
**OBJETIVO**

Determinação da velocidade do som para as ondas longitudinais e transversais em corpos sólidos

**RESUMO**

O som se propaga em corpos sólidos em forma de ondas longitudinais e transversais. A velocidade do som de ambas as ondas se diferenciam consideravelmente, devido que a velocidade de som longitudinal é determinada pelo módulo de elasticidade do corpo sólido, em quanto à velocidade de som transversal é dependente do módulo de desvio. Mediante a medição de ambas as velocidades de som podem-se determinar as constantes elásticas do corpo sólido.

**TAREFAS**

- Determinação da velocidade de som para ondas longitudinais em 'poliacrílico' (Poliacryl) pelos tempos de transmissão de um sinal de ultra-som.
- Medição da transmissão de ondas de som longitudinais e transversais no corpo sólido mediante uma placa inclinada, paralela ao plano.
- Determinação da velocidade de som para ondas longitudinais e transversais a partir dos ângulos limites da reflexão total.
- Determinação do módulo de elasticidade  $E$ , do módulo de desvio  $G$  e do coeficiente Poisson  $\mu$  do corpo sólido de ambas as velocidades de som.

**APARELHOS NECESSÁRIOS**

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Ecoscópio ultra-sônico	U100101
2	Sonda ultra-sônica 1 MHz	U10015
1	Conjunto "ultra-som em corpos sólidos"	U10020
1	Placa de alumínio em suporte para amostra com escala angular	U10022
1	Kit de 3 cilindros	U10026
1	Gel de contato para ultra-som	XP999

**FUNDAMENTOS GERAIS**

Em gases e líquidos o som se propaga exclusivamente em forma de ondas longitudinais. Nisto a pressão oscila em volta de um valor de equilíbrio e produz zonas oscilantes com concentração e diluição. Através de corpos sólidos o som também penetra em forma de ondas transversais, nas quais a tensão de desvio oscila. Elas podem-se estender num corpo sólido, porque aí se encontram as forças elásticas de empurre necessárias para a sua transmissão.

As ondas longitudinais e as ondas transversais têm velocidades de som diferentes. Estas dependem da densidade  $\rho$  e as constantes elásticas do corpo sólido. Nisto a velocidade de som da onda longitudinal é

$$(1) \quad c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

$E$ : Módulo de elasticidade,  $\mu$ : Coeficiente Poisson

maior do que a onda transversal

$$(2) \quad c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$G$ : Módulo de desvio

**2**

O módulo de elasticidade  $E$  e o módulo de desvio  $G$  de um corpo sólido estão ligados, um com o outro, pelo coeficiente Poisson  $\mu$ :

$$(3) \quad \frac{E}{G} = 2 \cdot (1 + \mu)$$

Por isso podem-se calcular todas as grandezas elásticas, quando ambas as velocidades de som  $c_L$  e  $c_T$  são conhecidas.

Na experiência, primeiro se anotam num diagrama  $s-t$  (ver Fig. 1) os tempos de transmissão  $t$  da passagem dum sinal de ultra-som de 1-MHz, medidos a través de três cilindros de poliacryl com comprimentos diferentes. A velocidade longitudinal em poliacryl resulta da subida da reta adaptada aos pontos de medição.

A seguir se coloca uma bacia cheia com água na passagem do raio e se mede o tempo da passagem. Este será encurtado pela adição suplementar, paralela ao plano na entrada do raio, de uma placa fina de poliacryl ou de alumínio, devido a que o som se propaga mais rápido no material da placa do que na água. agora mais preciso, atrás da bacia com água, dois sinais separados de ultra-som, que se podem atribuir ao transcurso de tempo diferenciado da velocidade de som longitudinal e transversal no corpo sólido (ver Fig. 2).

Se a placa esta num ângulo  $\alpha$  oblíquo para o raio incidente, este será quebrado, segundo a lei de Snellius, em dois raios nos ângulos  $\beta_L$  e  $\beta_T$  (ver Fig. 3).

$$(4) \quad \frac{c}{\sin \alpha} = \frac{c_L}{\sin \beta_L} = \frac{c_T}{\sin \beta_T}$$

$c$ : Velocidade do som na água

Como ambas as velocidades de som do corpo sólido  $c_L$  e  $c_T$  são maiores do que a velocidade  $c$  na água, aparece conclusivamente, para as ondas longitudinais e transversais em separado, o fenômeno da reflexão total, no qual desaparecem completamente os sinais transmitidos. Dos dois ângulos limites  $\alpha_L$  para as ondas longitudinais e  $\alpha_T$  para as ondas transversais, podem-se calcular as velocidades de som:

$$(5) \quad c_L = \frac{c}{\sin \alpha_L} \quad \text{e} \quad c_T = \frac{c}{\sin \alpha_T}$$

