

Variazioni di Pressione: 'Sonic Boom'



Obiettivo

Con questo esperimento ci si propone di osservare le variazioni di pressione all'interno di una siringa quando il pistone viene tirato fuori rapidamente e studiare le proprietà dell'impulso sonoro così ottenuto.

Contenuti

Apparato Sperimentale e Acquisizione Dati (TI83)
Analisi Dati (TI83)
Analisi Dati completa (TI83)
Analisi Dati (Excel)
Analisi Dati completa (Excel)
Apparato Sperimentale ed Acquisizione Dati

Materiali e Procedura

Sensore di pressione, CBL, TI83/84 ed una siringa (20 ml).

- Prima di iniziare l'esperimento assicurati che sulla tua TI83 siano presenti i programmi [SONBOOM](#) e [CLEAN](#).
Connetti la siringa al sensore di pressione ed il sensore di pressione al canale CH1 del CBL che a sua volta deve essere collegato alla calcolatrice.
- Se usi un'altro sistema di acquisizione puoi facilmente riadattare l'esperimento.
- Prima di iniziare l'esperimento cerca di immaginare quali saranno le caratteristiche del grafico della pressione in funzione del tempo quando estrarrai rapidamente il pistone dalla siringa, generando quel rumore caratteristico (sonic boom).

Avvia il programma sulla calcolatrice. L'acquisizione partirà automaticamente quando la pressione raggiunge un determinato valore (questo si ottiene impostando un trigger). Quando leggi PULL sullo schermo della calcolatrice estrai, più velocemente possibile, il pistone dalla siringa. Verranno acquisiti 999 punti sperimentali alla frequenza di 10.000 punti al secondo. L'acquisizione dura quindi circa 1/10 di secondo. Al termine dell'acquisizione comparirà sulla calcolatrice un grafico pressione-tempo. Sull'asse verticale trovi i valori della pressione, misurati in kPa e sull'asse orizzontale gli istanti di tempo, misurati in secondi. La pressione è registrata nella lista L₂ ed il tempo nella lista L₁.

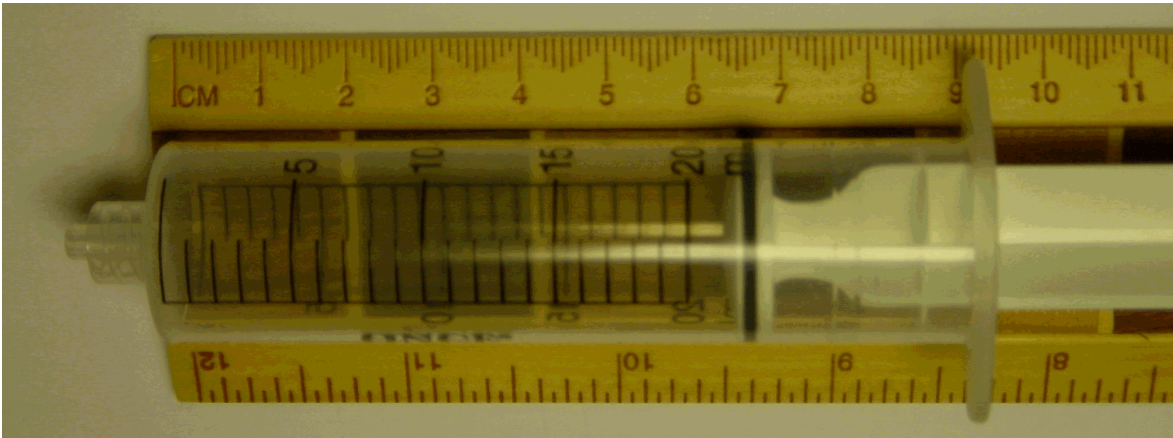
Se non puoi fare l'esperimento puoi utilizzare i nostri dati sperimentali che trovi in formato TI83 ed Excel nella sezione 'Dati Campione'.

Sul sito web o dall CD puoi anche vedere un breve [video](#) dell'esperimento.

