

Velocità del suono nell'aria

MISURAZIONE DEI TEMPI DI PROPAGAZIONE DEGLI IMPULSI SONORI IN UN TUBO DI KUNDT.

- Misurazione del tempo di propagazione t di un impulso sonoro nell'aria a temperatura ambiente in funzione della distanza s tra due sonde microfono.
- Conferma della relazione lineare tra s e t .
- Misurazione del tempo di propagazione t di un impulso sonoro nell'aria in funzione della temperatura T ad una distanza fissa tra due sonde microfono.
- Determinazione della velocità del suono (velocità di gruppo) in funzione della temperatura.
- Confronto con il risultato della deduzione di Laplace.

UE1070310

06/16 UD

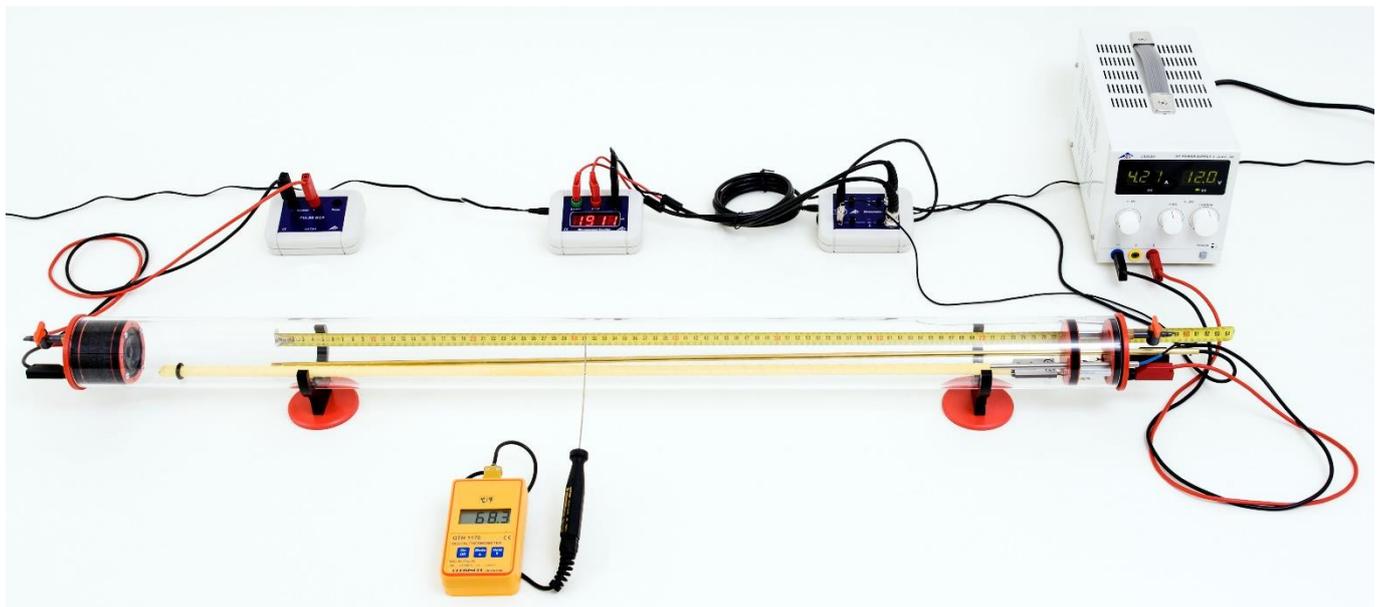


Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

BASI GENERALI

Le onde sonore sono onde elastiche in un mezzo deformabile. La loro velocità dipende dalle caratteristiche di elasticità del mezzo. In gas semplici si diffondono esclusivamente come onde longitudinali e la velocità di gruppo coincide con la velocità di fase.

