

UM PÊNULO SIMPLES BARATO

Antônio Augusto S. Brito

Depto. de Física - Centro de Ciências e Tecnologia - UFPb

MATERIAL: Chumbadas de pesca (oval) de 50, 100, 150, 200, 250g (Cr\$. 25.00).

Linhas de pesca (nº 51, 2, 3) (preço aproximado de Cr\$. 15.00).

1 fita métrica (Cr\$. 10.00).

1 transferidor.

INTRODUÇÃO

Frequentemente o professor de física, na Universidade ou no 2º grau, se encontra na condição de dar aulas de Laboratório, sem poder contar com o mínimo de material. Nestas condições a utilização de materiais existentes no mercado, mesmo que seja utilizado para outros fins, pode ser de grande utilidade na montagem de experimentos tendo em vista o baixo preço e fácil aquisição do mesmo, que pode ser conseguido através dos próprios alunos.

O ensino de ciências no nosso país, seja nas escolas secundárias, seja nas Universidades, é em grande parte desvinculado das condições regionais específicas. Este fato se deve em parte ao apelo de muitos professores a livros textos produzidos nas regiões mais desenvolvidas, que são muitas vezes inspirados em similares importados. Neste sentido, cremos que se deva estimular a confecção de textos por professores das mais diversas regiões.

A ênfase em alguns tipos de problemas geralmente leva ao aluno uma imagem da física como sendo um conjunto de fórmulas para resolver problemas fictícios, mais próximo da matemática que de uma ciência experimental. Neste sentido é necessário motivar os alunos para analisar os diversos fenômenos físicos que estão presentes na sua vida diária, enfatizando a física como ciência experimental. Por isso cremos que muito mais interessante que uma série de problemas do tipo "Um corpo caindo do oitavo andar num tempo $t = ?$ ", que se reduzem numa interminável substituição de fórmulas e manipulação algébrica, que se parta para a experiência, solicitando aos alunos medir

a aceleração da gravidade local.

Através de um material muito simples, pode-se medir com precisão razoável a aceleração da gravidade local, bem como introduzir o método científico a partir de situações experimentais, como veremos.

MÉTODO

Os pesos de chumbo de pesca já são perfurados ao meio, o que torna-os fácil de serem amarrados por uma linha de pesca. Uma vez atado o pêso de chumbo, a extremidade livre da linha com cerca de 2m pode ser amarrada com um laço em um prego fixo na parede ou numa tã bua, com altura acima de 2m, constituindo-se num bom pêndulo simples. Estas operações são simples e podem ser feitas pelos alunos, sem restrição quanto ao diâmetro da linha de pesca (identificado pelo número no carretel e os pesos utilizados).

É bom que os alunos já tenham experiências prévias de medição de espaço com fita métrica e de tempo com relógio de pulso que marque segundos, caso contrário pode-se solicitá-los a fazer algumas medidas das dimensões de uma mesa por exemplo ou do tempo gasto para um aluno dar uma volta no pátio correndo, etc..

Com um pêndulo em funcionamento pode-se pedir aos alunos que relacionem as variáveis envolvidas no fenômeno. Tais como: o tempo de ida e volta, ou seja o período, o comprimento do fio, a massa das chumbadas (tendo-se uma balança por perto, podem ser aferidas), o ângulo entre o fio e a vertical, o diâmetro do prego de sustentação, a hora do dia, como está a lua, a temperatura da sala, a existência de montanhas, etc.. Com o universo das grandezas definido, pede-se que definam quais delas são relevantes para o período. Não é necesário que o professor imponha suas preferências. Se um determinado grupo de alunos (é aconselhável no máximo 3 por experimento) considerar que o comprimento do pêndulo é uma variável irrelevante, sugira-lhes que meçam o período para dois comprimentos bem diferentes, de 2m e 0,5m por exemplo.

Qual a melhor maneira de medir o período? Coloque este problema aos alunos numa situação onde o comprimento do pêndulo é menor que 20cm. Discuta os erros cometidos ao se medir visualmente períodos da ordem de 1s, e o fato de que o período varia muito pouco em 10 oscilações.

Uma das soluções é medir o tempo de 10 oscilações, 3 vezes. As 3 medidas não devem discordar muito entre si, e a média deve ser utilizada. O tempo médio de 10 oscilações dividido por 10 dá ao

período de uma oscilação com boa precisão, mesmo se utilizando de um simples relógio de pulso. Pode ser que um aluno vá anotando os dados conforme exemplo da Tabela I, outro contando o número de vezes em que o pêndulo vai e volta, e outro cronometrando, sugere-se que a cada medição revezem suas funções.