Analisi Dati (TI 83)

Se hai difficoltà nell'uso della calcolatrice puoi trovare di seguito alcune finestre di aiuto.

Per la nostra analisi abbiamo bisogno di conoscere la lunghezza della siringa. Un modo per misurarla è mostrato nella foto.

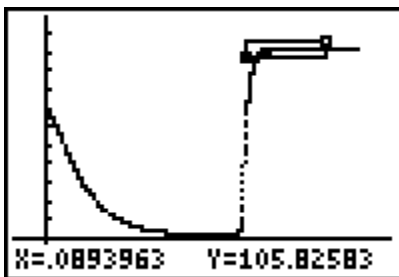


1: Discussione del grafico pressione-tempo

Analizza il grafico. E' come ti aspettavi? Cerca di spiegare il suo andamento..

2: Il suono che viene dal tubo

La parte più interessante del grafico è quando la pressione ritorna al valore normale. Usa la funzione [ZOOMBOX](#) per ingrandire la parte mostrata in figura.



Cerca di spiegare cosa accade in questo intervallo di tempo. Trovi un aiuto [qui](#).

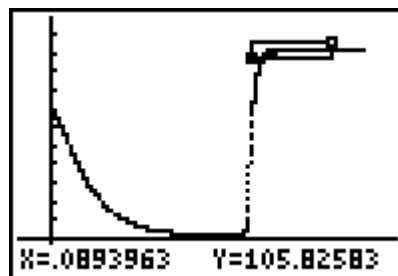
3: Calcolo della velocità del suono

Utilizzando il grafico del punto 2 e conoscendo la lunghezza della siringa, puoi calcolare la velocità del suono.

Quando hai finito il tuo lavoro, **ma non prima**, puoi vedere la nostra [analisi completa](#).

Analisi Dati completa (TI 83)

Quando l'acquisizione dati è terminata avrai un grafico pressione-tempo. Se usi i nostri dati otterrai questo grafico.

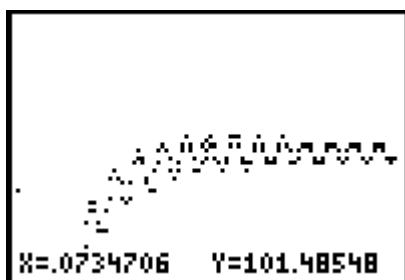


1: Discussione del grafico pressione-tempo

Se riesci a tirare fuori il pistone molto rapidamente puoi considerare approssimativamente costante la velocità del pistone durante l'esperimento. Questo significa che la variazione del volume del gas all'interno della siringa è proporzionale al tempo. Quando il volume aumenta la pressione diminuisce (legge di Boyle) e quindi abbiamo un grafico in cui la pressione è inversamente proporzionale rispetto al tempo.

Nell'ultima parte del grafico possiamo individuare l'istante in cui il pistone viene estratto dalla siringa, l'aria rientra e la pressione ritorna al valore normale.

2: Il suono che viene dal tubo



Se facciamo uno zoom del grafico, possiamo osservare delle oscillazioni.

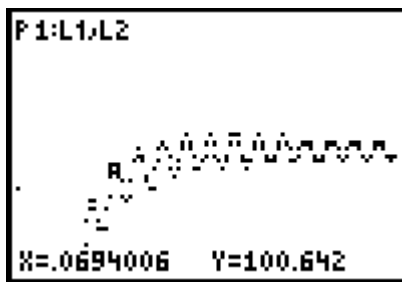
Queste variazioni regolari della pressione generano un suono ed avvengono nel momento in cui il pistone viene estratto dalla siringa.

3: Calcolo della velocità del suono

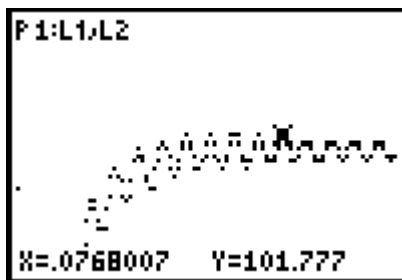
Per capire quale è l'origine delle oscillazioni dobbiamo sapere qualcosa in più sul suono e sulle onde stazionarie.

