

Onde Stazionarie

Obiettivo

L'obiettivo di questo esperimento è analizzare l'impulso sonoro che si genera battendo, per esempio con un dito, un tubo di cartone. Cosa accade? quali sono le sue caratteristiche?

Contenuti

Apparato Sperimentale
Acquisizione Dati (TI83)
Analisi Dati (TI83)
Analisi Dati Completa (TI83)
Analisi Dati (Excel)
Analisi Dati Completa (Excel)
Finestre di aiuto

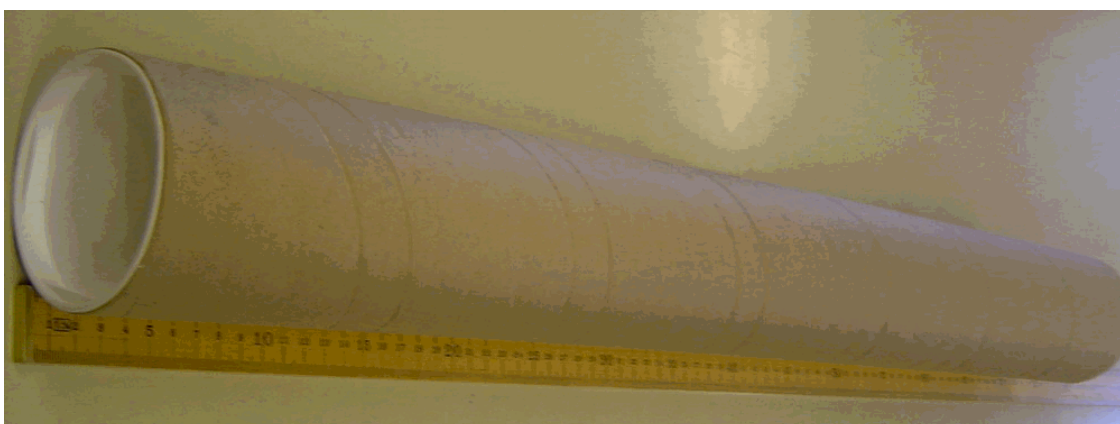
Apparato Sperimentale

Con questo esperimento vogliamo studiare le caratteristiche del suono che si genera quando si batte con un dito sul tappo di un tubo di cartone. Il suono viene registrato con un microfono collegato ad un CBL o a un LabPro. I dati sperimentali vengono raccolti con una calcolatrice grafica e possono essere analizzati sia con la calcolatrice che con un computer.

Materiali e strumenti

Un tubo di cartone, aperto da una parte e chiuso dall'altra con un tappo di plastica, un microfono Vernier Microphone, CBL o LabPro e TI-83.

Se hai un'altro sistema di acquisizione puoi riadattare facilmente l'esperimento, nel seguito trovi i parametri per l'acquisizione.



Procedura

Prima di iniziare l'esperimento assicurati di avere sulla tua calcolatrice Ti-83 il programma MIC. Se non lo hai puoi scaricarlo dal sito.

- Connetti il microfono al CBL (CH1) e il CBL alla calcolatrice.
- Sistema il microfono all'estremità aperta del tubo.
- Avvia il programma MIC. Dai un colpo al coperchio del tubo con dito indice. Il programma ha un trigger che fa partire la misura automaticamente.

Quando l'acquisizione dati è finita sullo schermo della calcolatrice comparirà un grafico. L'asse verticale riporta un segnale in volt proporzionale all'intensità sonora. L'asse verticale il tempo, in secondi. I dati relativi all'intensità sonora sono nella lista L2 ed i tempi nella lista L1.

