

PROPOSTA DE EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO PARA ALUNOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Fausto Neves Silva¹

Glauber Rocha²

RESUMO

É um fato conhecido que os alunos têm grandes dificuldades na compreensão dos fenômenos físicos, nos vários níveis de ensino. As práticas de ensino de Ciências Exatas mais usuais estruturam-se na forma de apresentação dos conteúdos, seguida de exemplos e resoluções de exercícios similares àqueles apresentados pelo professor. Há alguns anos, a produção acadêmica no campo da Educação aponta a necessidade de ruptura com essas práticas, exigindo formas alternativas de ensino, pois trabalhos de pesquisa indicam as dificuldades que os alunos apresentam em resolver problemas. O objetivo deste artigo é propor uma metodologia que enfoque como Prática Pedagógica não somente a resolução de problemas, para aprendizagem de Física, mas também produzir material didático de baixo custo para ensino de Física relacionando coisas do Cotidiano.

PALAVRAS-CHAVE

experimentos de baixo custo, criatividade, comunidade

1. Introdução

Hoje ouve-se falar muito a respeito da utilização de experimentos simples em sala de aula, com matérias de fácil acesso e baixo custo, para poder esclarecer muitas perguntas que os alunos trazem para a sala de aula. Outra função que esse tipo de experimento proporciona, é que o professor ao construí-los, pode levar tais experimentos para dentro da sala de aula, tornando as observações parte de uma problematização a serem discutidas sobre o tema em

AUTORES

1 Docente da AEMS – Faculdade Integradas de Três Lagoas – MS. Mestre em Física pela UEL/Londrina.

2 Docente da AEMS – Faculdade Integradas de Três Lagoas – MS. Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP.

desenvolvimento. Outra função bastante interessante dos experimentos desse tipo é que o professor, ao conseguir construí-los facilmente, pode levá-los em suas aulas, tomando-os como ponto de partida de problematizações e discussões para o tema que estiver desenvolvendo. A observação atenta das respostas dos alunos sobre o que está acontecendo durante os experimentos permite que o docente obtenha uma forma eficiente para esclarecer e identificar idéias alternativas que os alunos têm sobre o assunto. Com essas informações em mãos, o professor elaborará formas de abordagens mais pertinentes ao conteúdo discutido

Nossa proposta é muito simples, é fazer com que o docente encoraje seus alunos a buscarem respostas que surgem comumente em sala de aula ao se tratar sobre movimento circular. Existe uma gama muito grande fontes onde o professor pode encontrar diversos experimentos simples e com materiais de baixo custo, um exemplo é livro do professor Valadares [1].

Em geral no primeiro ano do ensino médio, quando o assunto é movimento circular, um exemplo muito comum dado por professores é o movimento de translação dos planetas em volta do Sol, onde se trata de uma aproximação, pois a órbita é elíptica. Ou então o exemplo de uma pessoa em repouso na superfície da Terra também esta realizando um movimento circular, devido agora ao movimento de rotação do planeta. Ao falar do assunto, muitas vezes surge a pergunta dos alunos: “Qual é a velocidade de rotação da Terra?” Essa pergunta oportuniza a discussão de muitos conceitos e/ou noções de física, por exemplo, a diferença entre velocidade escalar e angular, a dependência radial, ou seja, qual delas depende da posição onde o observador está na superfície da Terra, e qual delas independe.

Após as considerações sobre o tema, o docente pode sugerir aos alunos, ou junto eles, realizar o experimento aqui proposto, que pretende tirar esta dúvida. Iremos calcular a velocidade angular de rotação da Terra com objetos simples e de muito fácil acesso.

2. Matérias e Procedimento Experimental

Os materiais são realmente fáceis de conseguir. Relaciono, em seguida, aquilo que é necessário. Também sugiro alternativas para alguns materiais: papel branco, lápis, cronômetro, fita adesiva ou apoio de papel, régua ou trena, barbante e objeto furado. Como objeto furado, utilizei o furo sobre o tampo de

uma mesa de PVC para colocar guarda-sol.

