

Produzindo ondas transversais em cordas de nylon

Para montar o presente experimento, é necessário um alto-falante com boa suspensão (recomenda-se o de uma caixa de som de computador). Na base de seu cone, cola-se um lápis. Deve-se observar que é o alto-falante o responsável pela geração das ondas na corda.

Toma-se uma linha de nylon 0,50 mm fixa em um ponto, tendo na outra extremidade uma roldana presa em um suporte de madeira no qual está uma massa que mantém a linha de nylon tensionada. A montagem (Fig. 1) foi escolhida pela simplicidade e também pela facilidade em mudar o comprimento do fio. É importante conhecer a massa presa na linha e, se possível, ter outras massas diferentes para obter-se tensões diferenciadas na corda.

Para fazer o alto-falante vibrar é necessário um gerador de frequência para observar os padrões de vibração da linha. Fazendo uma pesquisa na internet, o professor pode encontrar alguns programas que fazem o papel do gerador de áudio, uma vez que a maioria das escolas possui um computador e o custo de um gerador não é baixo. Sugere-se o *David's Audio Sweep Generator* – v. 2.2; interessados poderão baixá-lo no endereço (www.fisica.net/giovane/download/gerador.zip). O programa permite manipular o nível do sinal

na saída (Output Level) e o tipo de varredura nos valores das frequências (Sweep Mode); nesse caso, sugere-se a utilização no modo Linear. Para controlar os valores de frequências no Sweep Speed, seleciona-se Manual; isso permitirá usar o controle Manual Frequency. Também é permitido escolher o intervalo de frequência para varrer todos os valores desejados.

Como exemplo, utilizou-se uma linha de nylon que, entre as duas extremidades, media 2,62 m e iniciou-se com uma massa de 100,5 g para tensioná-la. Então, usando o gerador de sinais, começou-se a aumentar a frequência gradativamente, a fim de observar o primeiro modo de vibração fundamental da corda (Fig. 2).

Na Tabela 1 mostra-se os valores de frequência e os comprimentos de onda determinados a partir do modo fundamental e seus respectivos harmônicos observados na linha.

Analisando esses dados, (Fig. 2, pontos pretos) pode-se observar exatamente que quanto maior as frequências de vibração da linha de nylon, menor os comprimentos das ondas.

Com esses valores, é possível determinar um valor médio bem razoável para a velocidade de propagação da onda para a massa m_1 , usando a relação desenvolvida em aula pelo professor ($v = \lambda \cdot f$).

.....
Giovane Irribarem de Mello

Laboratório Itinerante de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Colégio São João La Salle

E-mail: giovane@fisica.net
.....

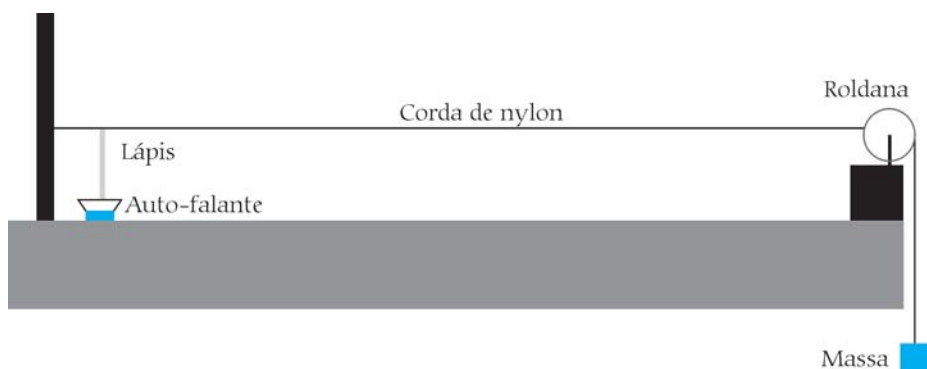


Figura 1. Aparato experimental.

O trabalho descrito neste artigo tem o objetivo de mostrar como é simples desenvolver uma atividade experimental envolvendo a propagação de ondas mecânicas transversais com materiais de baixo custo.

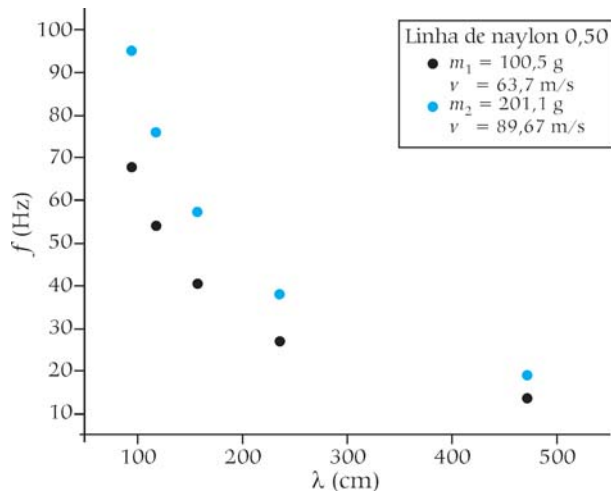


Figura 2. Os pontos pretos representam a primeira medida e os azuis a segunda, com uma massa maior.