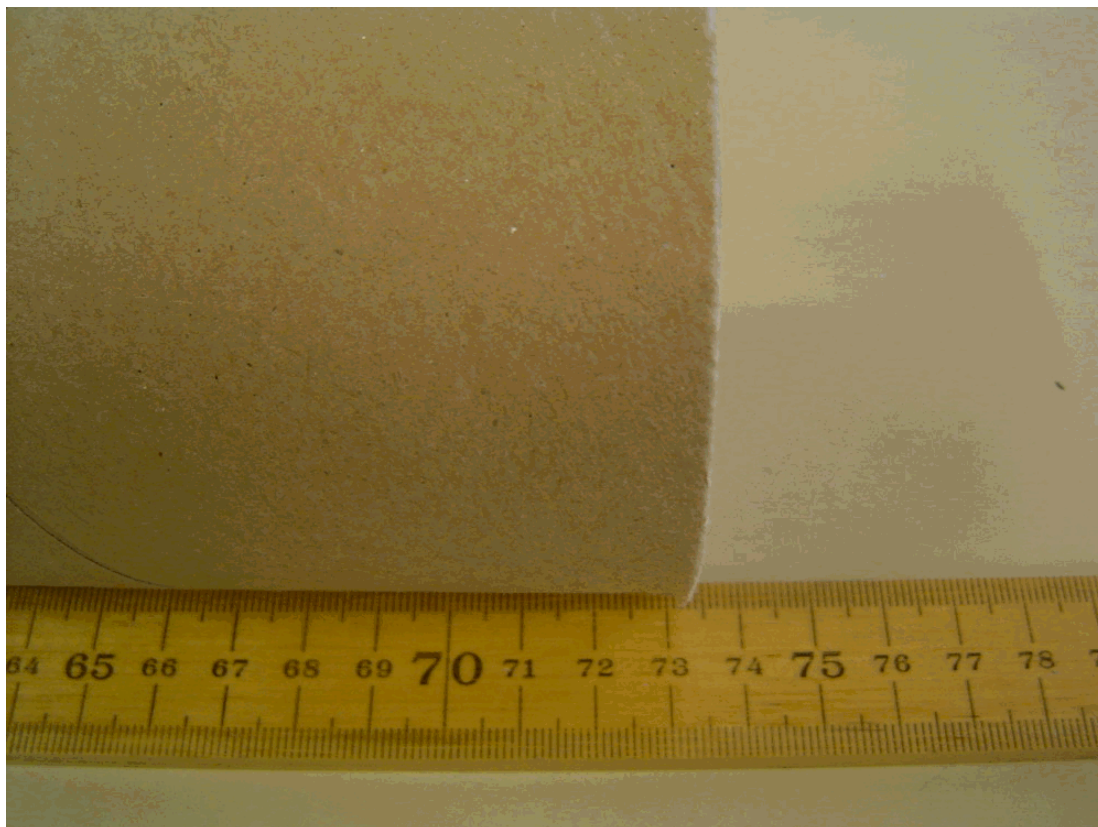
Il numero di campionamenti è 120. L'intervallo tra un'acquisizione e l'altra è di 0,0006 secondi. Per questa misura è necessario impostare un triggering.

Se non puoi fare l'esperimento puoi usare i nostri dati ed anche vedere un breve filmato che mostra l'esperimento.

Analisi Dati TI83

Se hai delle difficoltà nell'uso della calcolatrice sono disponibili alcune finestre di aiuto. Se stai analizzando dati sperimentali acquisiti da te puoi saltare alla sezione seguente. Se invece non puoi fare l'esperimento e vuoi usare i nostri dati sperimentali scaricali sulla tua calcolatrice [TUBE](#). Gli istanti di tempo, in secondi, si trovano nella lista L1 e l'intensità sonora, in unità arbitrarie, nella lista L2.

Se vuoi verificare la teoria delle onde stazionarie devi conoscere la lunghezza del tubo. Per il nostro tubo puoi ricavarla dalla figura.



Analizza il grafico. E' come te lo aspettavi? Cerca di spiegarlo. Se hai bisogno di un suggerimento puoi trovarlo in fondo a questo documento!

Individua i punti di massimo ed usali per calcolare il periodo dell'oscillazione fondamentale della colonna d'aria contenuta nel tubo.

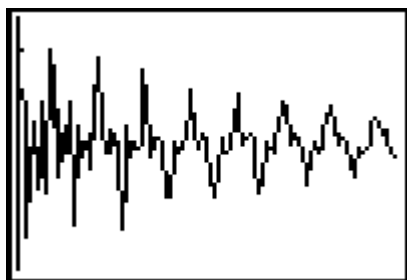
Calcola la lunghezza d'onda dell'oscillazione fondamentale della colonna d'aria ed usa questi dati per calcolare la velocità del suono nell'aria.