Seguendo una deduzione storicamente attribuita a Laplace, le onde sonore nei gas vengono considerate come variazioni di

pressione e/o di densità adiabatiche. Per la velocità del suono si ottiene

$$(1) \quad c = \sqrt{\frac{C_P}{C_V} \cdot \frac{p}{\rho}}$$

p : Pressione, ρ : Densità,
 C_P , C_V : Capacità termiche del gas

Per un gas ideale a temperatura assoluta T risulta

$$(2) \quad \frac{p}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$$

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Mol} \cdot \text{K}} : \text{costante universale dei gas,}$$

M : massa molare

Pertanto, la velocità del suono è data da

$$(3) \quad c = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{R \cdot T}{M}}$$

Per differenze di temperatura non troppo grandi ΔT rispetto ad una temperatura di riferimento T_0 , la velocità del suono dipende linearmente dalla variazione di temperatura ΔT :

$$(4) \quad c = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{R \cdot T_0}{M}} \cdot \left(1 + \frac{\Delta T}{2 \cdot T_0}\right)$$

Per l'aria secca considerata come gas ideale si trova in letteratura il seguente dato sulla velocità del suono:

$$(5) \quad c(T) = \left(331,3 + 0,6 \cdot \frac{\Delta T}{\text{K}}\right) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T_0 = 273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$$

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Tubo di Kundt E	1017339 (U8498308)
1	Scatola impulsi K	1017341 (U8498281)
1	Sonda microfono, lunga	1017342 (U8498282)
1	Sonda microfono, corta	4008308 (U8498307)
1	Scatola microfono @230V	1014520 (U8498283-230)
0		
1	Scatola microfono @115V	1014521 (U8498283-115)
1	Contatore di microsecondi @230V	1017333 (U8498285-230)
0		
1	Contatore di microsecondi @115V	1017334 (U8498285-115)
1	Barra calda K	1017340 (U8498280)
2	Cavi ad af, connettore BNC/4 mm	1002748 (U11257)
1	Alimentatore CC 0-20 V, 0-5 A @230V	1003312 (U33020-230)
0		
1	Alimentatore CC 0-20 V, 0-5 A @115V	1003311 (U33020-115)
1	Termometro tascabile digitale rapido	1002803 (U11853)
1	Sensore a immersione NiCr-Ni Tipo K, -65 – 550°C	1002804 (U11854)
1	Coppia di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm	1002849 (U13812)

Ulteriormente consigliato:

Altri gas tecnici

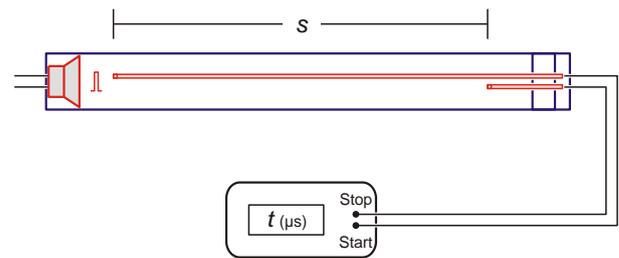


Fig. 2: Rappresentazione schematica della struttura sperimentale.

MONTAGGIO

- Posizionare il tubo sonoro utilizzando le basi. (fig. 1).
- Inserire nel tubo sonoro il tappo terminale con jack di raccordo per altoparlante.
- Inserire la barra calda K nel tappo terminale con apposite prese e montare nel tubo sonoro.

Nota:

Se necessario, applicare glicerina o sapone su-gli anelli di tenuta per facilitare l'inserimento.

