EXPERIMENTO – CORDA VIBRANTE

I – INTRODUÇÃO

Uma onda pode ser entendida como uma perturbação que se propaga em um meio. Existe uma grande variedade de ondas na natureza, e o estudo de suas propriedades e seu comportamento constitui um importante campo da física. Dentre as mais fundamentais propriedades associadas a uma onda está o transporte de energia sem envolver o arrasto do meio material onde ela se propaga.

Neste experimento, estudaremos as características de ondas transversais que se propagam numa corda vibrante, particularmente daquelas que chamamos de ondas harmônicas estacionárias. Este tipo de onda é caracterizado por uma grande amplitude de vibração, e é uma manifestação de ressonância da corda com relação à excitação por uma força externa. Vamos notar que este sistema possui inúmeras frequências de ressonância, ao passo que o oscilador forçado só possui uma.

O objetivo do experimento é a obtenção experimental da relação entre a frequência de vibração das ondas estacionárias (f), o número de ventres (n) (correspondendo a n-1 nós), e os parâmetros que caracterizam a corda: o seu comprimento (L), a tensão a que está submetida (τ), a sua densidade linear (μ). Para tanto faremos quatro séries de medidas, analisando a dependência entre a frequência e cada um dos parâmetros acima citados.

II – MATERIAL NECESSÁRIO

Para realizar o experimento, são necessários os materiais a seguir:

1. Gerador de audiofrequência;
2. Alto falante usado como vibrador;
3. Porta-pesos;
4. Objetos de deferentes massas;
5. 05 fios de nylon com diâmetros diferentes.

III – PROCEDIMENTO

Antes dos estudantes começarem o procedimento experimental, o professor poderá realizar uma breve discussão sobre os principais fenômenos relacionados com a propagação de onda: transmissão de pulsos isolados, superposição, reflexão, refração, ondas harmônicas e ondas estacionárias, dependência entre a velocidade de propagação e a tensão. Esta discussão pode ser ilustrada com o auxílio de molas tipo slinky e PSSC.

O dispositivo experimental com o qual realizaremos nossas observações e medidas tem montagem semelhante ao da figura 1. O gerador de audiofrequência produz uma corrente elétrica alternada (senoidal) de frequência variável, f. A corrente passa pela bobina do eletroímã de um alto falante que provoca atrações e repulsões no diafragma do mesmo, com a mesma

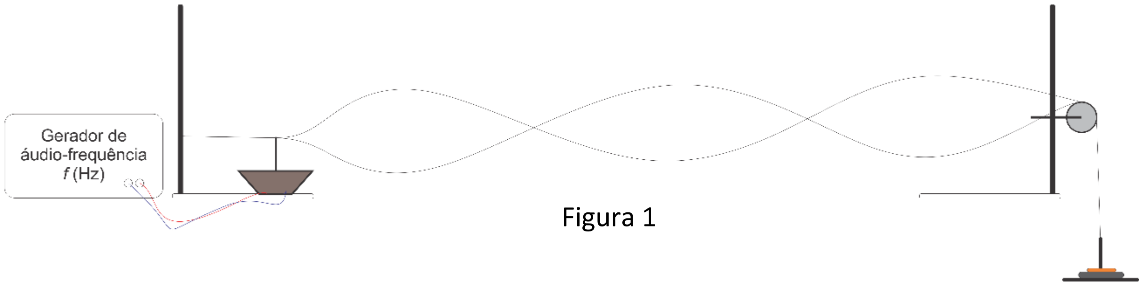

Figura 1

frequência do eletroímã. Este movimento do diafragma é transmitido à corda vibrante (fio de nylon) por meio da haste plástica. A tensão τ no fio é determinada pelos objetos colocados no porta pesos, preso na extremidade do fio, após passar por uma polia.

Inicialmente, calcule os valores da densidade linear dos cinco fios de nylon com os quais você irá trabalhar. Para isso, é necessário conhecer a massa para um determinado comprimento do fio. A tabela 1 apresenta as massas de 3 metros de cada fio de nylon de diâmetros diferentes.