Il valore che hai trovato è in accordo con valore riportato in letteratura?

Quando hai finito il tuo lavoro, **ma non prima**, puoi confrontare le tue conclusioni con le nostre ([vedi analisi completa](#)).

Analisi Completa con la TI83

Quando l'acquisizione dati è conclusa potrai visualizzare sulla calcolatrice un grafico simile a questo (esattamente questo se usi i nostri dati).

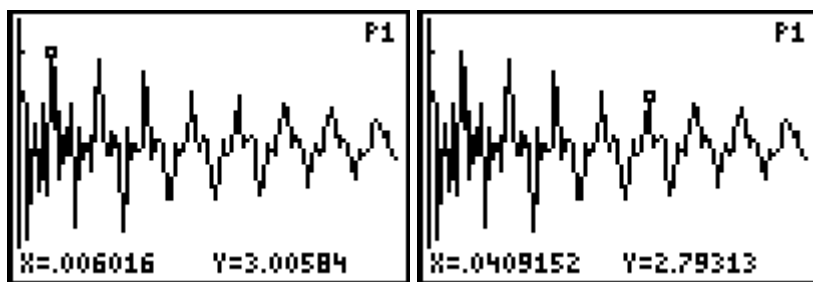


Quando il dito indice batte sul coperchio un'onda di pressione parte da una estremità del tubo e viaggia verso l'altra estremità del tubo dove viene in parte riflessa. Il suono torna indietro verso il punto in cui è stato generato. La sovrapposizione tra l'onda incidente e l'onda riflessa genera un'onda stazionaria all'interno del tubo. L'ampiezza diminuisce nel tempo a causa della perdita d'energia dovuta al fatto che all'estremità aperta la riflessione non è totale.

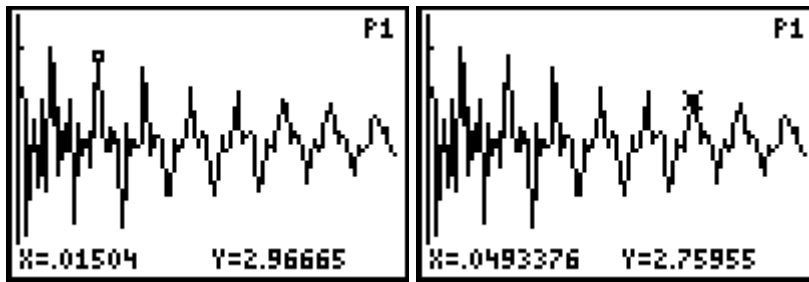
L'onda stazionaria ha un nodo nell'estremità chiusa del tubo ed un ventre in quella aperta. Questa è la prima armonica o armonica fondamentale della colonna d'aria nel tubo ed è l'armonica che ha la maggiore lunghezza d'onda. E' possibile che si formano anche delle altre onde stazionarie con un maggior numero di nodi e con alcune ben determinate frequenze. Tali frequenze dipendono principalmente dalla lunghezza della colonna d'aria, cioè dalla lunghezza del tubo. Si possono osservare le perturbazioni dovute alle altre armoniche che si sovrappongono all'armonica principale e fanno sì che il segnale non sia perfettamente sinusoidale.

Usando i massimi principali delle prima armonica possiamo determinare il periodo dell'oscillazione. Porta il cursore sui punti di massimo ed annota il valore della coordinata x, che corrisponde agli istanti di tempo.

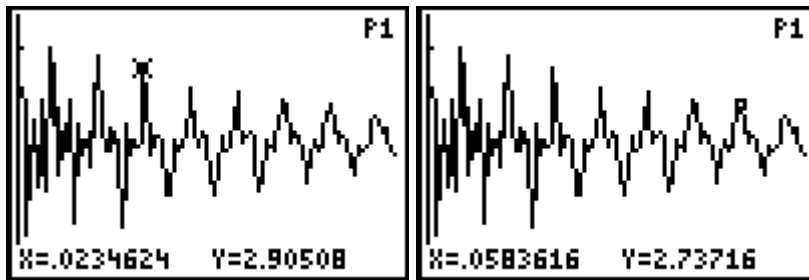
Abbiamo selezionato due punti (0.0060 s e 0.0409 s) che differiscono di 4 periodi.