Para o entendimento do procedimento experimental, é necessário levar em consideração os efeitos de movimento relativo entre a Terra e o Sol. Sendo assim, falar que o Sol está girando em torno da Terra com velocidade angular ω é equivalente a pensar na Terra girando com velocidade ω no sentido contrário, enquanto não translada ao redor do Sol. Então, o que faremos na experiência é, na verdade, calcular a “velocidade angular de translação do Sol em torno da Terra”, ω , novamente salientando que essa velocidade é “fictícia”, ou seja, o Sol não está transladando em torno da Terra; essa será apenas a técnica que utilizaremos.

Vale lembrar que o fato de se considerar a Terra sem translação em torno do Sol é uma aproximação, e só é válida porque o tempo de duração da experiência é muito curto quando comparado ao período de translação da Terra.

O que faremos é usar a aproximação de triângulos como se fosse uma câmara escura de orifício, já bem conhecida por professores do ensino médio, para calcular a distância percorrida pelo Sol ao longo de sua “órbita” ao redor da Terra. Em posse dessa distância e do tempo que levou para percorrê-la, é possível calcular sua velocidade escalar. Sabendo a velocidade escalar, divide-se pelo raio da trajetória (distância Terra-Sol) e, finalmente, obtém-se o valor da velocidade angular que estamos procurando ($v = \omega \cdot R$). O esquema está representado na Fig. 1.

Mas você deve estar se perguntando: “pelo que propomos com a idéia da velocidade relativa, quem está se movendo é

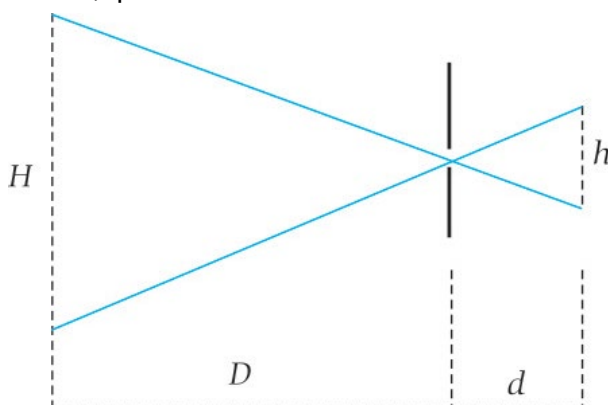


Figura 1 – Aproximação de triângulos. De acordo com este modelo, o Sol se move uma distância H no céu, e seu círculo de luz se move uma distância h no anteparo. A distância entre o orifício e o Sol é D , e entre o orifício e o anteparo é d .

o Sol em torno da Terra, e ainda em órbita circular. Então a distância H não deveria ser um arco, ao invés de uma linha reta? Como podemos usar semelhança de triângulos? "Vamos mostrar que é possível fazer a aproximação de trajetória retilínea (mais na seção "Por que usar semelhança de triângulos?"). Visto isso, o procedimento que tomaremos é o seguinte:

- 1) Posicionar o objeto furado, no caso a mesa, de modo que se consiga que a luz do Sol atravessasse-o e chegue ao anteparo (Fig. 2);
- 2) O anteparo considerado foi uma folha de papel, fixada por pesos de papel, colocada sob a mesa, na região onde a luz a estava atingindo;
- 3) Com o lápis, desenhe sobre o papel a posição inicial da região iluminada marcando o ponto central de maior luminosidade;
- 4) Ao término do desenho dispare o cronômetro. A partir deste momento a experiência está em curso. Não balance a mesa nem mude o papel de lugar. Evite de qualquer modo alterar os materiais. No nosso caso, deixamos a experiência correr por 10 minutos, ou seja, 600 segundos (Fig. 3);
- 5) Decorrido esse tempo, imediatamente desenhe a nova posição da região



Figura 2 – Aparato experimental. Repare o feixe de luz sobre o papel e o furo na mesa.

