	Departamento de Física - ICE/UFJF **Laboratório de Física II**	

<u>Cordas Vibrantes</u>

1 - <u>Objetivo Geral</u> :

- Determinar a frequência de um diapasão.

Anote a incerteza dos instrumentos de medida utilizados: σ_{ap}

2 – <u>Experimentos</u>:

2.1 – <u>Determinação da frequência do diapasão variando a massa</u>:

1. Meça a massa da corda;
2. Calcule a densidade linear da corda: μ ;
3. Fixe um dos extremos da corda no diapasão e passe a outra extremidade pela roldana fixa na extremidade da mesa, conforme mostrado na figura 1;
4. Meça o comprimento efetivo de vibração da corda, L. (Distância entre a extremidade fixada no diapasão e a roldana);
5. Coloque uma massa na extremidade livre da corda e ligue o diapasão vibrador;
6. Ajuste a massa correta para obter um padrão de um único ventre, semelhante àquele mostrado no topo da figura 2 *(n=1);*
7. Determine o valor dessa massa;
8. Agora diminua essa massa até obter o caso *n=2.* Determine o valor da massa encontrada;
9. Repita o procedimento para os harmônicos superiores (*n=3 e 4*);

10. Determine a frequência do diapasão para cada massa e obtenha o valor médio da frequência;

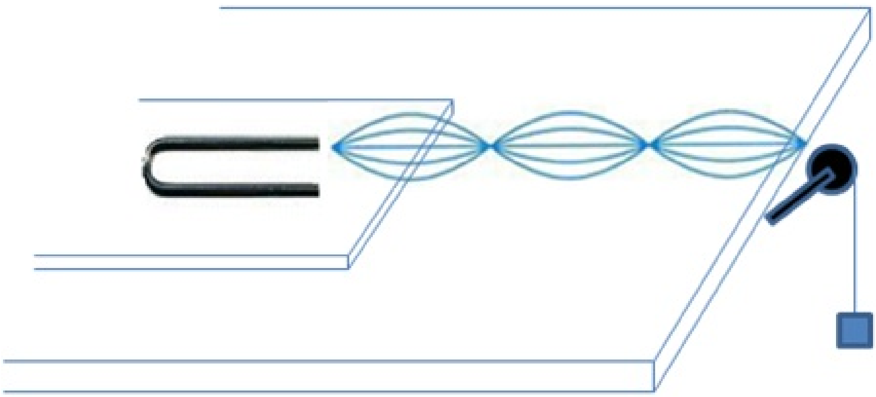

Figura 1

2.2 – <u>Determinação da frequência do diapasão variando o comprimento do fio e a massa</u>:

11. Coloque uma certa massa na extremidade livre da corda e ligue o vibrador;
12. Varie a posição do vibrador para obter um só ventre na corda;
13. Meça o comprimento efetivo da corda;
14. Para o valor fixo de n encontrado, repita o procedimento para diferentes massas;
15. Construa o gráfico de $L^2 \times T$;
16. Calcule a frequência f a partir do gráfico;
17. Compare este valor com o obtido na 1ª parte.

3 – <u>Introdução Teórica:</u>

Consideremos uma corda fixa nas suas extremidades e sujeita a uma certa tensão. Se excitarmos um ponto desta corda por meio de um vibrador de frequência qualquer, toda extensão da corda entra vibração. Existem certas frequências de excitação para as quais a amplitude de vibração é máxima, estas frequências próprias da corda são chamadas modos normais de vibração. Além disto, formam-se ondas estacionárias exibindo um padrão semelhante àquele mostrado na figura 2

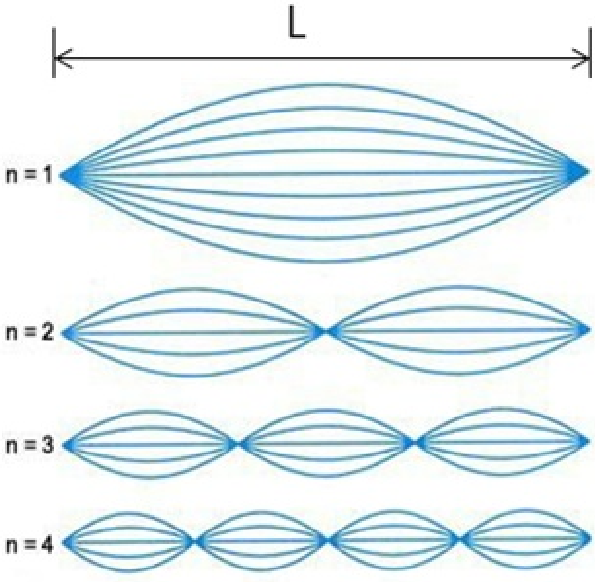

Figura 2

Esse padrão é produzido pela superposição de duas ondas idênticas propagando em direções opostas. Da figura 1 está claro que isso só é possível quando o comprimento L for igual a um numero inteiro de meio comprimentos de onda, ou seja,

