

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
JOINVILLE



Roteiro da Experiência 3

Física Ondulatória: Cordas Vibrantes

FÍSICA EXPERIMENTAL II – FEX2001

Joinville/SC, fevereiro de 2024

Introdução

Instrumentos musicais à corda (com densidade linear μ) esticada (a tensão τ) entre dois suportes fixos (de espaçamento L), como violão, são fontes de ondas sonoras que quando percutidas, permitem a produção de som com frequência f específica em condições específicas.

De que forma podemos produzir harmônicos com frequências específicas numa corda?

Objetivos

- Verificar quais são as condições específicas que permitem a produção de harmônicos de frequência f .
- Determinar experimentalmente o efeito de uma das condições específicas, restrito a **limitações de segurança** da experiência.
- Usar os dados experimentais para desenvolver uma equação para a frequência f produzida.
- Determinar a velocidade de propagação da onda na corda esticada.

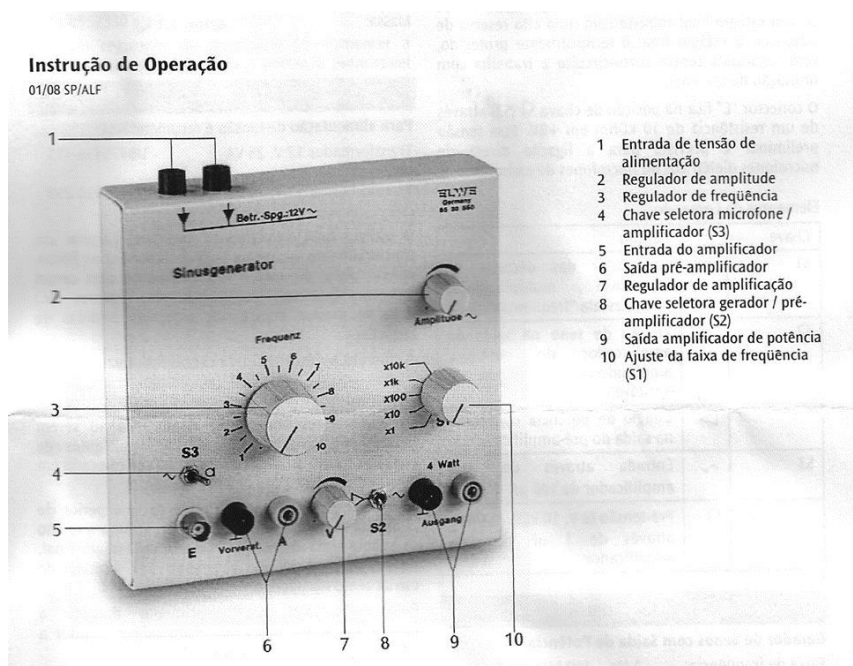
Equipamentos e materiais disponíveis

Os equipamentos já estão montados e os materiais disponíveis na bancada.

1. Gerador de senos Sinusgenerator;
2. Multímetro com escala de frequência.
3. Dispositivo de ondas;
4. Dinamômetro;
5. Escala;
6. Fio (corda);
7. Motor CC de 12 V com rotor sem ferro;

Descrição do Experimento: O equipamento utilizado neste experimento é um gerador de senos (figura abaixo) conectado a um motor de CC de 12 V com rotor sem ferro, associado a um disposto de ondas. **MUITO CUIDADO AO USAR O EQUIPAMENTO!**

ANTES DE LIGÁ-LO CHAME O PROFESSOR!



A investigação seguirá o método científico de forma simplificada e resumida, dividida em duas atividades experimentais.

Atividade experimental 1

1. Observações e Perguntas

Elabore, anote e realize, quando possível, procedimentos simples e rápido para as observações qualitativas restrito aos equipamentos, materiais disponíveis e limitações da experiência, citados anteriormente, para as seguintes observações do som produzido quando o fio é percutido:

- a) Em hipótese de Fios/cordas com μ diferentes, mantendo um esticamento τ e espaçamento L . O que ocorre?

Procedimento:

O que é observado?

- b) Tensionamentos τ diferentes, mantendo o fio μ e o espaçamento L . O que ocorre?

OBS: pressione levemente um pouco o dinamômetro, não exagere.

Procedimento:

O que é observado?

- c) Em hipótese de espaçamento L diferentes, mantendo o fio μ e o esticamento τ . O que ocorre?

Procedimento:

O que é observado?

Baseado nas observações realizadas anteriormente, identifique qual ou quais fenômenos são de interesse para uma investigação mais detalhada e criteriosa. Anote abaixo.

Com o fenômeno identificado podemos fazer algumas perguntas que poderão (ou não) ser respondidas ao concluir a experiência. Os principais questionamentos são:

- a) Por que o fenômeno ocorre?
- b) Como ele é descrito?
- c) Quais outros fatores podem influenciá-los?

Havendo mais perguntas, anote abaixo.

2. Hipóteses e Teoria

Revise a parte teórica [3] sobre uma corda de densidade linear μ , esticada com tensão τ entre dois suportes fixos de espaçamento L e demonstre que as frequências de ressonância são

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}; \quad n = 1, 2, 3, \dots; \quad L = n \frac{\lambda}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}. \quad (1)$$

onde n é o número do harmônico ressonante.