Il suono si genera quando in un mezzo, per esempio nell'aria, si hanno delle variazioni di pressione. Queste variazioni (onde sonore) si propagano con una certa velocità che dipende dal mezzo. Quando il pistone viene estratto dalla siringa si genera un'onda di pressione che viene riflessa dall'estremità della siringa. La sovrapposizione dell'onda incidente e dell'onda riflessa produce un'onda stazionaria. Quest'onda ha un nodo da una parte ed un ventre dall'altra parte della colonna. Questa è la prima armonica (detta anche fondamentale) della colonna d'aria nella siringa, cioè quella che ha la massima lunghezza d'onda. E' possibile avere anche altre armoniche, ma la caratteristica essenziale è che solo alcune frequenze sono possibili. Queste frequenze dipendono dalla dimensione della colonna d'aria, cioè dalla lunghezza della siringa.

Con queste informazioni possiamo calcolare la velocità del suono.



Usa la funzione TRACE per determinare la frequenza delle oscillazioni, rilevando i valori della coordinata x (tempo) come mostrato nelle schermate che abbiamo riportato.



Per avere una maggior precisione abbiamo scelto due punti che non si trovano su periodi adiacenti, ma dopo sette oscillazioni complete. L'ampiezza dell'intervallo di tempo è di $0.0768 \text{ s} - 0.0694 \text{ s} = 0.0074 \text{ s}$.

Il periodo è quindi $T = 0.0074 \text{ s} / 7 = 0.00106 \text{ s} = 1.06 \text{ ms}$.

La frequenza $f = 1/T = 1/0.00106 \text{ Hz} = 943 \text{ Hz}$.

La lunghezza d'onda può essere ricavata dalla lunghezza della colonna d'aria. L'onda stazionaria ha un nodo ed un ventre alle due estremità della colonna. Quindi la lunghezza della siringa è pari ad $1/4$ della lunghezza d'onda, o in altre parole, la lunghezza d'onda è 4 volte la lunghezza della siringa.

Dalla foto si vede che la nostra siringa misura 9.1 cm .

Quindi la lunghezza d'onda è : $\lambda = 4 \cdot 9.1 \text{ cm} = 36.4 \text{ cm}$.

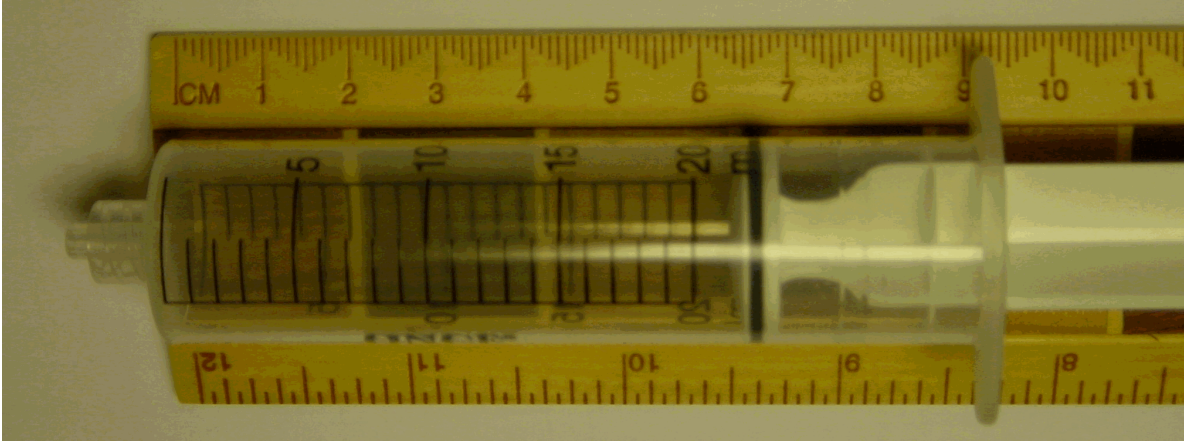
Usando la relazione $v = \lambda \cdot f$ possiamo calcolare la velocità del suono nell'aria.

$$v = 0.364 \cdot 943 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$$

Questo valore è in buon accordo con il valore riportato in letteratura. Ciò è anche una conferma della nostra spiegazione del 'sonic boom' come risultato delle oscillazioni della colonna d'aria nella siringa.