Número do fio	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Massa (g)
1	0,6	3,0	1,0200
2	0,7		1,5217
3	0,8		1,8614
4	0,9		2,3607
5	1,0		3,0027

Como já comentamos, vamos estudar separadamente a dependência de f com relação a cada um de seus parâmetros: n, L, τ, μ. Em cada série de medidas mantenha fixos e anote os valores de todos os outros parâmetros envolvidos, a menos aqueles cuja relação está sendo estudada. Observe que:

i. O comprimento L corresponde à distância entre a haste presa no alto-falante e o eixo da polia;

ii. A tensão τ deve levar em conta as massas aferidas e o porta peso.

iii. Fixar o valor de μ significa usar apenas um dos fios. Será necessário variar os fios quando o estudo for da dependência entre f e μ.

III.I – RELAÇÃO ENTRE f E n: HARMÔNICOS

Escolha um dos fios, prenda-o à haste plástica sobre o alto-falante e submeta-o a uma determinada tensão. Anote na tabela os valores de L, τ, e μ (configuração original). Se informe com o professor sobre o valor máximo permitido de τ para não danificar o alto-falante. Varie lentamente a frequência do gerador de áudio observando as vibrações provocadas no fio. Anote o valor da frequência fundamental f_1 que corresponde à primeira onda estacionária (primeiro harmônico) com apenas um ventre no centro da corda. Continue aumentando a frequência do gerador, anotando os valores f_n (n = 2,3,4 e 5) quando da formação dos harmônicos sucessivos. Registre os dados para f_n e n na tabela.

III.II – RELAÇÃO ENTRE f E L: COMPRIMENTO DO FIO

Mantenha inicialmente a mesma disposição anterior do equipamento (τ e μ constantes). Escolha o harmônico com o qual irá trabalhar (o segundo harmônico permite geralmente observações mais precisas). Anote os valores de n, τ e μ na tabela. Varie gradativamente f até a obtenção do harmônico que você escolher. Anote o valor de f e L na tabela. Você pode variar o valor de L deslocando a base com a polia ou do gerador de áudio. Obtenha valores de f e L para mais 4 valores de L e anote-os na tabela.

III.III – RELAÇÃO ENTRE f E τ: TENSÃO APLICADA AO FIO

Retorne o equipamento à configuração original. Anote os valores de n, L e μ na tabela. Varie gradativamente f até a obtenção do harmônico que você escolheu. Anote o valor de f e τ na tabela. Você pode variar o valor de τ acrescentando ou retirando massa do porta peso. Obtenha valores de f e τ para mais 4 valores de τ e anote-os na tabela.

III.IV – RELAÇÃO ENTRE f E μ: DENSIDADE LINEAR DO FIO

Retorne o equipamento à configuração original. Anote os valores de n, L e τ na tabela. Varie gradativamente f até a obtenção do harmônico que você escolheu. Anote o valor de f e μ na tabela. Utilize os outros 4 fios para variar o valor de μ. Obtenha assim mais 4 valores de f e μ e anote-os na tabela.

A relação geral obtida da teoria para a dependência de f com n, L, τ, e μ é conhecida como expressão de Lagrange dada pela equação:

$$f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

IV – TRATAMENTO DOS DADOS

- Trace, em papel milimetrado a relação entre f e n. Note que essa relação sugere uma dependência linear. Determine os valores dos coeficientes angular e linear (a e b respectivamente) pelo método dos mínimos quadrados e apresente a relação matemática (equação) entre f e n. É esperado que b seja bastante pequeno com relação ao valor de a. Note que a depende dos valores de L, τ e μ, ou seja, $a = a(L, \tau, \mu)$.
- Trace, em papeis gráficos log-log, as demais relações matemáticas: f em função de L, τ e μ. Note que estas relações são de potência.

  $$f = cL^d; f = g\tau^h; f = j\mu^k$$

  Determine os valores de c e d, g e h, j e k usando o método dos mínimos quadrados aplicando aos logaritmos das grandezas e apresente as relações matemáticas. Da mesma forma que o caso anterior, note que $c = c(n, \tau, \mu)$, $g = g(n, L, \mu)$, $j = j(n, L, \tau)$.

- Com o auxílio dos valores obtidos para d, h e k é possível escrever uma única relação entre f e os 4 parâmetros, ou seja, $f = mnL^{d}\tau^{h}\mu^{k}$, onde m é uma constante. Use os valores de a, c, g e j para determinar o valor de m.
- Compare os valores experimentais obtidos para m, d, h e k com os fornecidos pela expressão de Lagrange.