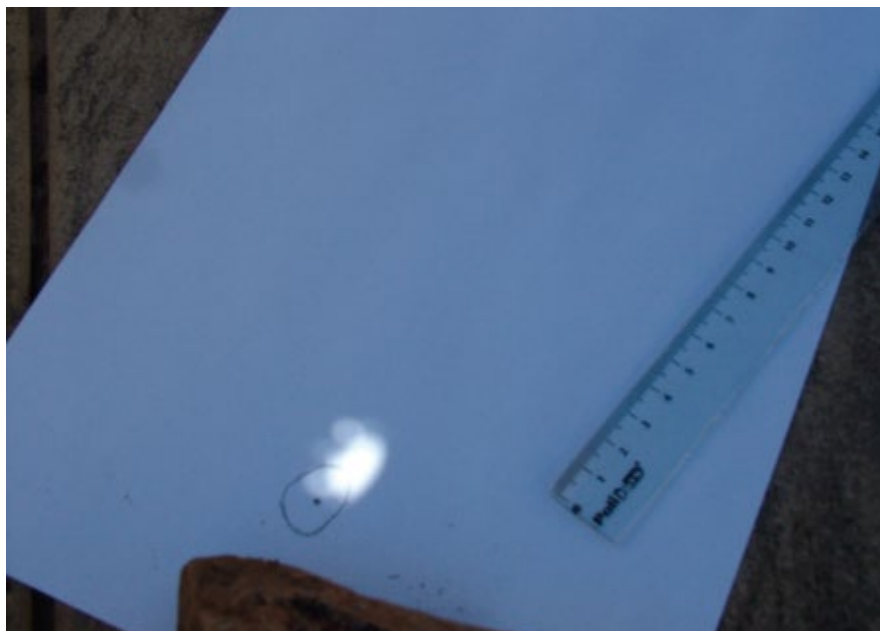


Figura 3 – Após alguns minutos de experiência, o feixe de luz já se deslocou visivelmente da posição inicial (marcada a lápis no papel).

Note que o valor de D foi considerado a distância Terra-Sol. Então agora aplicando a relação do triângulo

$$\frac{h}{d} = \frac{H}{D} \rightarrow \frac{0,0385}{0,8950} = \frac{H}{1,5 \times 10^{11}} \rightarrow$$

$$H = 6,452514 \times 10^9 \text{ m.}$$

Como H significa a distância percorrida pelo Sol em torno da Terra, a velocidade escalar de “translação” do Sol em sua “órbita” será o valor de H dividido pelo tempo da experiência.

$$v = \frac{H}{t} \rightarrow v = \frac{6,452514 \times 10^9}{600} \rightarrow$$

$$v = 1,075419 \times 10^7 \text{ m/s.}$$

Agora, finalmente, sabendo-se que a distância desse objeto até o centro de translação pode ser escrita como o valor da distância Terra-Sol (chamada aqui de D), temos como encontrar o valor da velocidade angular

$$v = \omega R \rightarrow \omega = \frac{v}{D} \rightarrow \omega = \frac{1,075419 \times 10^7}{1,5 \times 10^{11}}$$
$$\rightarrow \omega = 7,169460 \times 10^{-5} \text{ rad/s.}$$

Com isso, chegamos à suposta velocidade angular de translação do Sol em torno da Terra. Como explicado anteriormente, essa velocidade angular corresponde à velocidade angular de rotação da Terra, que era exatamente o que queríamos encontrar.

Note que, ao escrevermos o valor de D e do raio da suposta trajetória do Sol em torno da Terra, não consideramos o raio da Terra, e o motivo disso é que ele tem um valor desprezível quando considerada a distância Terra-Sol.

$$\left| \frac{R_T - D_{T-S}}{D_{T-S}} \right| = \left| \frac{6,4 \times 10^6 - 1,5 \times 10^{11}}{1,5 \times 10^{11}} \right| =$$
$$0,99995733.$$

Veja Quanto mais desprezível for o raio da Terra em relação à distância Terra-Sol, mais próximo de 1 deveria dar o resultado da razão anterior. E, realmente, chegamos muito próximo disso. Para os fins que queremos com este trabalho, é uma excelente aproximação. Vamos calcular agora o valor de referência para a velocidade angular de rotação da Terra (o período de rotação da Terra é 23 horas e 56 minutos, ou seja, 86160 segundos). O valor de pi é considerado 3,141593), então