Determinado o conjunto de observações (ou variáveis) relevantes, resta saber de quais delas depende o período. Para fixarmos idéias vamos nos deter nas variáveis principais: comprimento do fio; massa do chumbo; diâmetro do fio e o ângulo (θ) entre a vertical e o deslocamento inicial do fio. Para conhecer quais variáveis que influenciam o fenômeno, deve se fixar 3 quaisquer variáveis a outra, apesar do período só depender do comprimento do fio geralmente os alunos acreditam que a massa da chumbada influencia o período. Às vezes é conveniente solicitar de antemão que o ângulo θ seja inferior a 20° o que pode ser descoberto pelos próprios alunos, pois se abaixo de 15° o período não depende do ângulo inicial, para grandes valores de θ isto já não é verdade, basta ver o caso limite $\theta = 180^\circ$, quando o peso torna-se um objeto de queda livre simplesmente.

Em uma folha separada os alunos podem guardar os dados conforme Tabela I.

TABELA I

L(m)	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)	T(s)	t(s)=T/10	
1,80	27	27	26	26,6	2,7	m = — ?
1,75	26	27	26	26,3	2,6	d = — ?
1,70	26	26	25	25,6	2,6	D = — ?

m: massa da
chumbada

d: diâmetro
do fio

D: diâmetro
do prego

Quando se usar como observável a variável comprimento é aconselhável que se realize no mínimo a medição para 10 comprimentos di

ferentes (de 10cm em 10cm por exemplo).

Caso exista tempo suficiente pode-se pedir que cada grupo varie as grandezas que fixou anteriormente. Caso isto não seja possível deve-se comparar o resultado com outros grupos que fizeram a experiência com massas diferentes, ângulos θ diferentes e fios diferentes, onde deve ficar claro para o aluno que este procedimento é equivalente a variar a massa, o ângulo e o diâmetro do fio por exemplo.

DISCUSSÃO

Deve ficar claro para o aluno que o período de um pêndulo, que a princípio poderia depender de muitas observáveis, só depende do comprimento. Essa dependência não é qualquer, mas a razão T^2/L é aproximadamente constante, ou seja $T^2 = KL$.

Apesar de que a experiência pode ser desenvolvida para estudantes de qualquer nível a discussão dos resultados e a teoria envolvida depende do conhecimento prévio do aluno. De qualquer modo a confecção de um gráfico linear com $y = T^2$, $x = L$, $y = mx$, é de grande interesse para alunos do 2º grau.

A aceleração da gravidade pode ser obtida através do coeficiente angular m , de forma:

$$g = \frac{4\pi^2}{m} \quad (1)$$

A fórmula (1) é a fórmula do pêndulo simples.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{com} \quad m = \frac{(2\pi)^2}{g} \quad (2)$$

Uma dedução matemática rigorosa da fórmula (2) não é de todo simples. Em analogia com o movimento harmônico simples pode-se seguir o desenvolvimento em Física Vol. 1 - Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo - pg. (146), para alunos universitários a dedução proposta por Física-11-1, Halliday - Resnick - seção 15-5, ou outros livros que abordam este assunto.

Apesar da simplicidade de construção, pode-se discutir muitos outros conceitos fundamentais, tais como:

- Equivalência entre massa inercial e gravitacional, na dedução da fórmula (2).
- O fato de que o pêndulo simples é um modelo de uma massa pontual,

pode-se levar em consideração a que o comprimento medido do pêndulo deve ser entre o ponto de fixação e o ponto médio da massa, ou seja o centro de gravidade. Aqui é uma boa oportunidade de se introduzir o conceito de centro de massa ou gravidade.

- c) Apesar do fato de que o período só depende do comprimento (equação 2) já ser do conhecimento de Galileu, o desenvolvimento do pêndulo simples, e a construção do primeiro relógio deve-se ao cientista amador holandês CHRISTIAN HUYGENS, por volta de 1657. Sua preocupação principal era construir um aparelho que solucionasse um problema fundamental na navegação marítima, que era a determinação da longitude em qualquer lugar no oceano. Pode-se discutir entre os alunos de como às vezes alguns desenvolvimentos técnicos e científicos partiram da necessidade humana de resolver problemas concretos.
- d) A construção de um pêndulo que bate segundos poderá ser uma ótima atividade para casa.
- e) A discussão do pêndulo composto, do pêndulo de Foucault é outro desenvolvimento possível.
- f) É de grande utilidade uma discussão sobre Algarismos Significativos e gráficos, através de uma análise de dados obtidos.