

## Conjunto de aparelhos “Propagação do som em hastes”

230 V, 50/60 Hz: 1018469 / U8557180-230

115 V, 50/60 Hz: 1018468 / U8557180-115

### Instruções de uso

04/15 TL/UD



### 1. Instruções de segurança

Para o uso conforme as determinações, a operação segura do conjunto de aparelhos é garantida. A segurança não é garantida, entretanto, se o conjunto de aparelhos for operado de forma indevida ou descuidada.

- Em caso de quebra do cabo, danos visíveis

no invólucro ou outros defeitos, não ligar a fonte de alimentação na rede elétrica.

- Marcar a fonte como defeituosa e não mais utilizá-la caso tenha sido exposta a líquidos.
- A operação da fonte de alimentação é permitida para grau de impureza 1 e 2.



## 2. Conteúdo do fornecimento

- 1 haste de aço inox 400 mm
- 2 apoio (3x)
- 3 haste de aço inox 100 mm
- 4 haste de alumínio 100 mm
- 5 haste de madeira de lei 200 mm
- 6 haste de PVC 200 mm
- 7 haste de aço inox 200 mm
- 8 haste de latão 100 mm
- 9 haste de vidro 200 mm
- 10 haste de acrílico 200 mm
- 11 haste de alumínio 200 mm
- 12 haste de cobre 100 mm
- 13 caixa microfone
- 14 massa para golpear em mangueira protetora (2x)
- 15 fonte de alimentação
- 16 sonda de microfone (2x)

## 3. Materiais e comprimentos

Aço inox:	100, 200, 400 mm
Alumínio:	100, 200 mm
Cobre:	100 mm
Latão:	100 mm
Madeira de lei:	200 mm
PVC:	200 mm
Acrílico:	200 mm
Vidro:	200 mm
Diâmetro:	10 mm

## 4. Dados técnicos

Conjunto completo de aparelhos:

Dimensões: aprox. 430x310x80 mm<sup>3</sup>

Peso: aprox. 2,2 kg

Caixa microfone:

Largura de banda: 10 Hz - 42 kHz

Amplificação: 20 - 70 vezes

Impedância de saída: 1 k $\Omega$

Sinal de saída: comutável entre sinal, nível, impulso

Sinal: 0 – 14 V<sub>pp</sub>

Nível: 0 – 7 V DC

Impulso: Low: 0 V

High: 8 V DC

Comprimento: 150 ms

Entradas: 2x jacks 3,5 mm

Saídas: 2x conectores BNC

Alimentação: fonte 12 V AC, 700 mA, Grau de impurezas 2, classificação de proteção 2

Dimensões: aprox. 100x75x35 mm<sup>3</sup>

Peso (incluindo fonte de alimentação): aprox. 450 g

## 5. Descrição

O conjunto de aparelhos constitui-se de hastes para experiências de diversos comprimentos e materiais, duas sondas microfone, uma caixa

microfone com fonte de alimentação para registro, amplificação e saída dos sinais para um osciloscópio e três apoios.

Nas hastes, são iniciadas, pela excitação por impulsos com auxílio de uma pequena massa para golpear, ondas sonoras que se propagam ao longo das hastes, são refletidas nas extremidades das hastes e são captadas acusticamente pelas sondas microfones. Com hastes longas, o oscilograma mostra pacotes de oscilações claramente delimitados, com hastes curtas, por conta da formação de ondas estáticas, uma oscilação senoidal. A partir do comprimento da haste e do tempo entre dois pacotes de oscilações ou da duração do período da oscilação senoidal, pode ser determinada a velocidade do som específica para o material.