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3,141593}{86160} =$$
$$7,292463 \times 10^{-5} \text{ rad/s.}$$

Por fim, podemos calcular o erro percentual do valor encontrado experimentalmente e o valor de referência calculado

$$E\% = \left| \frac{7,169460 \times 10^{-5} - 7,292463 \times 10^{-5}}{7,292463 \times 10^{-5}} \right|$$

$$\times 100 = 1,686714\%.$$

Frente à realidade de um pequeno erro experimental para a velocidade angular da Terra, bem como todas as aproximações e considerações que fizemos ao longo do processo, chegar a um erro percentual como este é realmente impressionante. Outra coisa que costuma deixar os alunos chocados é a velocidade escalar de, por exemplo, uma pessoa na superfície da Terra sobre o equador. Podemos usar para fazer esse cálculo o valor da velocidade angular encontrada experimentalmente (o raio da Terra considerado 6400 km)

$$v = \omega R \rightarrow$$

$$v = (7,169460 \times 10^{-5}) \times (6,4 \times 10^6) \rightarrow$$

$$v = 458,84544 \text{ m/s} \cong 1650 \text{ km/h.}$$

E agora, certamente a pergunta será: “professor, como então a pessoa não sente essa velocidade toda?”, mas isso já seria assunto de outro artigo. Pode-se discutir questões de inércia e também o fato de que a camada atmosférica também rotaciona com a Terra, fazendo com que a pessoa não sinta nenhum forte vento contrário por estar-se movendo com uma velocidade de 1650 km/h.

2.1. Por que usar semelhança de triângulos?

A possibilidade de utilização da semelhança de triângulos se resume no fato de podermos considerar a distância H como sendo uma linha reta, e não um arco de circunferência, como seria mais adequado. Para mostrar que podemos fazer isso, vamos calcular qual seria o valor do suposto arco e comparar com o valor de H que encontramos anteriormente. Das relações da circunferência,

temos

$$S = r.\alpha,$$

onde S é o arco, r é o raio do movimento circular e α é o ângulo aberto pelo móvel em movimento. Sabendo o valor da velocidade angular teórica e o tempo do movimento, podemos encontrar o valor de α .

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \rightarrow \alpha = \omega t \rightarrow S = r\omega t.$$

O valor de r é a distância Terra-Sol (novamente o argumento de que o raio da Terra é desprezível), a velocidade angular teórica foi calculada anteriormente e o tempo de experiência é 600 segundos. Então, ficamos com um arco S de

$$S = (1,5 \times 10^{11}) \times (7,292463 \times 10^{-5}) \times 600 \rightarrow$$

$$S = 6,563217 \times 10^9 \text{ m.}$$

O valor que encontramos para H na aproximação com linha reta foi de $6,452514 \times 10^9$ m, mostrando novamente que, para os fins deste trabalho, a aproximação é válida.

3. Considerações Finais

Durante todo o caminho das considerações e dos cálculos apresentados neste artigo, fizemos uma série de aproximações, que estão devidamente explicadas quando aparecem. Este é um ponto muito interessante para discutir-se em sala de aula, ou seja, quais as aproximações que precisamos fazer? E, principalmente, o porquê de podermos fazê-las. Sem dúvida, este trabalho e estas discussões podem ser realmente uma ótima oportunidade para que o aluno esclareça os conceitos de velocidade escalar, velocidade angular, período de movimento, movimento circular, etc. E mais uma vez se afirma que se utilizando de experimentos e procedimentos simples, com materiais de baixo custo e fácil acesso se consegue resultados realmente impressionantes. Afinal, sem maiores

cuidados com algarismos significativos, com o modelo utilizado de semelhança de triângulos, e com todas as aproximações que fizemos, chegamos a um erro percentual em relação ao valor teórico de menos de 2%. Isso é fascinante! E pode ser um ótimo meio de fazer os alunos se interessarem mais pela física e pelas ciências experimentais. Sucesso e bom trabalho!

4. Referências

[1] Eduardo de Campos Valadares, Física Mais que Divertida (Editora UFMG, Belo Horizonte, 2002).