**ANÁLISE**

a) Os pontos de medição obtidos na primeira parte de medições dos tempos de transmissão no diagrama  $s-t$  não estão colocados sobre uma reta de origem, devido que o tempo de transmissão do sinal a través da camada de ajuste e proteção dos transdutores de ultra-som é medido sistematicamente junto.

b) Das eq. 1 até 3 resulta a equação de determinação do coeficiente Poisson  $\mu$

$$\mu = \frac{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{c_L}{c_T}\right)^2 - 1}{\left(\frac{c_L}{c_T}\right)^2 - 1}$$

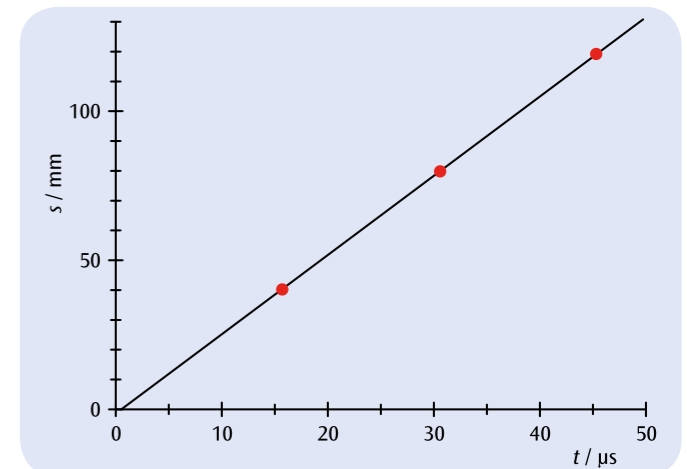


Fig. 1: Diagrama  $s-t$  do sinal de ultra-som em poliacryl

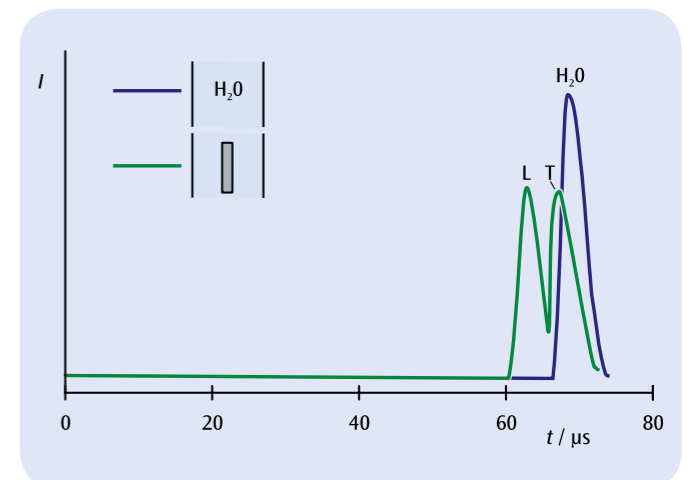


Fig. 2: Sinal de ultra-som após passagem pela bacia de água (azul: sem placa paralela ao plano, verde: com placa paralela ao plano)

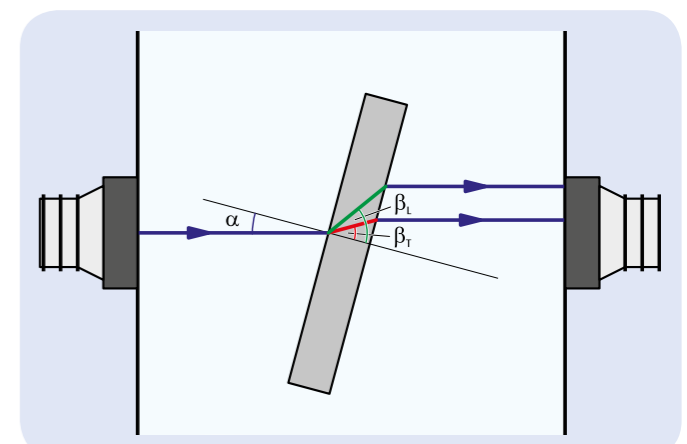


Fig. 3: Arranjo de medição para a determinação das velocidades longitudinais e transversais dum corpo sólido a partir dos ângulos limites da reflexão total