- Infilare fino a battuta le sonde microfono nei fori del tappo terminale e della rondella di guida.
- Fissare la scala mobile nel supporto delle basi.
- Collegare la scatola impulsi alla coppia di jack per l'alimentazione dell'altoparlante. Non superare la potenza massima consentita per l'altoparlante ($U_{\text{eff}} = 6 \text{ V max.}$). Impostare le due uscite su Trigger, impostare l'amplificazione per i due canali al centro.
- Collegare l'alimentatore CC ai jack di collegamento per la barra calda.
- Collegare la sonda microfono lunga all'ingresso canale A della scatola microfono e la sonda microfono corta all'ingresso canale B.
- Collegare l'uscita canale A mediante cavo adattatore BNC / 4 mm all'ingresso Start del contatore di microsecondi (connettore 4 mm rosso nel jack verde, connettore 4 mm nero nella presa di terra nera).
- Collegare l'uscita canale B all'ingresso Stop del contatore. (connettore rosso nel jack rosso, connettore nero lateralmente nel primo connettore nero).
- Collegare gli alimentatori a spina al contatore di microsecondi e alla scatola microfono e collegare alla rete.

Nota:

In caso di esperimenti con gas tecnici, riem-pire i tubi sonori attraverso gli appositi attac-chi. Durante l'operazione, regolare l'allineamento dei rubinetti in base alla den-sità del gas.

ESECUZIONE

Tempo di propagazione del suono nell'aria a temperatura ambiente

- Con l'ausilio di una scala mobile, regolare una distanza di 750 mm tra sonda microfono lunga e corta. La distanza corrisponde esattamente al tratto percorso dal suono. Registrare il valore nella Tab. 1.
- Generare un impulso sonoro utilizzando la scatola impulsi e rilevare con il contatore di microsecondi il tempo di propagazione del suono dalla sonda microfono lunga a quella corta. Il tempo corrisponde esattamente alla durata dal suono. Registrare il valore nella Tab. 1.

Nota:

L'impulso sonoro risulta dal movimento brusco di una membrana dell'altoparlante comandata da un impulso di tensione con fianco inclinato. La misurazione ad alta risoluzione del tempo di propagazione con il contatore di microsecondi inizia quando l'impulso sonoro raggiunge la prima sonda microfono e si arresta quando si raggiunge la seconda sonda microfono nella distanza s .

- Estraendo successivamente la sonda microfono lunga impostare altre distanze, ripetere la misurazione e registrare rispettivamente i valori del tratto percorso e della durata nella Tab. 1.

Tempo di propagazione del suono nell'aria in funzione della temperatura

- Impostare tra la sonda microfono lunga e quella corta una distanza fissa $s = 600$ mm.
- Collegare il sensore a immersione al termometro tascabile, inserire nel tubo sonoro attraverso il foro e sistemare al centro del tubo stesso.
- Con l'ausilio della barra calda collegata all'alimentatore DC, riscaldare l'aria all'interno del tubo sonoro a 50 °C.
- Durante il raffreddamento, misurare il tempo di propagazione del suono fino a temperatura ambiente ad es. a passi da 5 °C come descritto sopra. Registrare i valori di temperatura e tempo di propagazione del suono nella Tab. 2.

Nota:

La temperatura non deve superare i 50°C.

Durante il raffreddamento, la distribuzione della temperatura è sufficientemente omogenea. Pertanto è sufficiente misurare la temperatura in un punto del tubo di Kundt.

Tramite un nipplo per tubi è possibile introdurre anche altri gas tecnici come aria nel tubo di Kundt.

ESEMPIO DI MISURAZIONE E ANALISI

Tab. 1:Tratto percorso s e tempo di propagazione del suono t nell'aria a temperatura ambiente

s / mm	$t / \mu\text{s}$
750	2150
600	1720
450	1295
300	858
150	431

Tab. 2:Tempo di propagazione del suono t e velocità del suono c nell'aria in funzione della temperatura T . Tratto percorso $s = 600$ mm.

$T / ^\circ\text{C}$	$t / \mu\text{s}$	$c / \text{m/s}$
50,0	1668	359,7
45,0	1681	356,9
40,0	1694	354,2
35,0	1707	351,5
30,0	1720	348,8
26,1	1731	346,6
22,4	1742	344,4

Tempo di propagazione del suono nell'aria a temperatura ambiente

- Riportare in un diagramma i tempi misurati t rispetto alle distanze impostate s (Fig. 3).
- Tracciare una retta $t = a \cdot s$ sui punti di misurazione.

