Experimento B1: Ondas estacionárias em uma corda

Objetivos

- Produzir ondas estacionárias em uma corda;
- Obter a velocidade de propagação da onda e a densidade linear do fio.

Introdução

A ondas são fenômenos interessantes e muito familiares. Se você examinar cuidadosamente o movimento de um pequeno corpo flutuando na água perturbada, por exemplo, verá que ele se move vertical e horizontalmente em relação à sua posição inicial. Os principais tipos de ondas são as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas. No primeiro caso, algum meio físico é perturbado como é o exemplo de uma onda se propagando nas águas de um lago quando atiramos uma pedra nele. Já as ondas eletromagnéticas não precisam de nenhum meio para se propagarem, como são os exemplos da luz visível, ondas de rádio, raios x etc.

Podemos estudar o movimento ondulatório observando as ondas produzidas por vibrações em uma corda de densidade linear de massa μ.

As ondas produzidas em uma corda são rapidamente amortecidas por isso, uma certa quantidade de energia precisa fornecida para que a amplitude seja mantida constante. Se a corda for submetida a uma força externa, periódica, cm frequência igual à frequência de um de seus modos normais, essa força poderá produzir ondas de grandes amplitudes. Esse efeito é chamado de ressonância.

A velocidade de propagação da onda em uma corda pode ser determinada pela equação:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \tag{1}$$

em que T é a tensão a que a corda está submetida e μ é a densidade linear de massa da corda.

Se duas ondas senoidais de mesmo comprimento de onda e mesma amplitude estão se propagando em sentidos opostos é formada uma onda estacionária. Isso ocorre, por exemplo, quando vibrações são produzidas em uma corda esticada com as extremidades fixas. As ondas produzidas se propagam em uma certa direção e, ao atingirem a extremidade oposta, são refletidas e se superpõem àquelas que são continuamente produzidas pelo pulso. A superposição destas ondas produz as ondas estacionárias que são os chamados modos normais de vibração da corda.

Para valores específicos da frequência de oscilação, podemos visualizar a presença de nós, ou seja, pontos que ficam imóveis na corda. Esta frequência característica é a chamada frequência de ressonância. Para que a ressonância ocorra é preciso que o comprimento l da corda satisfaça a seguinte relação:

$$l = \frac{n\lambda}{2} \tag{2}$$

em que n = 1, 2, 3, ... se refere ao n-ésimo modo normal de oscilação. Assim, a frequência de oscilação pode ser escrita como:

$$f_n = n\frac{v}{2l}, \tag{2}$$

que, usando a equação (1), pode ser reescrita como:

$$f_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}}. \tag{2}$$

A frequência mais baixa f_1 é também chamada de frequência fundamental. As frequências dos modos normais remanescentes são múltiplos inteiros da frequência fundamental e formam a série harmônica. Os modos normais são chamados de harmônicos. Assim, a frequência fundamental f1 é a frequência do primeiro harmônico, a frequência $f_2 = 2f_1$ é a do segundo harmônico e a frequência $f_n = nf_1$ é a do n-ésimo harmônico.

Neste experimento vamos estudar as ondas produzidas em uma corda e obter a sua velocidade de propagação, bem como a densidade do fio usado.

Material Utilizado

- Plataforma vibracional;
- Estroboscópio/gerador de áudio;
- Fio;
- Dinamômetro;
- Haste com roldana;
- Suporte fixo;
- Trena;
- Balança.

Advertências

- A realização desse experimento não é recomendada a pessoas com labirintite e/ou epilepsia;
- O estroboscópio/ gerador de áudio é sensível, por isso sua regulagem deve ser feita lentamente;