O conjunto de aparelhos 1018468 é projetado para uma tensão de rede de 115 V (+/- 10 %), 1018469 para 230 V (+/- 10 %)

## 6. Exemplos de experiências

Aparelhos necessários:

1 conjunto de aparelhos Propagação do Som em Hastes  
1018551

1 osciloscópio USB 2x50 MHz 1017264

2 cabos de alta frequência 1002746

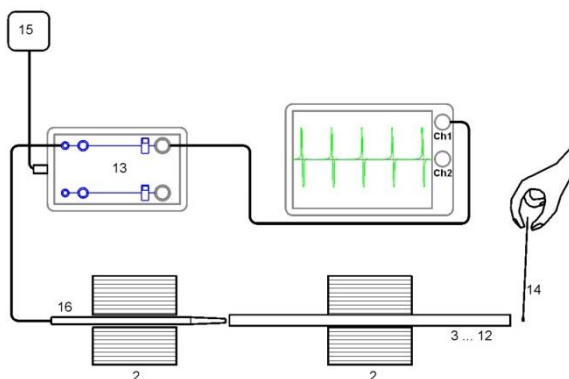


Fig. 1 montagem da experiência.

- Colocar a haste para experiência e a sonda microfona sobre um apoio cada (fig. 1).
- Conectar a sonda microfona na entrada A da caixa microfona e posicionar a uma distância de cerca de 1 mm de uma das duas extremidades da haste.
- Observar as instruções de uso da caixa microfona. Ajustar a caixa microfona para amplificação e sinal máximos (interruptor na posição superior). Conectar a saída da caixa microfona ao canal CH1 do osciloscópio com auxílio do cabo de alta frequência. Ajustes no osciloscópio, p. ex.,

base de tempo: 40  $\mu$ s/DIV, deslocamento vertical: 2 V/DIV DC, trigger: fonte CH1, tipo flanco, modo normal, limiar 1 – 2 V.

### Orientação:

A escolha correta do limiar do trigger, bem como da intensidade do golpe são decisivos para a execução com sucesso das experiências. Em modo normal, o oscilograma é congelado quando a amplitude do sinal ultrapassar o limiar do trigger. Em caso de um limiar de trigger muito baixo, a parte inicial da oscilação é sobrescrita e somente a parte descendente é representada. Com um limiar de trigger alto demais, não há representação em caso de golpe fraco demais.

- Golpear a haste com auxílio da massa de golpear na outra extremidade (fig. 1).

Esta excitação por impulsos gera uma onda sonora que se propaga na haste.

### 6.1 Propagação do som em hastes longas

Com hastes longas, o oscilograma mostra pacotes de oscilações claramente delimitados (fig. 2).



Fig. 2 Pacotes de oscilações em haste de aço inox com comprimento de 400 mm após excitação por impulso

### 6.2 Propagação do som em hastes curtas

Com hastes curtas, por conta da formação de ondas estáticas, uma oscilação senoidal (fig. 3).

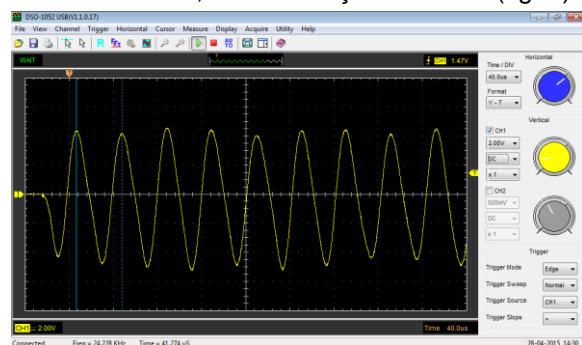


Fig. 3 Oscilação senoidal em haste de aço inox com comprimento de 100 mm após excitação por impulso

### 6.3 Determinação da velocidade longitudinal do som

#### Hastes longas:

- Ler o tempo  $T_1$ , p.ex., entre dois picos dos pacotes de oscilações com auxílio dos cursores no oscilograma.
- Determinar a velocidade do som  $c$  a partir de  $T_1$  e do comprimento  $L$  da haste, p.ex., para a haste de aço inox de 400 mm de comprimento (vide 6.1):

$$c = \frac{2 \cdot L}{T_x} = \frac{0,8\text{m}}{162\mu\text{s}} = 4938 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Observe-se que a onda sonora percorreu a haste duas vezes no tempo  $T_1$ .

#### Hastes curtas:

- Ler o tempo  $T_2$ , p.ex., entre dois picos da oscilação senoidal com auxílio dos cursores no oscilograma.
- Determinar a velocidade do som  $c$  a partir de  $T_2$  e do comprimento  $L$  da haste, p.ex., para a haste de aço inox de 100 mm de comprimento (vide 6.2):

$$c = \frac{2 \cdot L}{T_x} = \frac{0,2\text{m}}{41\mu\text{s}} = 4878 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Observe-se, novamente, que a onda sonora percorreu a haste duas vezes no tempo  $T_2$ .

