

### POKUS

- Určení rychlosti zvuku pro podélné vlny v polyakrylu z času šíření při ultrazvukovém signálu 1 MHz
- Měření přenosu podélných a příčných zvukových vln v pevných látkách přes šikmou planoparalelní desku
- Určení rychlosti zvuku pro podélné a příčné vlny z mrtvého úhlu úplného odrazu
- Určení modulu pružnosti E, modulu pružnosti ve smyku G a Poissonovu konstantu pevné látky  $\mu$  z dvou rychlostí

### ÚKOL

Určete rychlosti zvuku šířeného podélnými a příčnými vlnami v pevných látkách.

### SHRNUTÍ

V pevných látkách je zvuk šířen ve formě podélných a příčných vln. Je zde značný rozdíl v rychlostech těchto dvou typů zvukových vln. Podélné zvukové vlny jsou určeny modulem pružnosti pevných látek, naopak příčné zvukové vlny jsou závislé na modulem pružnosti ve smyku pevných látek. Měřením rychlosti dvou typů vln je možné určit konstantu pružnosti pevné látky.

### POŽADOVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

1	Ultrazvuková sonda dozvuku	5401.U10010
2	Ultrazvukové snímače, 1 MHz	5401.U10015
1	Sada vybavení pro podélné a příčné vlnění	5401.U10020
1	Hliníkový pokusný hranol s úhломěrnou stupnicí	5401.U10022
1	Sada tří válců	5401.U10026
1	Ultrazvukový kontaktní gel	5401.XP999

### ZÁKLADNÍ PRINCIPY

V plynech a kapalinách je zvuk přenášen výhradně ve formě podélných vln. Akustický tlak kmitá zhruba v rovnovážné hodnotě a tvoří oblasti kmitání zhušťování a řídnutí. Zvuk také prochází pevnými látkami ve formě příčných vln, ve kterých kolísá smykové napětí. Příčné vlny mohou prostupovat přes pevné látky, jelikož mají příčnou sílu nezbytnou pro vedení zvuku.

Podélné a příčné vlny mají různé rychlosti, které závisí na hustotě  $\rho$  a konstantě pružnosti pevné látky. Rychlost podélných vln je dána takto:

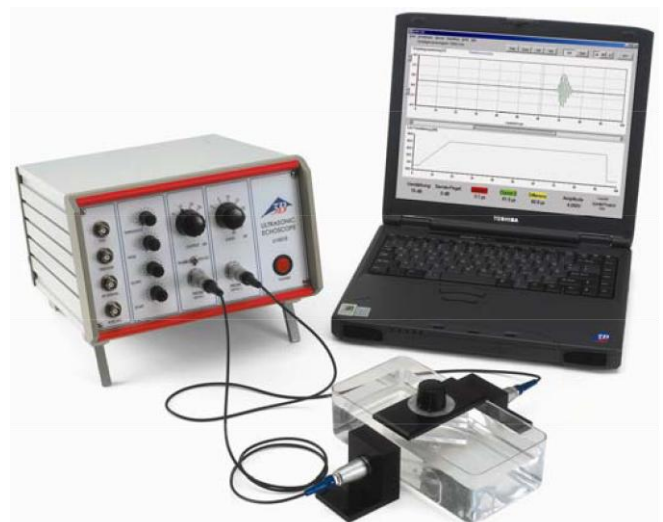
$$(1) c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)}}$$

E: modulu pružnosti;  $\mu$ : Poissonova konstanta

Rychlost příčných vln je nižší:

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

G: modul pružnosti ve smyku



Vztah mezi modulem pružnosti  $E$ , modulem pružnosti ve smyku  $G$  pevné látky a mezi Poissonovou konstantou je dán následující rovnicí:

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

Je proto možné spočítat všechny tři veličiny pružnosti, když známe dvě rychlosti zvuku  $c_L$  a  $c_T$ .

V pokusu jako první změřte čas šíření  $t$  při frekvenci 1 MHz ultrazvukového signálu přes tři polyakrylické válce tří různých délek. Zakreslete hodnoty na  $s$ - $t$  graf (obrázek 1). Z náklonu výsledné čáry přes naměřené hodnoty dostaneme podélnou rychlost zvuku v polyakrylátu.

