



1) Nº USP
2) Nº USP
3) Nº USP
Turma:Data:

Guia de Trabalho¹

1) Objetivos

Estudar o fenômeno de ressonância num fio tensionado e, a partir desse estudo, determinar uma expressão empírica que estabeleça uma conexão entre as frequências de ressonância desse sistema com parâmetros relevantes ao experimento.

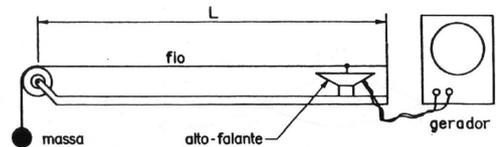


Figura 1: Arranjo experimental para o estudo do efeito de ressonância num fio tensionado.

2) Metodologia

Um fio de nylon tensionado e com extremidades fixas é submetido a oscilações forçadas por um alto-falante ligado numa das extremidades do fio e a um gerador de ondas senoidais, cuja frequência pode ser variada continuamente, conforme o esquema da Figura 1.

Para observar qualquer uma das formas apresentadas na Figura 2, deve-se variar a intensidade e a frequência no gerador de ondas. Entretanto, cada padrão não surge de pronto, sendo necessário sintonizar a frequência com certo cuidado, de forma a maximizar a amplitude observada e, evitar ao mesmo tempo, uma amplitude excessiva que introduziria o efeito indesejado de um "semi-nó", como mostra a Figura 3.

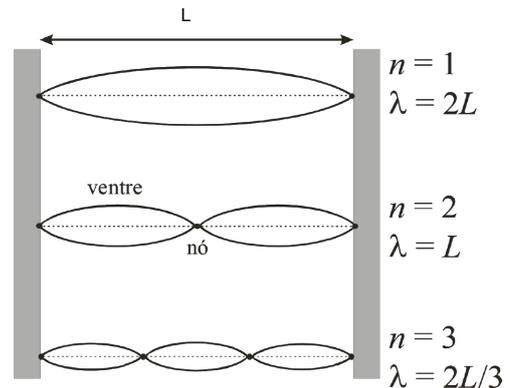


Figura 2: Modos normais de vibração de um fio de comprimento L .

A frequência mais baixa ($n = 1$) é denominada frequência fundamental f_1 e depende dos parâmetros: comprimento da corda L , força tensora T e densidade linear de massa μ (massa por unidade de comprimento do fio) do material de que é feita a corda. Todas as outras frequências de ressonância

¹M. Donadelli, L. Gasques, Física Experimental A, IFUSP - 2019 - 2020

são múltiplos inteiros da frequência fundamental $f_n = n f_1$, onde $n = 1, 2, 3 \dots$ é o número de ventres observado. Todos estes parâmetros compõem o seguinte modelo

$$f = C n^\alpha L^\beta T^\gamma \mu^\delta, \quad (1)$$

onde C , α , β , γ e δ são constantes que podem ser extraídas dos dados experimentais. Cada parâmetro pode ser variado de maneira individual, com os outros mantidos fixos.

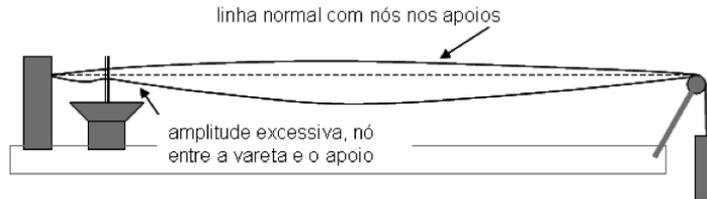


Figura 3: Efeito de semi-nó causado por amplitude excessiva aplicada no fio tensionado.

3) Atividade experimental

Determinar o valor das constantes do modelo expresso na Equação 1 a partir dos dados experimentais. Caso esta equação seja representativa do fenômeno de ressonância em um fio, ao se variar apenas um dos parâmetros, a dependência da frequência de ressonância com este será uma expressão da forma

$$f(x) = Kx^a, \quad (2)$$

onde K é uma constante que depende de como os outros parâmetros foram fixados conforme a Equação 1, x é o parâmetro que está sendo variado (n , L , T ou μ) e a é a constante relacionada a este parâmetro (α , β , γ , ou δ). Neste caso, fazendo-se um gráfico em escala di-log, obtém-se uma reta cuja inclinação é a constante a . A parametrização di-log é discutida no Guia de Estudos.

