

Construção do conceito de ‘momento de uma força’, a partir de experimentos relacionados ao cotidiano

O tópico *Momento de uma força* é integrante do “Tema Estruturador 1” nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) [1], onde a unidade temática 4 propõe que o aluno seja capaz de “reconhecer processos pelos quais pode ser obtida amplificação de forças em ferramentas, instrumentos ou máquinas”. Além disso, os PCN propõem que “o tratamento da mecânica pode ser o espaço adequado para promover conhecimentos a partir de um sentido prático e vivencial macroscópico” e “a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo”. Essas considerações fundamentam as propostas presentes nesse trabalho.

Apresentamos quatro experimentos simples, que relacionam o cotidiano do aluno com os conceitos descritos em livros didáticos de ensino médio [2,3], associados ao tema *Momento de uma força* ou, simplesmente, *torque*. A primeira atividade experimental exemplifica o equilíbrio (ou não) de uma barra homogênea apoiada

em diferentes posições; a montagem faz analogia com uma gangorra. A segunda atividade exemplifica a diferença na força para abrir uma porta, quando o ponto de aplicação da força é mudado. A terceira atividade exemplifica o equilíbrio (ou não) de uma barra horizontal, quando o ponto de suspensão varia. Na quarta atividade, propomos a utilização de uma simulação feita na ferramenta *Modellus*, que permite verificar a variação do torque com a força ou com a distância ao ponto de apoio.

Atividades experimentais

Primeiro experimento: protótipo de uma gangorra

Objetivo

Apresentar o conceito de *momento de uma força*, utilizando um protótipo de gangorra. No experimento, o eixo de rotação da gangorra é variado e novo equilíbrio é estabelecido inserindo pesos (chumbos de pesca) nos compartimentos fixados nas extremidades da gangorra. A Fig. 1 ilustra a montagem do experimento, que é bastante simples.

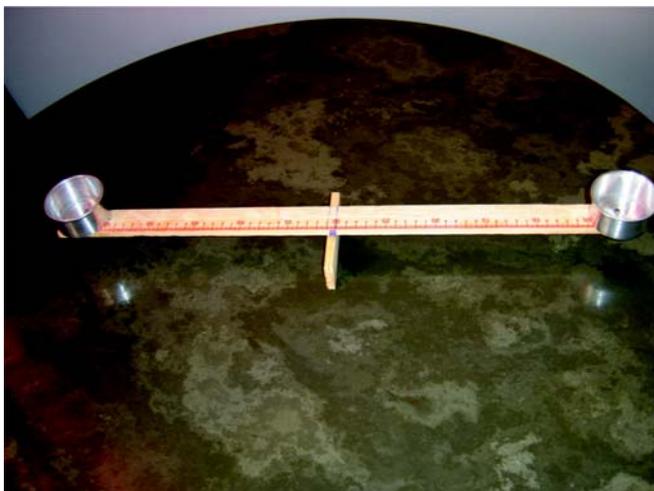


Figura 1 - Protótipo de uma gangorra.

.....
Raphael de Carvalho Ferreira
E-mail: fisica2004@terra.com.br

Wilma Machado Soares Santos
E-mail: wilma@if.ufrj.br

Penha Maria Cardoso Dias
E-mail: penha@if.ufrj.br

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil
.....

Nas escolas, nas quais o enfoque de ensino é o tradicional, poucos estudantes desenvolvem uma razoável capacidade de abstração; como consequência, uma boa parte deles apresenta dificuldade em acompanhar certos tópicos dos cursos de física, mesmo no nível do ensino médio. A utilização de experimentos e animações é potencial aliada na exposição de fenômenos, pois exibem uma manifestação do caso abstrato que se deseja transmitir ao aluno.

Material

- Uma régua de madeira de 60 cm;
- Dois potes de alumínio;
- Um apoio (régua de madeira);
- Chumbos de pesca.

Procedimento

Encontre o ponto de equilíbrio da gangorra com os potes vazios. Esse ponto deve estar praticamente no centro, tendo em vista que os dois potes são iguais e foram colocados a uma mesma distância do centro de massa da régua. Varie a posição do apoio e insira pesos nos potes até obter uma nova situação de equilíbrio. Anote a quantidade de pesos em cada um dos potes. Anote as distâncias desses potes em relação ao fulcro. A distância pode ser obtida usando a própria régua.

O que deve ser verificado

Verifique a proporcionalidade de pesos necessários para cada situação de equilíbrio e, também, a proporcionalidade das distâncias dos potes ao fulcro. Para cada posição de equilíbrio, verifique que o produto *peso do chumbo no pote* \times *distância do pote ao eixo* é igual para os dois potes.

Segundo experimento: abra a porta!

Objetivo

Apresentar o conceito de *momento de uma força* utilizando um protótipo de porta. No experimento, a “maçaneta” pode ser colocada a diferentes distâncias da “dobradiça”. A montagem do experimento é mostrado na Fig. 2.