$$L = n\frac{\lambda}{2} \qquad \text{(onde n = 1,2,3,....)} \qquad (1)$$

Usando o fato que o comprimento de onda e a frequência *f* da onda estão relacionados pela expressão

$$v=\lambda f \qquad (2)$$

onde v é a velocidade de propagação da onda, concluímos que as frequências próprias devem ser

$$f_n=\frac{n}{2L}v \qquad (3)$$

A figura 2 mostra os casos *n=1, n=2, n=3* e *n= 4*. No apêndice mostramos que a velocidade de propagação da onda é dado pela expressão

$$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (4)$$

Onde *T* é tensão a qual a corda está submetida e μ é a densidade linear de massa da corda. Assim,juntando as equações (3) e (4) obtemos

$$f_n=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad \mathbf{(5)}$$

Apêndice: Demonstração da equação $v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Consideremos um pulso simétrico como mostrado na figura 3, movendo-se da esquerda para direita ao longo de uma corda com velocidade v. Escolhemos um sistema de referencia no qual o pulso se mantêm estacionário; neste referencial a corda se move da direita para esquerda. Considere um pequeno elemento de corda dentro do pulso, de comprimento ΔL, formando um arco de raio R e correspondendo a um ângulo 2θ no centro do circulo. A força de tensão T na corda puxa tangencialmente este elemento em cada extremidade do elemento. As componentes horizontais destas forças se cancelam e as componentes verticais se somam para formar uma força restauradora radial. De acordo com a segunda lei de Newton essa força é dada por

$$F_y = \Delta m\, a_y \qquad \text{(A1)}$$

onde Δm é a massa do elemento de corda e a_y é a componente vertical de sua aceleração.

Da geometria do problema (visto na figura abaixo) também podemos afirmar que

$$F_y = 2\text{Tsen}(\theta) \approx T(2\theta) = T\frac{\Delta L}{R} \qquad \text{(A2)}$$

onde estamos usando a suposição de pequenos ângulos. Da definição de densidade linear de massa μ podemos escrever

$$\Delta m = \mu\, \Delta L \qquad \text{(A3)}$$

A aceleração a_y é a aceleração centrípeta do elemento, ou seja

$$a_y = \frac{v^2}{R} \qquad \text{(A4)}$$

Inserindo as equações (A2), (A3) e (A4) na equação (A1) obtemos

$$\frac{F\Delta}{R} = (\mu \Delta)\frac{v^2}{R} \qquad \text{(A5)}$$

e isolando a velocidade obtermos finalmente

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad \text{(A6)}$$

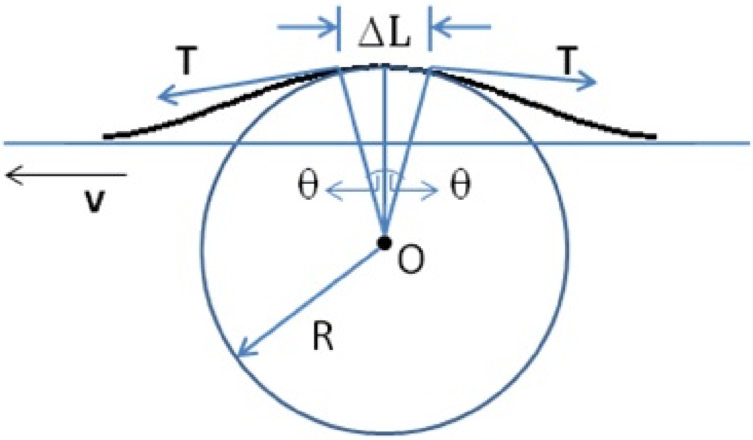

Figura 3

Bibliografia:

Curso de Física Básica - vol 2, H. Moysés Nussenzveig ;

Fundamentos de Física - vol. 2, Halliday-Resnick;

***Física Experimental - Manual de Laboratório para Mecânica e Calor*, R. Axt, V. H. Guimaraes.**