### 6.4 Ondas sonoras transversais

Em sólidos, podem surgir ondas sonoras transversais por cisalhamento.

- Montar a experiência conforme Fig. 4. Usar a haste de aço inox de 400 mm de comprimento. Observar uma distância de aprox. 1 mm entre as sondas microfone e a haste para experiências. Ajustes do osciloscópio, p.ex., base de tempo: 20  $\mu\text{s}/\text{DIV}$ , deslocamento vertical: CH1 2 V/DIV DC, CH2 1 V/DIV DC trigger: fonte CH1, tipo flanco, modo normal, limiar 1 – 2 V.

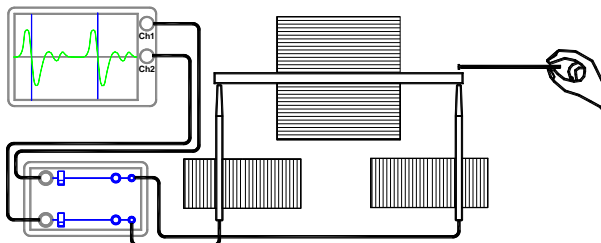


Fig. 4 montagem da experiência para análise da propagação das ondas transversais em hastes

- Golpear a haste com auxílio da massa de golpear como mostrado na fig. 4.

### Orientações:

A intensidade do golpe tem influência na qualidade do oscilograma.

Para supressão ou abafamento de ondas transversais estáticas, a haste pode ser pressionada levemente com a mão plana contra a base.

Adequar o limiar de trigger à altura do impulso conforme orientação em 6.

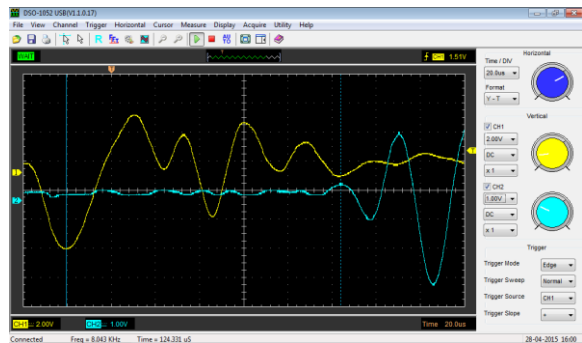


Fig. 5 oscilograma de uma onda transversal em haste de aço inox de 400 mm de comprimento.

A fig. 5 mostra o oscilograma para a excitação de ondas sonoras transversais em uma haste de aço inox de 400 mm de comprimento. A curva amarela de medição corresponde ao sinal que a sonda microfone captou no lado da excitação, a curva azul, ao sinal que a sonda microfone captou na extremidade oposta.

- Ler o tempo  $T$  entre o primeiro mínimo do sinal de excitação e o primeiro pico do sinal que chega com auxílio dos cursores no oscilograma.
- Calcular a velocidade transversal do som, p.ex., para a haste de aço inox de 400 mm de comprimento (vide acima). Para isto, utilizar o comprimento efetivo da haste, que corresponde à distância entre as duas sondas microfone (0,39 nesta experiência);

$$c = \frac{L}{T} = \frac{0,39\text{m}}{124\mu\text{s}} = 3145 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Uma comparação com a velocidade longitudinal do som (vide 6.3) mostra que a velocidade longitudinal do som é claramente menor.

### 7. Armazenagem, limpeza, descarte

- Armazenar o conjunto de aparelhos em local limpo, seco e livre de pó.
- Não utilize produtos de limpeza agressivos ou solventes para limpar o conjunto de aparelhos.
- Para a limpeza utilizar um pano suave e

úmido.

- A embalagem deve ser eliminada nas dependências locais de reciclagem.
- Em caso que o próprio conjunto de aparelhos deva ser descartado, então este não pertence ao lixo doméstico normal. É necessário cumprir com a regulamentação local.