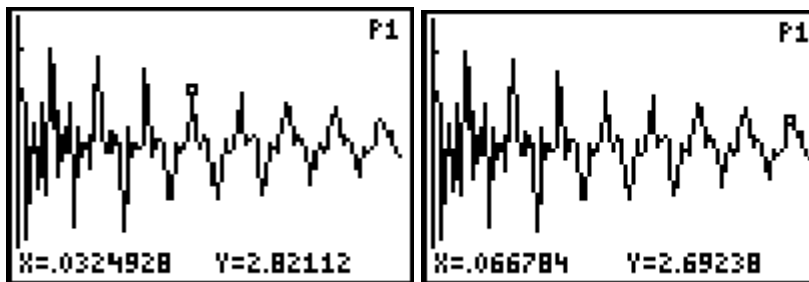
Abbiamo ripetuto con altri due punti (0.0150 s e 0.0493 s)



quindi altri due con valori del tempo pari a 0.0235 s e 0.0584 s



ed infine altri due (0.325 s e 0.0668 s).



Con questi valori otteniamo per quattro periodi i valori 0.0349 s, 0.0343 s, 0.0349 s e 0.0343 s rispettivamente. Il valor medio è 0.0346 s. >Da questo calcoliamo il periodo $T = 0.0346/4 \text{ s} = 0.00865 \text{ s}$.

La frequenza per la prima armonica è quindi $f = 1/T = 116 \text{ Hz}$.

Dalla foto si vede che la lunghezza della colonna d'aria è 0.732 m.

La lunghezza d'onda può essere calcolata moltiplicando per quattro quest'ultimo valore. $\lambda = 4 \cdot 0.732 \text{ m} = 2.93 \text{ m}$.

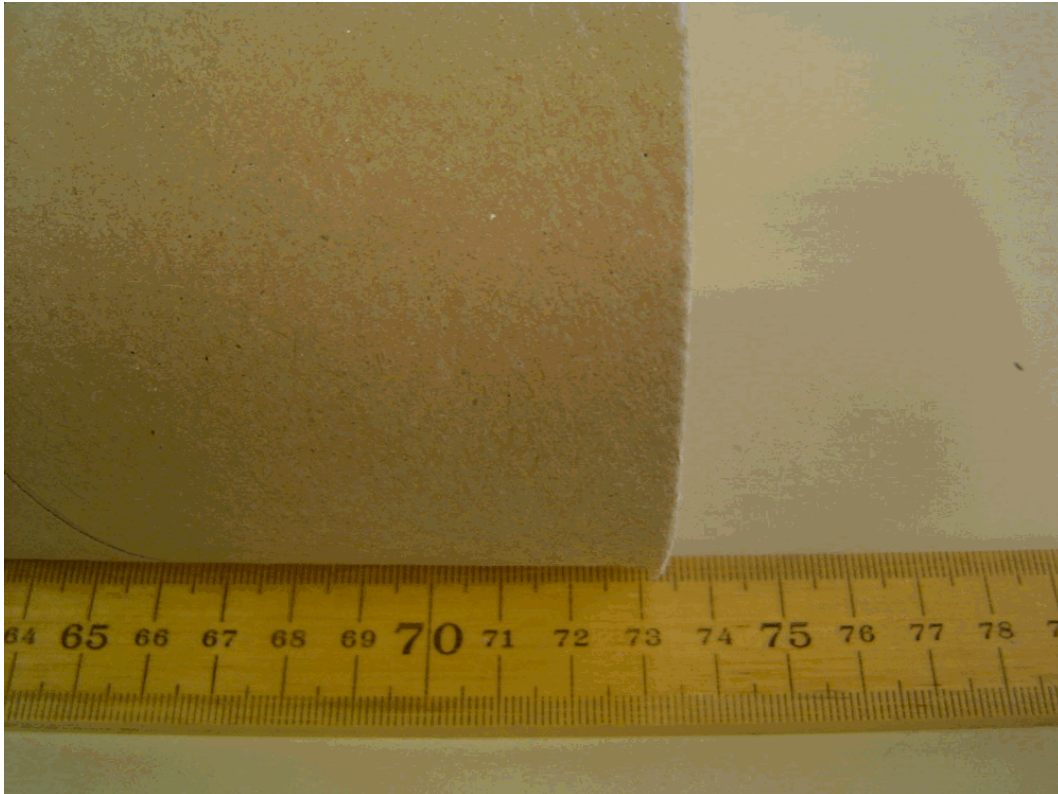
Da questi valori possiamo trovare la velocità dell'onda $v = f \cdot \lambda = 116 \cdot 2.93 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$

