Misure di conduttanza

Relazione del gruppo 6 del martedì - Luca Giacomelli, Donato Romito e Francesca Sartori

Scopi dell'esperienza

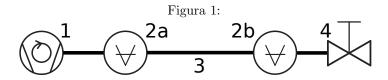
Misurare la conduttanza di alcuni tubi utilizzando la valvola a spillo tarata nella precente esperienza e confrontare i risultati con i valori teorici.

Materiale a disposizione

- Pompa rotativa
- Due vacuometri Pirani tarati
- Valvola a spillo con vite micrometrica tarata nella precedente esperienza
- Tre tubi di lunghezza e diametro variabili
- Giunture, raccordi e adattatori per i tubi
- Voltmetro

Procedura di misura

Prima di procedere con il montaggio dell'apparato e con le misure abbiamo collegato i due Pirani a un raccordo a T e, azionando la pompa, ci siamo assicurati che il voltmetro collegato ad essi restituisse valori uguali per entrambi gli strumenti. Ci siamo così assicurati che le differenze di pressione che avremmo misurato sarebbero state affidabili. Abbiamo poi proceduto a montare l'impianto consistente in una pompa rotativa a cui è stato collegato un vacuometro Pirani seguito dal tubo di cui interessa la conduttanza seguito a sua volta da un altro Pirani e dalla valvola a spillo. Riportiamo in Figura 1 lo schema di tale impianto.



Legenda: (1)Pompa rotativa; (2)Vacuometri Pirani; (3)Tubo di cui misurare la conduttanza; (4)Valvola a spillo

Dopo aver montato il tutto usando il primo dei tre tubi da studiare abbiamo chiuso la valvola a spillo e abbiamo acceso la pompa rotativa monitorando con un apposito software collegato al voltmetro l'andamento della pressione. Quando la pressione si è stabilizzata abbiamo proceduto con le misure aprendo di un giro di vite micrometrica la valvola a spillo. Abbiamo poi aspettato che il flusso si stabilizzasse passando da un probabile regime turbolento iniziale a un regime il più possibile laminare; questo controllo è stato fatto monitorando i valori restituiti dai due Pirani fino a che non abbiamo riscontrato un andamento della pressione abbastanza regolare (sintomo della mancanza di turbolenze). Abbiamo quindi annotato i valori di voltaggio relativi ai due Pirani e abbiamo aperto la valvola di un altro giro. Questa procedura è stata ripetuta fino ad arrivare a 9 giri di apertura e poi ripetuta interamente per ognuno dei tre tubi di nostro interesse.

Analisi dati

Dalle misure di voltaggio così raccolte abbiamo ricavato i corrispondenti valori di pressione tramite un apposito software e abbiamo poi calcolato per ogni tubo e per ogni apertura di valvola la differenza di pressione ai capi del tubo. Essendo noto il flusso relativo ad ogni apertura della valvola abbiamo potuto calcolare per ogni valore di apertura della valvola un valore di conduttanza per il tubo in questione sfruttando la definizione di conduttanza

$$C = \frac{Q}{\Delta P}$$

dove Q è il flusso e ΔP è la differenza di pressione ai capi del tubo.

Una volta calcolati questi valori li abbiamo confrontati con i valori forniti dalla teoria. Le condizioni in cui sono state svolte le misure ci permettono di considerare i gas atmosferici da noi utilizzati in regime viscoso con flusso laminare. Dunque secondo la teoria la conduttanza dipende dalle caratteristiche del tubo, dalla pressione e dalla natura del gas secondo la relazione

$$C_{teo} = \frac{\pi d^4 \bar{P}}{128\eta l}$$

che diventa, una volta inseriti i valori relativi all'aria atmosferica a temperatura ambientale

$$C_{teo} = 1360 \frac{d^4 \bar{P}}{l}$$

dove d è il diametro del tubo, l la sua lunghezza e \bar{P} è la media delle pressioni ai due capi del tubo. La validità di questa relazione è ristretta ai casi di regime di flusso viscoso per cui vale $\bar{P}d \geq 6 \cdot 10^{-2} Pa \cdot m$.

Di seguito riportiamo tre tabelle con i valori di conduttanza misurata e teorica con le relative incertezze per ognuno dei tre tubi da noi presi in considerazione. Riportiamo inoltre il valore del parametro $P \cdot d$ per ogni misurazione.

| Tabella 1: Valori relativi al tubo di lunghezza 8 · 10 | ^{-1}m e diametro $4 \cdot 10^{-3}m$ |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|

| Numero giri | Conduttan | Conduttanza sperimentale (m^3/s) Conduttanza teorica (m^3/s) | | $P \cdot d (Pa \cdot m)$ | |
|-------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| | C | δC | C_{teo} | δC_{teo} | |
| 1 | $7 \cdot 10^{-7}$ | $2 \cdot 10^{-7}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| 2 | $1.2 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^{-7}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| 3 | $1.2 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^{-7}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| 4 | $7.1 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-2}$ |
| 5 | $2.1 \cdot 10^{-5}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $1.8 \cdot 10^{-5}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-1}$ |
| 6 | $9 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $1.1 \cdot 10^{-4}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | 1 |
| 7 | $2.0 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $2.1 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | 2 |
| 8 | $7 \cdot 10^{-4}$ | $3 \cdot 10^{-4}$ | $1.2 \cdot 10^{-3}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | 11 |
| 9 | $1.3 \cdot 10^{-3}$ | $3 \cdot 10^{-4}$ | $2.8 \cdot 10^{-3}$ | $6 \cdot 10^{-4}$ | 26 |