Pode-se ainda, com esta montagem, explorar o fenômeno um pouco mais, aumentando-se a massa $m_1 = 100,5$ g, para uma nova massa $m_2 = 201,1$ g, que é praticamente o dobro da anterior. Esta alteração muda as frequências de resposta da corda, ou seja, a linha de nylon vai vibrar com valores de frequências diferentes da anterior.

Usando o mesmo processo para obter os novos padrões de vibração na linha, consegue-se os valores da Tabela 2.

Note-se pelo gráfico da Fig. 2 que pode-se observar um deslocamento da nova curva (azul) em relação à anterior (preta).

Os alunos perceberão que as frequências não serão as mesmas (pontos azuis) e que, quando aumentamos a tensão na linha, as frequências de vibração desta se alteram. Usando o mesmo processo, pode-se obter uma nova velocidade de propagação para a onda na linha. Este valor é interessante, pois com a massa m_1 tem-se

uma velocidade de $63,7$ m/s e quando praticamente dobra-se a massa, obtém-se um valor médio de $89,67$ m/s, valor que não é o dobro do anterior.

Nesta situação o professor pode lançar os conceitos de densidade linear e conferir os resultados através da relação de Taylor, a fim de verificar a velocidade de propagação da onda na corda nas situações demonstradas e verificar que, pela relação de Taylor, $v \propto \sqrt{F}$, onde F é a tensão na corda. A velocidade de propagação na corda aumenta com a raiz quadrada da tensão na corda e, portanto, ao dobrar-se a massa suspensa na corda, o aumento sofrido na velocidade é de um fator de aproximadamente $\sqrt{2}$.

Pela relação de Taylor, temos

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

onde v é a velocidade em m/s, F é a tensão

Tabela 1.

f (Hz)	λ (cm)
13,5	472
27	236
40,5	157,3
54	118
67,6	94,4

Tabela 3.

	Nylon 0.50	Nylon 0.40	Nylon 0.30
Velocidade [m_1] (m/s)	63,7	80,2	102,1
Densidade linear calculada (mg/m)	242,7	153,1	94,5
Densidade linear tabelada (mg/m)	235,2	153	85,3
Erro percentual entre as medidas	3%	2%	10%

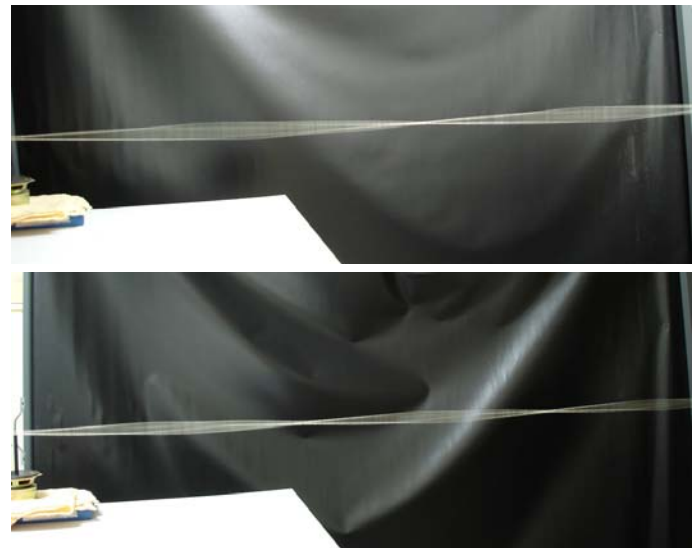


Figura 3. Os dois modos após o harmônico fundamental.

na corda em Newtons e μ é a densidade linear em kg/m

Usando uma câmera digital, registrou-se alguns modos de vibração da corda, pois as câmeras fotográficas comuns, em geral, não possuem controle do tempo de abertura do obturador.

Nas figuras a seguir, tem-se duas fotos tiradas dos modos de vibração da linha de nylon (os dois modos após o harmônico fundamental). Pode-se usar ainda outros dois tipos de espessuras de cordas de nylon, de $0,40$ mm e de $0,30$ mm, repetindo todo o processo e determinando-se pela relação de Taylor as densidades lineares de cada uma das linhas de nylon. Na Tabela 3 pode-se observar os valores encontrados pela experiência e os valores tabelados.

Verifica-se então que esse experimento de fácil montagem e baixo custo, permitindo trabalhar com a densidade linear e a equação da onda mecânica; mostra-se, ainda, que tal montagem permite mudar o comprimento da linha de nylon e refazer a atividade, verificando novamente as frequências de vibração da corda.

Bibliografia

- N.V. Bôas, R.H. Doca e G.J. Biscuola, *Tópicos de Física 2: Terminologia, Ondulatória e Óptica*, (Saraiva, São Paulo, 2001) 16ª ed. reform. e ampl.
- P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Brookman, Porto Alegre, 2002), 9ª ed.
- A.M.R. da Luz e B.A. Álvares, *Curso de Física v. 2* (Scipione, São Paulo, 2005).
- D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentals of Physics Extended*, 5. ed., New York, Copyright, 1997.
- Tabela de densidade linear acessado 9/3/2007 - <http://labdid.if.usp.br/~fg e 2 1 3 / tabelas / doc / DENSID~4.DOC>.