Questo valore è in ottimo accordo con il valore tabulato della velocità del suono nell'aria a temperatura ambiente e conferma tutto ciò che abbiamo detto sulle onde stazionarie.

Onde Stazionarie - Analisi con Excel

Apri il documento [standing_wave.xls](#). Gli istanti di tempo sono nella colonna A e la differenza di potenziale, proporzionale all'intensità del suono nella colonna B.

Se vuoi verificare la teoria delle onde stazionarie devi conoscere la lunghezza del tubo. Per il nostro tubo puoi ricavarla dalla figura.



Analizza il grafico. E' come te lo aspettavi? Cerca di spiegarlo. Se hai bisogno di un suggerimento puoi trovarlo più avanti.!

Individua i punti di massimo ed usali per calcolare il periodo dell'oscillazione fondamentale della colonna d'aria contenuta nel tubo.

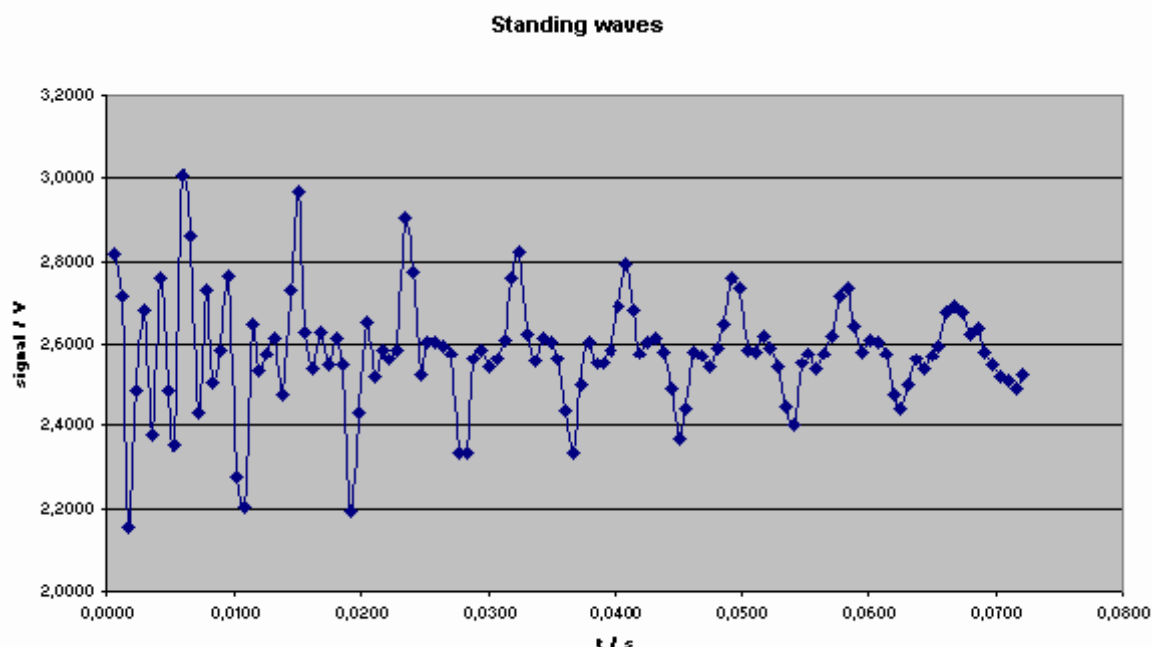
Calcola la lunghezza d'onda dell'oscillazione fondamentale della colonna d'aria ed usa questi dati per calcolare la velocità del suono nell'aria.

Il valore che hai trovato è in accordo con valore riportato in letteratura?