Analisi Dati (con MS Excel)

L'analisi con MS Excel non differisce da quella proposta per la calcolatrice. Per la nostra analisi abbiamo bisogno di conoscere la lunghezza della siringa. Un modo per misurarla è mostrato nella foto.

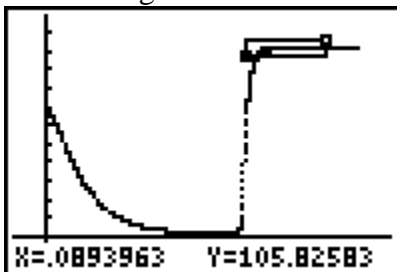


1: Discussione del grafico pressione-tempo

Analizza il grafico. E' come ti aspettavi? Cerca di spiegare il suo andamento..

2: Il suono che viene dal tubo

La parte più interessante del grafico è quando la pressione ritorna al valore normale. La figura mostra un grafico ottenuto con la calcolatrice TI83.



Cerca di spiegare cosa accade in questo intervallo di tempo. Trovi un aiuto [qui](#).

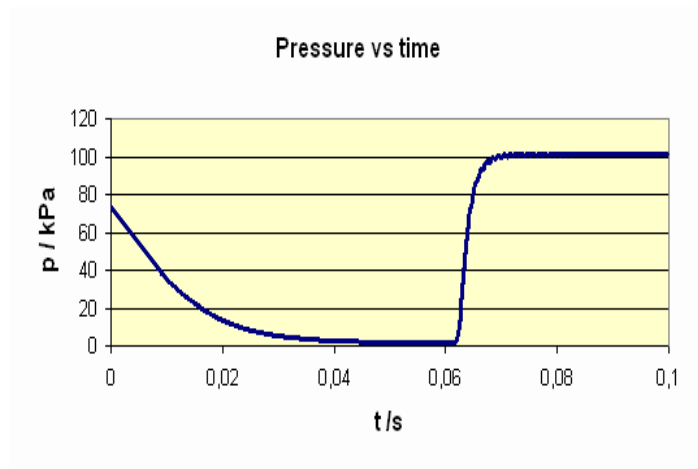
3: Calcolo della velocità del suono

Utilizzando il grafico del punto 2 e conoscendo la lunghezza della siringa, puoi calcolare la velocità del suono.

Quando hai finito il tuo lavoro, ma non prima, puoi vedere la nostra [analisi completa](#).

Analisi Completa con Excel

Quando l'acquisizione dati è terminata avrai un grafico pressione-tempo. Se usi i nostri dati otterrai questo grafico.



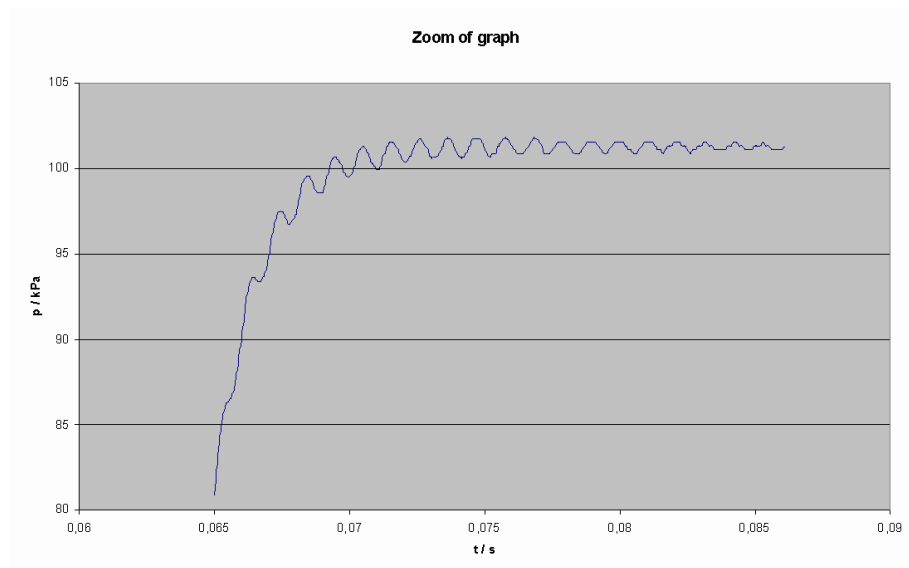
1: Discussione del grafico pressione-tempo