Material

- Quatro régua de MDF de 30 cm;
- Roldanas utilizadas em varal;
- Um porta-lápis (tampa fixa em um único ponto);
- Ganchos metálicos;
- Fio de nylon;
- Terminais (redondos) de fio;

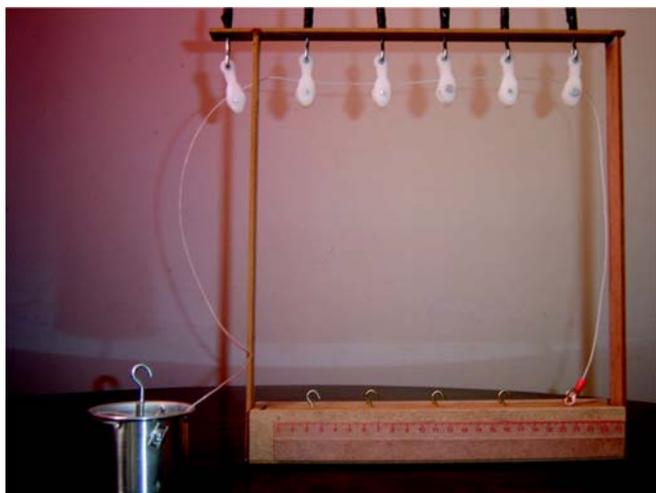


Figura 2 - Protótipo de uma porta.

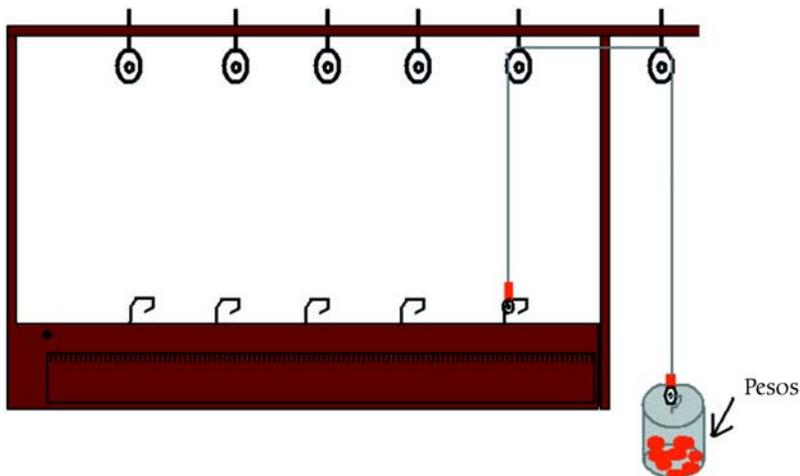


Figura 3 - Esquema do procedimento experimental.

- Um pote de alumínio;
- Chumbos de pesca.

Procedimento

Coloque o fio de nylon preso em um gancho da tampa e insira pesos no pote de metal, de acordo com o esquema da Fig. 3, até que a tampa se abra. Anote a distância do ponto de aplicação da força (balde com pesos) ao eixo de rotação (onde está a dobradiça). Anote a quantidade de pesos colocados no interior do pote de metal para que a tampa se abra. Com os dados, construa uma tabela *peso* \times *distância*.

O que deve ser verificado

Verifique o peso aumentando (ou diminuindo), quando a distância à dobradiça (eixo de rotação) diminui (ou aumenta).

Terceiro experimento: equilíbrio de uma barra homogênea

Objetivo

Apresentar o conceito de ‘momento de força’ pela visualização de situações de

equilíbrio e de rotação de uma barra sólida. No experimento, varia-se o ponto de suspensão da barra.

Material

- Duas barras de madeira;
- Placa de madeira para apoio do aparato;
- Cinco ganchos metálicos, presos à barra, igualmente espaçados entre si;
- Gancho de varal;
- Fio de nylon;
- 10 terminais de fio, redondos.

Procedimento

Prenda a barra com o fio a um dos diferentes ganchos. Para cada gancho, observe se a barra fica em equilíbrio ou se gira, e, nesse caso, se girou no sentido horário ou anti-horário, como mostrado nas Figs. 5 a 7.

O que deve ser verificado

A barra está suspensa pelo gancho, somente, e tende a girar em torno do ponto de suspensão. Observe o sentido de rotação (horário ou anti-horário) quando



Figura 4 - Equilíbrio de uma barra homogênea.



Figura 5 - Giro em sentido horário.



Figura 6 - Giro em sentido anti-horário.