Quando hai finito il tuo lavoro, **ma non prima**, puoi confrontare le tue conclusioni con le nostre ([vedi analisi completa](#)).

Onde stazionarie - Analisi Completa con Excel

Fai un grafico dell'intensità sonora (differenza di potenziale) in funzione del tempo, eventualmente usando l'autocomposizione. Potrai visualizzare un grafico simile a questo (esattamente questo se usi i nostri dati).



Quando il dito indice batte sul coperchio un'onda di pressione parte da una estremità del tubo e viaggia verso l'altra estremità del tubo dove viene in parte riflessa. Il suono torna indietro verso il punto in cui è stato generato. La sovrapposizione tra l'onda incidente e l'onda riflessa genera un'onda stazionaria all'interno del tubo. L'ampiezza diminuisce nel tempo a causa della perdita d'energia dovuta al fatto che all'estremità aperta la riflessione non è totale.

L'onda stazionaria ha un nodo nell'estremità chiusa del tubo ed un ventre in quella aperta. Questa è la prima armonica o armonica fondamentale della colonna d'aria nel tubo ed è l'armonica che ha la maggiore lunghezza d'onda. E' possibile che si formano anche delle altre onde stazionarie con un maggior numero di nodi e con alcune ben determinate frequenze. Tali frequenze dipendono principalmente dalla lunghezza della colonna d'aria, cioè dalla lunghezza del tubo. Si possono osservare le perturbazioni dovute alle altre armoniche che si sovrappongono all'armonica principale e fanno sì che il segnale non sia perfettamente sinusoidale.

Usando i massimi principali della prima armonica possiamo determinare il periodo dell'oscillazione. Porta il cursore sui punti di massimo ed annota il valore della coordinata x, che corrisponde agli istanti di tempo.

Abbiamo selezionato due punti (0.0060 s e 0.0409 s) che differiscono di 4 periodi.

Abbiamo ripetuto con altri due punti (0.0150 s e 0.0493 s) quindi altri due con valori del tempo pari a 0.0235 s e 0.0584 s ed infine altri due (0.325 s e 0.0668 s).

Con questi valori otteniamo per quattro periodi i valori 0.0349 s, 0.0343 s, 0.0349 s e 0.0343 s rispettivamente. Il valor medio è 0.0346 s. >Da questo calcoliamo il periodo

$T = 0.0346/4 \text{ s} = 0.00865 \text{ s}$.

La frequenza per la prima armonica è quindi $f = 1/T = 116 \text{ Hz}$.

Dalla foto si vede che la lunghezza della colonna d'aria è 0.732 m .

La lunghezza d'onda può essere calcolata moltiplicando per quattro quest'ultimo valore. $\lambda = 4 \cdot 0.732 \text{ m} = 2.93 \text{ m}$.

Da questi valori possiamo trovare la velocità dell'onda $v = f \cdot \lambda = 116 \cdot 2.93 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$.

Questo valore è in ottimo accordo con il valore tabulato della velocità del suono nell'aria a temperatura ambiente e conferma tutto ciò che abbiamo detto sulle onde stazionarie.

Onde stazionarie in un tubo

Il suono è un fenomeno che si presenta in seguito alla variazione di pressione in un mezzo, ad esempio l'aria. Le variazioni di pressione si propagano come un'onda partendo dalla sorgente, con una velocità che dipende dal mezzo. Nell'aria, a temperatura ambiente, la velocità del suono è di circa 340 m/s.

Le variazioni di pressione della colonna d'aria all'interno del tubo si propagano sino a raggiungere l'estremità aperta del tubo dove subiscono una riflessione. La sovrapposizione dell'onda incidente e dell'onda riflessa creano un'onda stazionaria. L'onda stazionaria avrà un nodo all'estremità chiusa ed un ventre dall'altro lato della colonna. Questa è la prima armonica (o oscillazione fondamentale) della colonna d'aria del tubo, quella che ha la maggiore lunghezza d'onda. E' possibile provocare altre armoniche con più nodi ma la cosa importante è che solo alcune frequenze sono possibili; queste frequenze dipendono dalla lunghezza della colonna d'aria, cioè dalla lunghezza del tubo.