

TAREFAS

- Excitação por impulso de ondas sonoras longitudinais em hastes e detecção com duas sondas microfona.
- Análise dos impulsos sonoros em dependência do material e do comprimento das hastes com osciloscópio.
- Determinação das velocidades longitudinais do som dos materiais a partir dos tempos de passagem dos impulsos sonoros.
- Determinação dos módulos de elasticidade dos materiais a partir das velocidades longitudinais do som e das densidades.



Informações técnicas sobre os dispositivos, consulte 3bscientific.com

2

OBJETIVO

Análise de ondas sonoras longitudinais e determinação da velocidade longitudinal do som

RESUMO

As ondas sonoras podem propagar-se em ondas longitudinais, transversais, de expansão ou de torção em sólidos. Uma onda longitudinal elástica se propaga em uma haste por meio de uma sequência periódica de expansão e tensão na direção longitudinal da haste. A velocidade da propagação só depende do módulo de elasticidade e da densidade do material quando o diâmetro da haste é claramente menor que seu comprimento. Ela é determinada, na experiência, a partir dos tempos de passagem dos impulsos sonoros após excitação por impulso.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Nº	Instrumentos	Artigo Nº
1	Conjunto de aparelhos "Propagação do som em hastes" (230 V, 50/60 Hz)	U8557180-230 ou
	Conjunto de aparelhos "Propagação do som em hastes" (115 V, 50/60 Hz)	U8557180-115
1	Osciloscópio USB 2x50 MHz	U112491
2	Cabo BNC 0,5 m	U8557637

FUNDAMENTOS GERAIS

Ondas sonoras podem propagar-se não somente em gases ou líquidos, mas também em sólidos. Em sólidos, podem surgir ondas longitudinais, transversais, de expansão ou de torção.

Uma onda longitudinal elástica se propaga em uma haste por meio de uma sequência periódica de expansão e tensão na direção longitudinal da haste. A expansão é causada por um deslocamento periódico dos átomos do repouso. Em uma haste cujo diâmetro é claramente menor que seu compri-

mento, a contração transversal é desprezível, ou seja, para o coeficiente de Poisson, vale, em boa aproximação, $\mu = 0$. A relação entre as alterações temporais e espaciais da tensão σ e do deslocamento ξ é descrita, neste caso, pelas equações a seguir:

$$(1) \quad \frac{\partial \sigma}{\partial x} = \rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \text{e} \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{E} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial t} \quad \text{com} \quad v = \frac{\partial \xi}{\partial t},$$

ρ : densidade do material da haste,
 E : módulo de elasticidade do material da haste

Disto, resultam as equações de onda

$$(2) \quad \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \quad \text{e} \quad \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

com a velocidade longitudinal do som

$$(3) \quad c_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Na experiência, ondas sonoras longitudinais são geradas em uma extremidade de hastes de materiais e comprimentos diferentes por excitação por impulso, detectadas com sondas microfona na extremidade excitada e na extremidade oposta da haste e representadas em osciloscópio. As extremidades das hastes representam zonas limitrofes reverberantes, entre as quais os impulsos sonoros vão e vêm. A partir dos oscilogramas, são determinados os tempos de passagem dos impulsos sonoros.

Em hastes longas, os impulsos sonoros diversas vezes refletidos estão claramente separados temporalmente, em hastes curtas, elas podem sobrepor-se para formar "ondas estáticas".

AVALIAÇÃO

A partir dos tempos de passagem dos impulsos sonoros, são determinadas as velocidades longitudinais do som conforme

$$(4) \quad c_l = \frac{2 \cdot L}{T}, \quad L: \text{comprimento da haste}$$

pois o impulso sonoro passa pela haste duas vezes no tempo T .

A partir das velocidades do som detectadas e das densidades dos materiais determinadas por pesagem, os módulos de elasticidade são calculados segundo (3).

Tab. 1: Velocidades do som longitudinais c_l , densidades ρ e módulos de elasticidade E para diferentes materiais.

Material	c_l (m / s)	ρ (g / cm ³)	E (m / s)
Vidro	5370	2,53	73
Alumínio	5110	2,79	73
Madeira (faia)	5040	0,74	19
Aço inoxidável	4930	7,82	190
Cobre	3610	8,84	115
Latão	3550	8,42	106
Acrílico	2170	1,23	6
PVC	1680	1,50	4

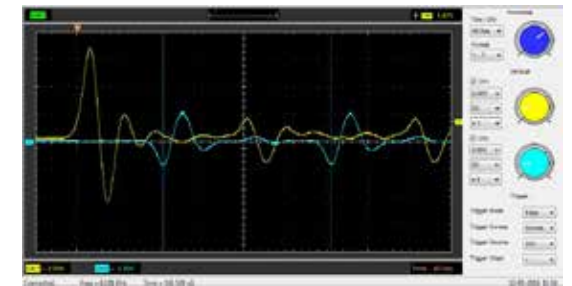


Fig. 1: Propagação de impulso sonoro, sinal na extremidade excitada (amarelo) (haste de aço inox, 400 mm)

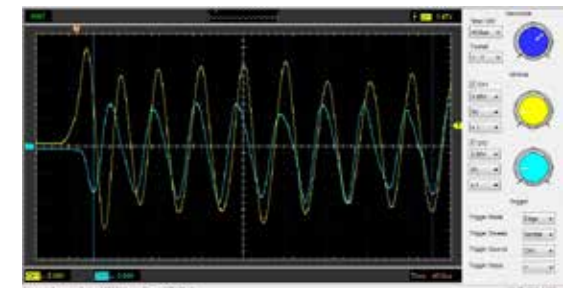


Fig. 2: Onda estática, sinal na extremidade excitada (amarelo) (haste de aço inox, 100 mm)

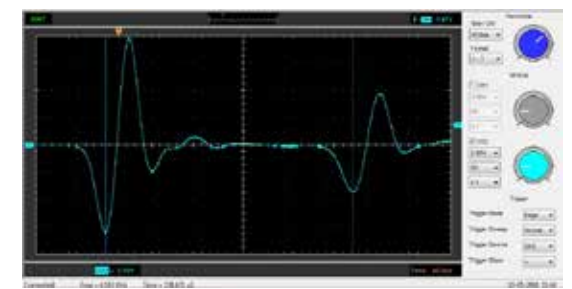


Fig. 3: Propagação de impulso sonoro, (em cima: haste de PVC, 200 mm, em baixo: haste de vidro, 200 mm), sinal na extremidade oposta à excitação da haste (ciano)

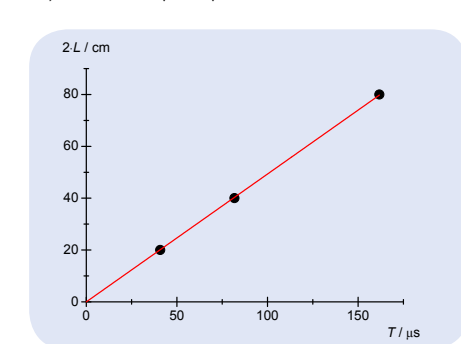


Fig. 4: Comprimento dobrado da haste $2 \cdot L$ em dependência dos tempos de passagem T para as hastes de aço inox.