Procedimento

1. Monte o experimento segundo a Figura 1.

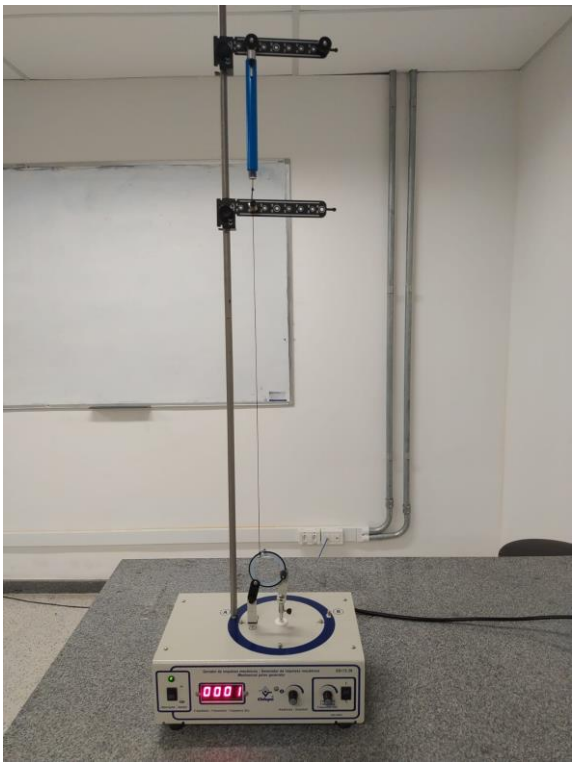

Figura 1: Montagem do experimento.

2. Fixe uma das extremidades do fio na haste presa no gerador de áudio, e a outra extremidade prenda à haste do dinamômetro. Ajuste a altura do dinamômetro até que ele marque a tensão de 1N. Anote o valor da tensão;
3. Ligue a mesa vibracional por meio do interruptor vermelho fixado na madeira e ligue o estroboscópio;
4. Partindo do zero, vá aumentando a frequência lentamente pelo estroboscópio até que seja possível visualizar meio comprimento de onda, ou seja, até chegar ao seu primeiro modo normal de vibração. Anote o valor da frequência marcada;
5. Vá aumentando a frequência para achar os dez primeiros valores de ressonância, anote na Tabela 01;
6. Altere a tensão no fio aumentando a altura do dinamômetro até que o dinamômetro marque 2N. Anote o valor de T_2.
7. Realize os mesmos procedimentos para o sistema com a nova tensão e complete a Tabela 02;
8. Anote o valor da massa m do fio utilizado e o seu comprimento total L, assim como o comprimento do fio l preso pelas extremidades fixas;
9. Ao finalizar a coleta de dados, apague a luz do laboratório e mire a lâmpada do estroboscópio para o fio elástico. Mude a frequência para um de seus modos normais.

Análise dos dados e discussão

1. Construa um gráfico de f_n em função de n para cada uma das situações anteriores, use o mesmo gráfico para construir as duas curvas. Comente sobre a diferença dos dados obtidos devido ă diferença de massa.
2. Obtenha as velocidades de propagação da onda;
3. Obtenha a densidade linear pela equação (1) e usando a definição medindo diretamente a massa da corda em uma balança.
4. Faça uma comparação desses valores, corresponde ao esperado? Discuta.
5. Explique o que foi observado ao apagar a luz e regular o estroboscópio em uma frequência de ressonância encontrada.

Questões

1. Muitos atribuem a queda da ponte Tacoma Narrows no estado americano de Washington, em 1940, ao fenômeno da ressonância. Explique o que é ressonância e como isso poderia explicar a queda da ponte.
2. Explique uma onda transversal e uma onda longitudinal. De exemplos.
3. O que é interferência de duas ondas? Qual é a diferença entre interferência construtiva e destrutiva?
4. Defina uma onda estacionária.
5. O que é um nó? E um antinó?
6. Obtenha a expressão (4).

Referências Bibliográficas

- CHAVES, A. e SAMPAIO, J. F.; Física Básica: Mecânica; Rio de Janeiro; LTC; 2007.
- YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A.; Sears e Zemansky Física I: Mecânica, 12.Ed., São Paulo: Addison Wesley, 2008.
- TREFIL, J. e HAZEN, R. M.; Física Viva; Volume 2; Rio de Janeiro; LTC; 2004.
- Livro de Atividades Experimentais, CIDEPE

Experimento *B1:* Ondas estacionárias em uma corda

Folha de dados

Professor:_____Data:____/___/____

Alunos:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Comprimento total do fio: L = (_____ ± _____) m

Comprimento do fio: l = (_____ ± _____) m

Massa do fio: M = (_____ ± _____) kg

Tensão 1: T_1 = (_____ ± _____) N

Tensão 2: T_2 = (_____ ± _____) N

- Para T1:

Tabela 1: Frequência dos modos normais de vibração para T_1

n	f_n (Hz) (Δf_n = 1 Hz)

- Para T2:

Tabela 2: Frequência dos modos normais de vibração para T_2

n	f_n (Hz) (Δf_n = 1 Hz)