Tabella 2: Valori relativi al tubo di lunghezza $8 \cdot 10^{-1} m$ e diametro $2.5 \cdot 10^{-3} m$

| Numero giri | Conduttan | za sperimentale (m^3/s) | Conduttanza teorica (m^3/s) | | $P \cdot d (Pa \cdot m)$ |
|-------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
| | C | δC | C_{teo} | δC_{teo} | |
| 1 | $2.5 \cdot 10^{-7}$ | $5 \cdot 10^{-8}$ | $2.3 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-7}$ | $8 \cdot 10^{-2}$ |
| 2 | $3.5 \cdot 10^{-7}$ | $7 \cdot 10^{-8}$ | $2.7 \cdot 10^{-6}$ | $6 \cdot 10^{-7}$ | $1 \cdot 10^{-1}$ |
| 3 | $2.8 \cdot 10^{-7}$ | $6 \cdot 10^{-8}$ | $3.1 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-7}$ | $1 \cdot 10^{-1}$ |
| 4 | $2.2 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-7}$ | $3.1 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-7}$ | $1 \cdot 10^{-1}$ |
| 5 | $7 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $8 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^{-1}$ |
| 6 | $3.5 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-6}$ | $4.0 \cdot 10^{-5}$ | $9 \cdot 10^{-6}$ | 1.5 |
| 7 | $7 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | 3 |
| 8 | $2.2 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $4.2 \cdot 10^{-4}$ | $9 \cdot 10^{-5}$ | 15 |
| 9 | $3.7 \cdot 10^{-4}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ | $9 \cdot 10^{-3}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | 33 |

Tabella 3: Valori relativi al tubo di lunghezza 8m e diametro $4 \cdot 10^{-3}m$

| Numero giri | Conduttanza sperimentale (m^3/s) Cond | | Conduttan | za teorica (m^3/s) | $P \cdot d (Pa \cdot m)$ |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | С | δC | C_{teo} | δC_{teo} | |
| 1 | $6 \cdot 10^{-8}$ | $1 \cdot 10^{-8}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-1}$ |
| 3 | $1.0 \cdot 10^{-7}$ | $2 \cdot 10^{-8}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-1}$ |
| 4 | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-7}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-1}$ |
| 5 | $4.2 \cdot 10^{-6}$ | $9 \cdot 10^{-7}$ | $8 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-1}$ |
| 6 | $2.5 \cdot 10^{-5}$ | $5 \cdot 10^{-6}$ | $3.6 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-6}$ | 3 |
| 7 | $5 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | 7 |
| 8 | $1.7 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $3.5 \cdot 10^{-4}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | 32 |
| 9 | $1.9 \cdot 10^{-4}$ | $4\cdot 10^{-5}$ | $1.0 \cdot 10^{-3}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | 91 |

Si può subito notare come i dati sperimentali di conduttanza risultino mediamente compatibili con quelli teorici solo per valori di flusso corrispondenti ad aperture della valvola tra i 4 e i 7 giri. In linea di massima per i valori relativi a flussi più bassi la non compatibilità è dovuta al fatto che nelle condizioni in cui abbiamo svolto le misure non era soddisfatta la condizione $Pd \geq 2 \cdot 10^{-2} Pa \cdot m$ e dunque la relazione da noi usata per il calcolo di C_{teo} non è valida per il regime di flusso che si è presentato. Per i valori di flusso più alto invece la non compatibilità potrebbe essere dovuta alla scarsa affidabilità dei valori di flusso da noi calcolati nella precedente esperienza, oppure al fatto che per tali valori flusso e pressione il flusso non risulta più laminare. C'è comunque da osservare anche che le conduttanze teorica e sperimentale risultano in questi casi dello stesso ordine di grandezza.

Oltre a queste vi sono delle incompatibilità nei valori relativi al secondo e al terzo tubo per i flussi più bassi soddisfacenti la condizione si $P \cdot d$. Esse sono probabilmente dovute a nostri errori in fase di raccolta dati oppure al verificarsi di fenomeni da noi non previsti, come ad esempio degasaggio delle pareti dei tubi o perdite nell'apparato sperimentale.

Confrontando invece i valori di conduttanza relativi a diversi tubi si può notare come siano, seppur a grandi linee, verificate le proporzionalità della relazione che definisce la conduttanza teorica. Infatti le conduttanze sperimentali del secondo tubo sono più basse di quelle del primo tubo; avendo essi la stessa lunghezza è dunque verificato che a diametro minore corrisponde conduttanza minore. Invece confrontando il primo e il terzo tubo si ha che, avendo essi lo stesso diametro, è verificata l'inversa proporzionalità della conduttanza rispetto alla lunghezza della canalizzazione. Infine si osserva anche che, per uno stesso tubo, a pressioni maggiori corrispondono conduttanze maggiori.

Conclusioni

Nonostante le incompatibilità appena sottolineate i risultati dell'esperimento sono abbastanza soddisfacenti in quanto abbiamo ottenuto dei valori di conduttanza in generale quantomeno sensati e, per quanto riguarda le aperture di valvola tra i 4 e i 7 giri, compatibili con la teoria. Inoltre il confronto dei valori ottenuti per i diversi tubi ci è stato utile per capire quali canalizzazioni sià più utile usare in un impianto da vuoto.