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 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 freqüências de ressonância, ao passo que o oscilador forçado só possui uma.

O objetivo do experimento é a obtenção experimental da relação entre a freqüência de vibração das ondas estacionárias (f), o número de ventres (n) (correspondendo a $n-1$ nodos), 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 freqüência e cada um dos parâmetros acima citados.

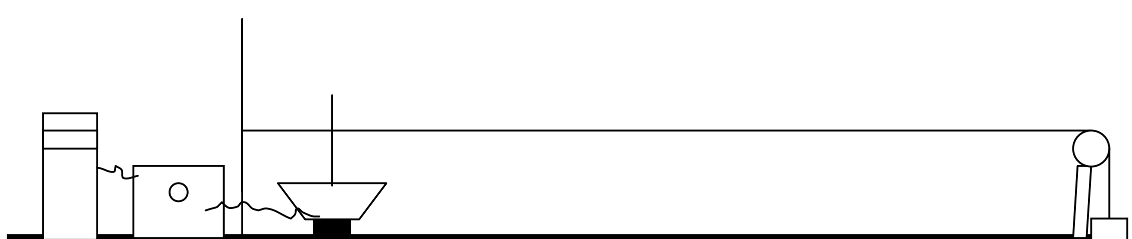
II - MATERIAL NECESSÁRIO:

1. Gerador de áudio-frequência (0-10^3 Hz)
2. Alto falante usado como vibrador
3. Porta-pesos
4. Massas aferidas de 10, 50 e 100 g,
5. 05 fios de nylon com diâmetros diferentes.

III – PROCEDIMENTO

Antes dos alunos 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 esquema abaixo. O gerador de áudio-frequência produz uma corrente elétrica alternada (senoidal) de freqüência 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 freqüência do eletroímã. Este movimento do diafragma é transmitido à corda vibrante (fio de nylon) por meio da haste de madeira presa no mesmo. A tensão τ no fio é determinada pelos pesos colocados no porta pesos, preso na extremidade do fio, após passar por uma polia.



Inicialmente, calcule os valores da densidade linear de massa dos cinco fios de nylon com os quais você irá trabalhar. Procure os dados necessários com o professor.
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 daqueles 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. A utilização dos 5 fios será apenas necessária quando do estudo da dependência entre f e μ.

1 – RELAÇÃO ENTRE f E n: HARMÔNICOS

Escolha um dos fios, prenda-o ao vibrador e submeta-o a uma determinada tensão. Anote na tabela os valores de L, μ e τ. Se informe com o professor sobre o valor máximo permitido de para não danificar o alto falante. Varie lentamente a freqüência do gerador de áudio observando as vibrações provocadas no fio. Anote o valor da freqüência fundamental f1 que corresponde à primeira onda estacionária (primeiro harmônico) com apenas um ventre no centro da corda. Continue aumentando a freqüência do gerador, anotando os valores fn (n = 2, 3, ...) quando da formação dos harmônicos sucessivos. Registre os dados para fn e n na tabela e construa o gráfico em papel milimetrado de $fn \times n$.

2 - RELAÇÃO ENTRE *f* E *L*: COMPRIMENTO DO FIO.

Mantenha inicialmente a mesma disposição anterior do equipamento. 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. Obtenha valores de f e L para mais 4 valores de L e anote-os na tabela. Com estes valores, construa o gráfico $f \times L$ em papéis milimetrado e log-log. Observe a dependência de f com relação a L.

3 - 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 es n colher. 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. Com estes valores, construa o gráfico $f \times \tau$ em papéis milimetrado e log-log. Observe a dependência de f com relação a τ.

4 - 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 escolher. 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. Com estes valores, construa o gráfico $f \times \mu$ em papéis milimetrado e log-log. Observe a dependência de f com relação a μ.

IV – TRATAMENTO DOS DADOS

Observe os gráficos obtidos de $f \times n$, $f \times L$, $f \times \tau$ *e* $f \times \mu$. O primeiro sugere uma dependência linear do tipo:

$$f = a\,n + b. \qquad (1)$$

Determine os valores de a e b pelo método gráfico e dos mínimos quadrados. É esperado que b seja bastante pequeno com relação a a. Note que a depende dos valores de L, τ, e μ, i.e., $a=a(L, \tau,\mu)$. Os outros gráficos, principalmente os traçados em papel log-log, sugerem dependências do seguinte tipo:

$$f = c\, L^{d}\,, \qquad f = g\, \tau^{h}\,, \qquad f = j\, \mu^{k}\,. \tag{2}$$

Determine os valores de c e d, g e h, j e k usando o método gráfico no papel log-log e o método dos mínimos quadrados aplicado aos logaritmos das grandezas. Do mesmo que no caso acima para a, note que c=c(n, τ,μ), g=g(n,L, μ), j=j(n,L, τ). Assim, com o auxílio dos valores obtidos para d, h e k é possível escrever uma única relação entre f e os 4 parâmetros, i.e., $f = m\, n\, L^{d}\, \tau^{h}\, \mu^{k}$, onde m é uma constante. Use os valores de a, c, g e j para determinar o valor de m.

A relação obtida da teoria para a dependência de f com n, L, τ, e μ é conhecida como expressão de Lagrange. Sua forma é:

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{\tau}{\mu}}\,. \tag{3}$$

Compare os valores experimentais obtidos para m, d, h e k com os fornecidos pela expressão acima.