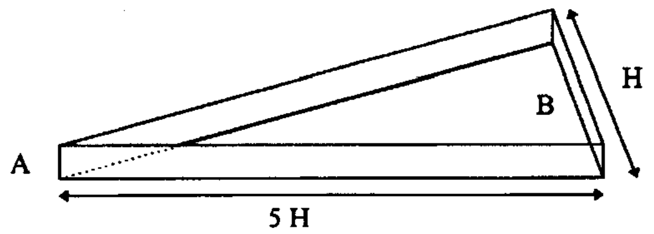

Fig. 2 - Esquema fora de escala do suporte para rolamento do duplo funil. A largura e a espessura da madeira são arbitrárias.

Colocando-se o duplo funil em repouso no vértice A do suporte (colocado na horizontal) ele rolará por si só para a abertura B, o que já é estranho. Mas, mais estranho é ver ele fazer o mesmo movimento depois de se colocar um calço sob a extremidade B do suporte, transformando-o numa rampa. A altura máxima do calço pode ser determinada empiricamente ou olhando o apêndice. A "solução" do mistério é dada pela simples observação de que o eixo do duplo funil (no centro do qual está o centro de massa da peça) desce a rampa tanto para o duplo funil da Fig. 1, quanto para o duplo funil da Fig. 3.

O duplo cone é homogêneo e apresenta um eixo de simetria, portanto seu centro de massa e de gravidade coincidem com o centro geométrico do mesmo. Quando apoiado sobre a rampa (Fig. 2) o mesmo está em equilíbrio instável. Qualquer corpo em equilíbrio instável está com máxima energia potencial, isto é, o seu centro de massa está na posição mais alta possível. Qualquer deslocamento que o corpo possa sofrer implicará no abaixamento do seu centro de massa. A diminuição da energia potencial implicará em aumento de energia cinética de rotação e translação, no caso do duplo cone.

Medindo-se a altura do eixo (sobre o qual está o centro de massa do duplo cone) quando o cone está na posição A da rampa (Fig. 2) e na posição B da mesma, vemos que esta é menor do que aquela, portanto, a energia potencial foi transformada em energia cinética.

A "ilusão" de que o duplo cone "sobe a rampa" se dá porque enquanto ele translada, os seus dois pontos de apoio sobre a rampa, cada vez mais se afastam do seu centro de massa, de tal forma que permite que o centro de massa, na verdade, desça.

III. Duplo cone invertido

De posse de mais dois funis idênticos pode-se juntar os dois pelos respectivos bicos, usando, por exemplo, fita adesiva ou esparadrapo largo, de modo que eles fiquem conforme a Fig. 3.

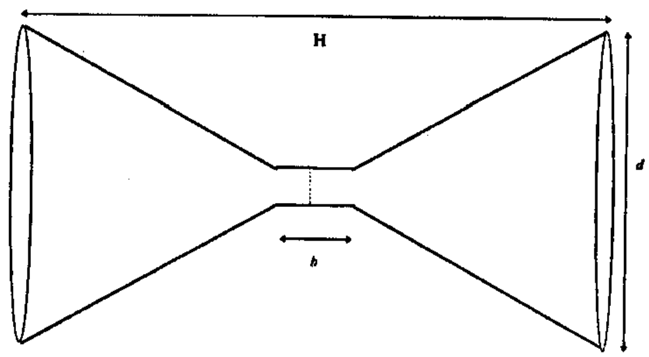

Fig. 3 - Vista frontal dos dois funis presos pelos seus bicos.

Colocando-se o duplo funil invertido na extremidade aberta (ponto B) da rampa, observa-se que o mesmo agora desce a rampa, o que é natural, mas fica a pergunta: porque agora ele desce se antes subia e seu centro de massa continua no seu centro geométrico como antes?

IV. Io-iô

Colocando-se uma tira de pano de largura b (igual ao dobro do comprimento do bico do funil) e comprimento, por exemplo 1 m, ao redor dos dois bicos unidos, como mostra a Fig. 3, transforma-se o mesmo num io-iô, com o qual pode-se explorar, por exemplo, as questões de conservação do momento angular e de energia.

V. Estetoscópio

Prendendo-se um pedaço de borracha, de balões de festa de aniversário, nas extremidades (bocas) dos funis da Fig. 3, ele se transforma num estetoscópio, completando assim a quádrupla finalidade do duplo cone.

VI. Conclusão

Apresentamos uma simplificação para se construir o duplo cone a partir de dois funis plásticos e mostramos que o mesmo funil pode ser usado para outras finalidades além daquela para a qual ele foi originalmente construído.

Referência

GONÇALVES, D. **Física**, v. 1, Cap. 7, Ed. Livro Técnico S/A, 1976.

Apêndice

Fazendo um corte do duplo funil apoiado sobre a rampa, depois que se colocou os calços na extremidade B do suporte da Fig. 2, definindo um ângulo de elevação a temos a Fig. 4a abaixo:

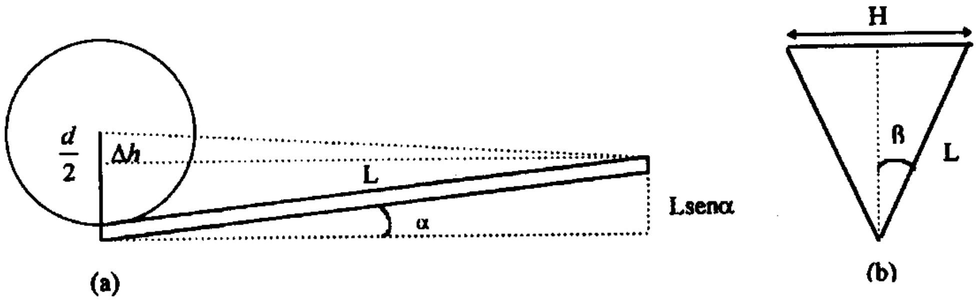

Fig. 4 (a) - Vista lateral do duplo cone sobre sua rampa de elevação a. (b) - Vista superior do suporte de rolamento (Fig. 2) para o duplo cone.

O centro da massa do duplo funil coincide com o seu centro geométrico e deve cair de uma altura A. h, dado por:

$$\Delta \mathrm{h} = \frac{d}{2} - L\mathrm{sen}\,\alpha > 0 \Rightarrow \frac{d}{2} > L\mathrm{sen}\,\alpha \qquad \text{A1}$$

Mas o comprimento L do suporte e o ângulo β da abertura do suporte (Fig 4b) estão relacionados por:

$$\mathrm{sen}\,\beta = \frac{H}{2L} \Rightarrow L = \frac{H}{2\,\mathrm{sen}\,\beta} \qquad \text{A2}$$

Substituindo (A2) na (A1) temos a relação final entre o diâmetro e o comprimento do duplo cone e os ângulos de abertura e de elevação da rampa:

$$\frac{\mathrm{sen}\,\alpha}{\mathrm{sen}\,\beta} < \frac{d}{H} \qquad \text{A3}$$

A equação A3 relaciona o ângulo β de abertura do suporte e o ângulo α de elevação para que ocorra a “subida da rampa”. O fato de usarmos dois funis com “bicos” não altera significativamente o resultado.