Le velocità del suono è pari al reciproco dell'incremento lineare a :

$$(6) \quad c = \frac{1}{a} = \frac{1}{2,868} \frac{\text{mm}}{\mu\text{s}} = 348,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Il valore coincide con il valore di letteratura $c = 346,4 \text{ m/s}$ a $T = 25^\circ\text{C}$.

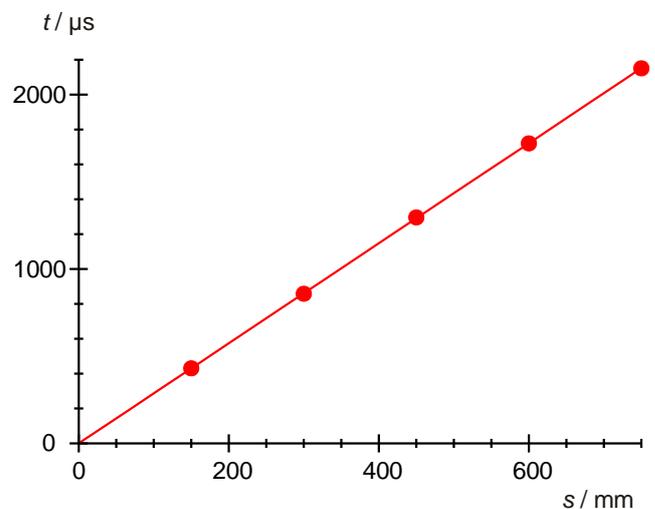


Fig. 3: Tempo di propagazione del suono t nell'aria in funzione del tratto percorso s a temperatura ambiente.

Tempo di propagazione del suono nell'aria in funzione della temperatura

- Calcolare la velocità del suono per ciascuna temperatura dal quoziente

$$(7) \quad c = \frac{s}{t}$$

tra tratto percorso s e durata t (Tab. 2) e registrare i valori nella Tab. 2.

- Rappresentare in un diagramma le velocità del suono c rispetto alle temperature T (Fig. 4).
- Calcolare la dipendenza dalla temperatura della velocità del suono con i parametri

$$(8) \quad M = 28,97 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} \quad \text{e} \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

in base all'equazione (3) e in base all'equazione (5), rappresentando poi i valori nel diagramma $c(T)$ (Fig. 4).

I punti di misurazione sono ben definiti dall'equazione (3) con i parametri (8). La descrizione approssimativa in base all'equazione (5) mostra invece uno scostamento.

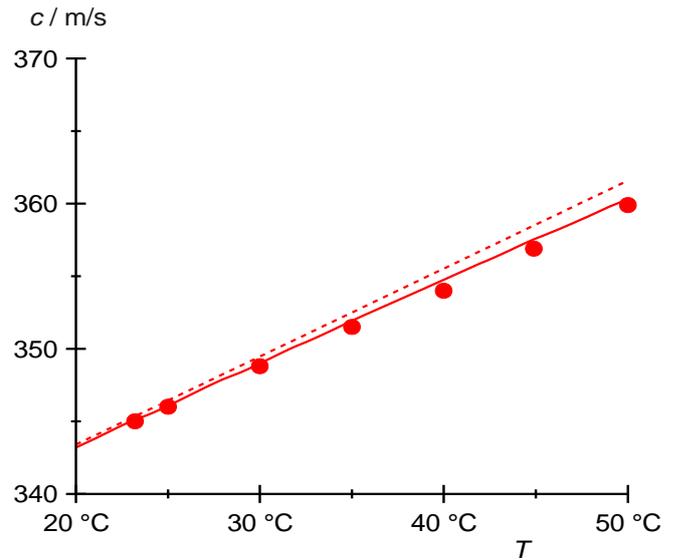


Fig. 4: Velocità del suono c nell'aria in funzione della temperatura T .

Linea tracciata: secondo equazione 3,
Linea tratteggiata: secondo equazione 5.