(i) Determinação da densidade do fio de nylon da montagem experimental

- medir a massa do fio, sendo dado seu comprimento: $L = (1,000 \pm 0,005)$ m.
- suponha que a incerteza de cada grandeza medida, x , é dada apenas pela incerteza do instrumento σ_x ;
- a incerteza da densidade linear, σ_μ , deve ser propagada a partir da incerteza dos operandos, lembrando que $\mu = \frac{M}{L}$. Indique os cálculos no Quadro 1 a seguir;
- preencher a Tabela 1 com os dados obtidos, não esquecendo de registrar a unidade de medida de cada grandeza.

Quadro 1: Cálculo da incerteza da densidade linear do fio.



Tabela 1: Características do fio de nylon utilizado no arranjo experimental.

$m \pm \sigma_m$ []	$L \pm \sigma_L$ []	$\mu \pm \sigma_\mu$ []
±	±	±

Q1) A densidade linear do fio de nylon determinada experimentalmente é compatível com o valor nominal? Justifique.

(ii) **Estudo da dependência da frequência com o número de ventres n**

Preencha a Tabela 2 com as frequências de ressonância correspondentes aos diferentes números de ventres n , mantendo todos os outros parâmetros fixos. A incerteza da frequência de ressonância deve ser estimada (para cada modo) variando-a em uma região em torno do máximo da amplitude da onda estacionária, de modo que esta ainda possa ser observada.

n	$f \pm \sigma_f$ [Hz]
1	\pm
2	\pm
3	\pm
4	\pm
5	\pm
6	\pm
7	\pm
8	\pm

Tabela 2: Dados das frequências de ressonância correspondentes a diferentes números de ventres n .

Faça um gráfico $f_n \times n$ utilizando o Origin[®], obtendo os coeficientes angular e linear com a respectiva incerteza. O resultado deve ser expresso no quadro abaixo, levando em conta o correto número de algarismos significativos. **O gráfico deve ser anexado a este guia.**

coeficiente angular $\pm \sigma_{\text{coef. angular}}$	\pm
coeficiente linear $\pm \sigma_{\text{coef. linear}}$	\pm

(iii) **Estudo da dependência da frequência com a força de tensão T**

Nesta etapa o número de ventres n e o comprimento do fio L permanecerão fixos. Preencha a Tabela 3 com as frequências de ressonância correspondentes aos diferentes valores de T , mantendo todos os outros parâmetros fixos.

$T \pm \sigma_T$ [N]	$f_n \pm \sigma_{f_n}$ [Hz]
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±

Tabela 3: Dados das frequências de ressonância correspondentes a diferentes valores de tensão no fio T .

Faça um gráfico $f_n \times T$ utilizando o Origin[®], obtendo os coeficientes angular e linear com a respectiva incerteza. O resultado deve ser expresso no quadro abaixo, levando em conta o correto número de algarismos significativos. **O gráfico deve ser anexado a este guia.**

coeficiente angular $\pm \sigma_{\text{coef. angular}}$	±
coeficiente linear $\pm \sigma_{\text{coef. linear}}$	±

(iv) **Estudo da dependência da frequência com o comprimento do fio L**

Nesta etapa o número de ventres n e a força de tração no fio de nylon T permanecerão constantes. Preencha a Tabela 4 com as frequências de ressonância correspondentes aos diferentes valores de L , mantendo todos os outros parâmetros fixos.

$L \pm \sigma_L$ [cm]	$f_n \pm \sigma_{f_n}$ [Hz]
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±
±	±

Tabela 4: Dados das frequências de ressonância correspondentes a diferentes valores de comprimento L .

Faça um gráfico $f_n \times L$ utilizando o Origin[®], obtendo os coeficientes angular e linear com a respectiva incerteza. O resultado deve ser expresso no quadro abaixo, levando em conta o correto número de algarismos significativos. **O gráfico deve ser anexado a este guia.**

coeficiente angular $\pm \sigma_{\text{coef. angular}}$	±
coeficiente linear $\pm \sigma_{\text{coef. linear}}$	±

Q2) Os coeficientes obtidos com os ajustes anteriores são compatíveis com os correspondentes valores teóricos? Justifique sua resposta no espaço abaixo.