Se riesci a tirare fuori il pistone molto rapidamente puoi considerare approssimativamente costante la velocità del pistone durante l'esperimento. Questo significa che la variazione del volume del gas all'interno della siringa è proporzionale al tempo. Quando il volume aumenta la pressione diminuisce (legge di Boyle) e quindi abbiamo un grafico in cui la pressione è inversamente proporzionale rispetto al tempo.

Nell'ultima parte del grafico possiamo individuare l'istante in cui il pistone viene estratto dalla siringa, l'aria rientra e la pressione ritorna al valore normale.

2: Il suono che viene dal tubo

Se facciamo uno zoom del grafico, possiamo osservare delle oscillazioni.



Queste variazioni regolari della pressione generano un suono ed avvengono nel momento in cui il pistone viene estratto dalla siringa.

3: Calcolo della velocità del suono

Per capire quale è l'origine delle oscillazioni dobbiamo sapere qualcosa in più sul suono e sulle onde stazionarie.

Il suono si genera quando in un mezzo, per esempio nell'aria, si hanno delle variazioni di pressione. Queste variazioni (onde sonore) si propagano con una certa velocità che dipende dal mezzo. Quando il pistone viene estratto dalla siringa si genera un'onda di pressione che viene riflessa dall'estremità della siringa. La sovrapposizione dell'onda incidente e dell'onda riflessa produce un'onda stazionaria. Quest'onda ha un nodo da una parte ed un ventre dall'altra parte della colonna. Questa è la prima armonica (detta anche fondamentale) della colonna d'aria nella siringa, cioè quella che ha la massima lunghezza d'onda. E' possibile avere anche altre armoniche, ma la caratteristica essenziale è che solo alcune frequenze sono possibili. Queste frequenze dipendono dalla dimensione della colonna d'aria, cioè dalla lunghezza della siringa.

Con queste informazioni possiamo calcolare la velocità del suono, rilevando i valori della coordinata x , per esempio, in corrispondenza di due massimi.

Per avere una maggior precisione abbiamo scelto due punti che non si trovano su periodi adiacenti, ma dopo sette oscillazioni complete. L'ampiezza dell'intervallo di tempo è di $0.0768\text{ s} - 0.0694\text{ s} = 0.0074\text{ s}$.

Il periodo è quindi $T = 0.0074\text{ s} / 7 = 0.00106\text{ s} = 1.06\text{ ms}$.

La frequenza $f = 1/T = 1/0.00106\text{ Hz} = 943\text{ Hz}$.

La lunghezza d'onda può essere ricavata dalla lunghezza della colonna d'aria. L'onda stazionaria ha un nodo ed un ventre alle due estremità della colonna. Quindi la lunghezza della siringa è pari ad $1/4$ della lunghezza d'onda, o in altre parole, la lunghezza d'onda è 4 volte la lunghezza della siringa.

Dalla foto si vede che la nostra siringa misura 9.1 cm .

Quindi la lunghezza d'onda è : $\lambda = 4 \cdot 9.1\text{ cm} = 36.4\text{ cm}$.

Usando la relazione $v = \lambda \cdot f$ possiamo calcolare la velocità del suono nell'aria.

$$v = 0.364 \cdot 943\text{ m/s} = 340\text{ m/s}$$

Questo valore è in buon accordo con il valore riportato in letteratura. Ciò è anche una conferma della nostra spiegazione del 'sonic boom' come risultato delle oscillazioni della colonna d'aria nella siringa.