Das relações (1) podemos escrever,

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \quad (2)$$

3. Experimentos

A seguir são apresentados o procedimento experimental necessário para investigação restrito a **limitações de segurança** da experiência. Será utilizado o fio de **maior espessura**.

Tabela 0			
	$L \text{ (m)}$	$\mu \text{ (g/cm)}$	$\tau \text{ (N)}$
Corda		0,030	

Procedimento experimental

(a) O aparato já está montado.

(b) Mantenha uma tensão (τ) constante na corda.

(b) Ajuste o gerador de senos Sinusgenerator (figura acima) para as seguintes funções:

1. Dial S1 (10) para x10;
2. Chave S2 (8) e S3 (4) para ondas (desenho de uma onda);
3. Dial V (7) valor máximo;
4. Dial amplitude (2) valor máximo.

(c) Através do dial *frequenz* (3), ajuste as frequências correspondentes aos harmônicos (n) na corda. Preencha a **tabela1** do relatório anotando para cada frequência (f) de ressonância **lidas no multímetro**, o respectivo comprimento de onda (λ) do harmônico correspondente na corda (meça λ com uma trena/régua). **Compartilhe os resultados com outras equipes.**

Atenção: para $n=1$ (primeiro harmônico), tome o cuidado para que a formação do ventre seja apenas no seguimento da corda. Não inclua a haste metálica do oscilador na medida do ventre, pois esta apresenta uma densidade diferente da corda. Portanto a formação do harmônico deve iniciar após o prolongamento da haste metálica oscilante.

(d) Anote a tensão (τ) da corda, medida no dinamômetro.

- Seja responsável: Use o material com zelo!

- Qualquer dúvida ou alteração comunique o professor e aguarde.

Tabela 1: Medida do comprimento de onda em função da frequência.						$\tau = \dots\dots\dots$
	Harmônicos	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
Equipe 1	$f_n (\quad)$					
	$\lambda_n (\quad)$					
Equipe 2	$f_n (\quad)$					
	$\lambda_n (\quad)$					
Equipe 3	$f_n (\quad)$					
	$\lambda_n (\quad)$					
Equipe 4	$f_n (\quad)$					
	$\lambda_n (\quad)$					
Equipe X	$f_n (\quad)$					
	$\lambda_n (\quad)$					

Atividade experimental 2

4. Análises

- a) Identifique as variáveis das quantidades físicas e o erro de escala dos instrumentos de medida utilizados na experiência e anote na Tabela 2.

Tabela 2			
Quantidade Física	Variável	Instrumento	Erro de escala
	Independente		
	Dependente		

- b) Análise estatística das medidas realizadas.

A partir das medidas da Tabela 1, calcule e preencha na Tabela 3:

- A média da frequência \bar{f}_n e do comprimento de onda $\bar{\lambda}_n$.
- O desvio médio da frequência $\overline{\Delta f}_n$ e do comprimento de onda $\overline{\Delta \lambda}_n$.
- O desvio padrão da frequência σ_{f_n} e do comprimento de onda σ_{λ_n} .

Tabela 3						
n	$\bar{f}_n(\text{Hz})$	$\overline{\Delta f}_n(\text{Hz})$	$\sigma_{f_n}(\text{Hz})$	$\bar{\lambda}_n(\quad \text{m})$	$\overline{\Delta \lambda}_n(\quad \text{m})$	$\sigma_{\lambda_n}(\quad \text{m})$
1						
2						
3						
4						
5						

- c) Análise da equação teórica.

Linearize a equação (2) para construção do gráfico linear no papel milimetrado e escreva as relações para:

Variável independente: $x' =$	(4)
Variável dependente: $y' =$	
Coefficiente angular: $a' =$	
Coefficiente linear: $b' =$	

d) Construção e análise do gráfico linear no papel milimetrado.

- i. Calcule e preencha a Tabela 4, utilizando as relações (4) e os valores da Tabela 3.

Tabela 4	
Variável independente:	Variável dependente:

- ii. A partir da Tabela 4, construa um gráfico linear no papel milimetrado.
- iii. Indique na reta obtida, os pontos P_1 , P_2 e P_3 . Apresente os valores lidos com suas respectivas unidades e calcule o valor do coeficiente angular e coeficiente linear com suas respectivas unidades e escreva a equação experimental obtida.

Equação experimental (papel milimetrado):	(5)
---	-----

e) Construção e análise do gráfico linear no Excel.

- i. A partir da Tabela 4, construa um gráfico linear no Excel. Encontre o melhor ajuste da linha de tendência da curva pelo valor do R-quadrático (próximo de 1).
- ii. Leve em consideração o erro de escala dos instrumentos de medidas identificado na Tabela 2 e escreva a equação experimental obtida.

Equação experimental (Excel):	(6)
-------------------------------	-----

f) Resultados

- i. Utilize as equações (5) e/ou (6) e as relações (4) e determine a velocidade de propagação da onda na corda v .
- ii. Calcule o erro percentual relativo de v . Para isso, determine o valor referência, por intermédio dos valores da **Tabela 0**. Apresente os cálculos.

5. Conclusões

Com os resultados obtidos tente responder as perguntas feitas no início da investigação, e escreva a conclusão.

Referências

[1] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Traste> consultado em 09 de fevereiro de 2024.

[2] <https://www.pasco.com/downloads/sparkvue> consultado em 16 de janeiro de 2024.

[3] HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.

[4] https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformada_r%C3%A1pida_de_Fourier consultado em 12 de fevereiro de 2024.