Figura 7 - Barra em equilíbrio: ponto de suspensão no meio.

a barra for suspensa em um gancho à direita e à esquerda do ponto de equilíbrio. No experimento mostrado a barra é dividida em 5 segmentos, cada um correspondendo a um gancho, cada um com massa m e comprimento L ; o gancho está no centro de massa de seu segmento (Fig. 8). Para efeito de discussão, consideremos que a barra esteja suspensa pelo gancho mais distante do poste vertical. Nessa situação,

$$P_2 = m g,$$

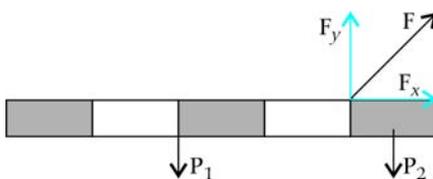


Figura 8 - Decomposição das forças na barra da Fig. 6.

representa o peso do segmento correspondendo ao gancho de suporte; está no centro de massa do segmento.

$$P_1 = 4 m g,$$

representa o peso dos segmentos restantes; está no centro de massa dos 4 segmentos restantes. F é a força atuando ao longo do fio de suspensão. F passa pelo ponto de suspensão, logo, pelo eixo de rotação, e seu torque é nulo. P_1 está a uma distância $2L$ do eixo de rotação e P_2 está a uma distância $L/2$ do eixo. O módulo do torque da força P_1 é

$$T_1 = P_1 \times 2L = 4mg \times 2L = 8mgL,$$

no sentido anti-horário; o módulo do torque da força P_2 é

$$T_2 = P_2 \times L/2 = mg \times L/2 = mgL/2,$$

no sentido horário. $T_1 > T_2$, portanto, existe um torque não balanceado no sentido anti-horário igual a $\Delta T = T_1 - T_2 = (8 - 1/2)mgL > 0$ e a barra gira com torque ΔT no sentido de T_1 .

Quarto experimento: simulação computacional

Objetivo

A simulação possibilita variar dados do experimento como força aplicada, distância ao eixo de rotação, momento de inércia do corpo e velocidade angular. Então é possível exibir fatores que influenciam na rotação de um corpo.

Montagem

Conhecimento (básico) dos comandos do programa *Modellus*. Informações adicionais e o arquivo de instalação do programa podem ser obtidos gratuitamente no site oficial do programa [4]. Os comandos a serem inseridos na janela *Modelo* estão representados na Fig. 9. A ideia é passar das situações concretas, observadas nos experimentos 1, 2 e 3, a uma situação abstrata construída por modelos matemáticos.

Procedimento

Coloque o cursor sobre a barra f . Ao surgir a figura de uma mão, varie o valor da força aplicada na barra (corpo rígido). Analogamente, varie o valor do braço de alavanca, colocando o cursor sobre a barra b (Esquema na Fig. 10).

O que deve ser verificado

Verifique como forças e distâncias se combinam para produzir ou evitar rotações. Quanto mais afastado do eixo de rotação estiver o ponto de aplicação da força, maior será velocidade angular (isso pode ser visto através dos medidores digitais presentes na janela de animação). Nessa simulação, é possível, também, obter o sinal do *torque*, de acordo com o sentido

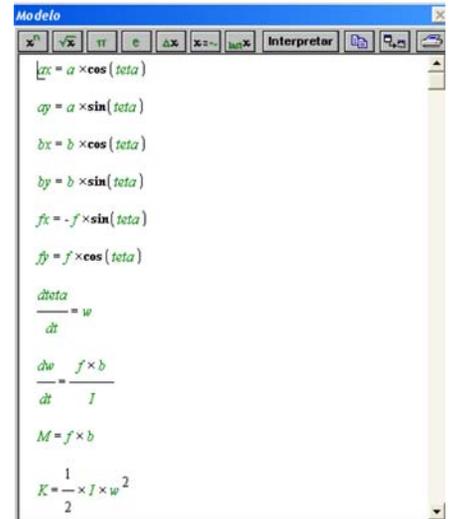


Figura 9 - Inserção dos comandos no *Modellus*.

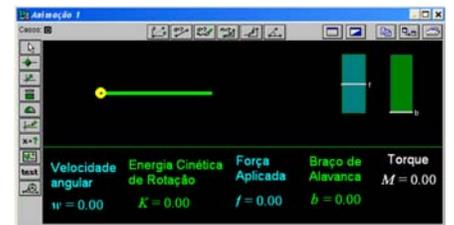


Figura 10 - Interface do programa de simulação.

da rotação: sentido anti-horário, *torque* > 0 ; sentido horário, *torque* < 0 .

Considerações finais

Os experimentos foram feitos por alunos do terceiro ano do ensino médio, em quatro instituições escolares, duas da rede pública e duas da rede particular. Em todas elas, os alunos já haviam tido contato com o conceito de 'momento de uma força'. Os resultados foram satisfatórios nas quatro instituições e comprovados pelos índices de acertos nas avaliações realizadas, quando comparados aos índices obtidos em avaliações prévias nas mesmas turmas.

Referências

- [1] Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (MEC, Brasília, 2002).
- [2] P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Bookman, Porto Alegre, 2002).
- [3] A. Máximo e B. Alvarenga, *Curso de Física* (Scipione, São Paulo, 2000), v. 1.
- [4] <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/index.php>. Consulta realizada em 17/05/2006.