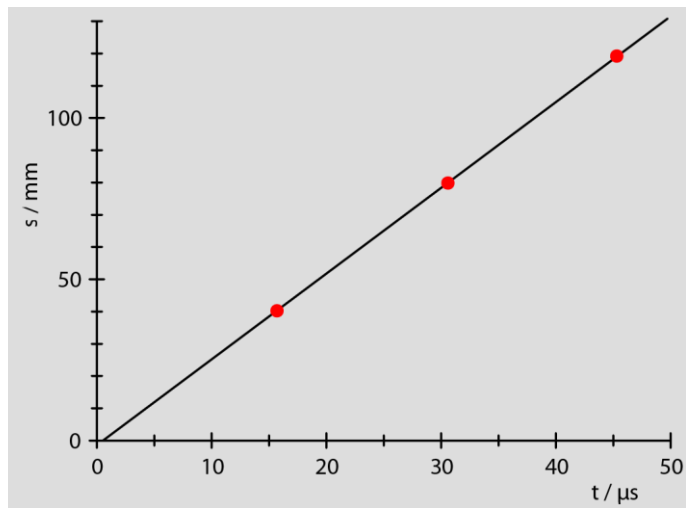
Následně naplňte nádobu vodou a postavte jí do cesty, kudy prochází vlna. Spočítejte dobu přechodu. Doba přechodu se sníží umístěním tenké planparalelní desky vyrobené z polyakrylátu nebo hliníku do dráhy vlny. To se děje díky faktu, že zvuk se rozšiřuje rychleji v plochém předmětu než ve vodě. Zaznamenejte přesné hodnoty za nádobou s vodou pro dva odlišné ultrazvukové signály, které jsou způsobeny různými časy šíření pro podélné a příčné zvukové vlny v pevných látkách (obrázek 2). Jestliže je deska nakloněná pod úhlem  $\alpha$  a dopadá na ní vlna, tak podle Snellova zákona platí, že vlna se láme a dvě zlomené vlny jsou v úhlech  $\beta_L$  a  $\beta_T$  (obrázek 3).

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

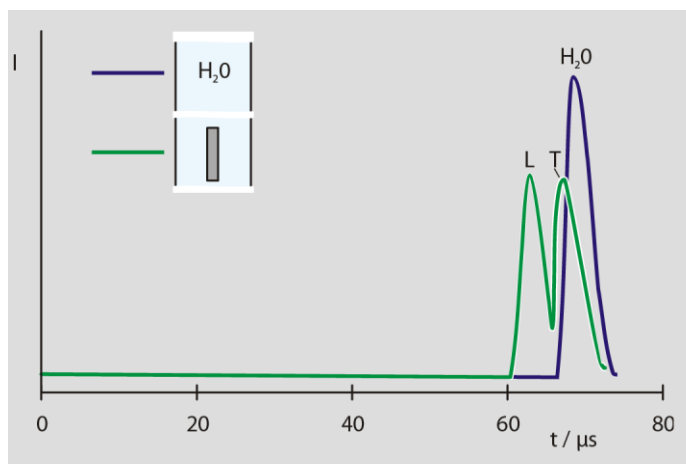
$c$ : rychlost zvuku ve vodě

Protože dvě rychlosti zvuku  $c_L$  a  $c_T$  přes pevnou látku jsou větší než rychlost zvuku  $c$  ve vodě, můžeme pozorovat jev totálního odrazu – zřetelně pro podélné a příčné vlny – ve kterém přenesené signály úplně zmizí. Odpovídající rychlosti mohou být změřeny z mrtvých úhlů  $\alpha_L$  pro podélné vlny a  $\alpha_T$  pro příčné vlny:

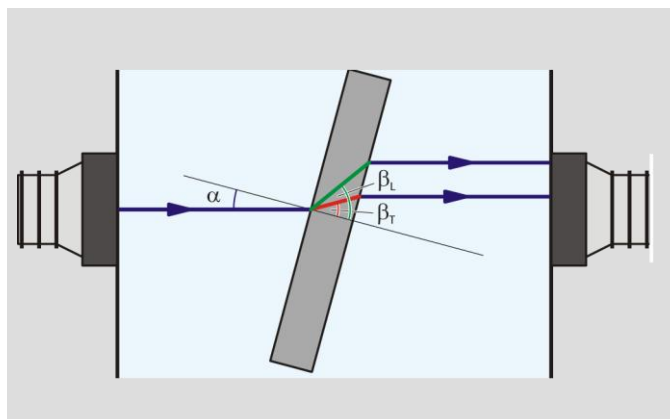
$$(5) c_L = \frac{c}{\sin \alpha_L} \text{ a } c_T = \frac{c}{\sin \alpha_T}$$



Obrázek 1:  $s$ - $t$  graf ultrazvukového signálu v polyakrylátu.



Obrázek 2: Ultrazvukový signál po proniknutí přes nádobu s vodou (modrá: bez planparalelní desky, zelená: s planparalelní deskou).



Obrázek 3: Pokusné nastavení pro určení rychlosti zvuku pro podélné a příčné vlny z mrtvých úhlů totálního odrazu.

## VYHODNOCENÍ

a) Hodnoty z první série měření času šíření nejsou na rovné výsledné čáře grafu  $s-t$ . To proto, že čas šíření, vyžadovaný signály, aby prošly skrze upravenou a ochrannou vrstvu ultrazvukového snímače, je také měřen systematicky.

b) Z rovnic 1 – 3 dostáváme charakteristickou rovnici pro Poissonovu konstantu  $\mu$ :

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



**HELAGO-CZ, s.r.o.**

Kladská 1082

500 03 Hradec Králové

Tel.: 495 220 229

Fax: 495 220 154

E-mail: [info@helago-cz.cz](mailto:info@helago-cz.cz)

<http://www.helago-cz.cz>

