

## Laboratorio di Termodinamica: esperienza 6

### Misura della velocità di pompaggio efficace di un pompa da vuoto

#### PREMESSA

La misura della velocità di pompaggio di una pompa da vuoto è effettuata misurando il tempo di evacuazione di un recipiente di volume  $V$ . Infatti, nell'ipotesi che il processo d'evacuazione sia isoterma (ipotesi ragionevole dato che la massa dei gas è in genere piccola rispetto alla massa del recipiente e della pompa e gli scambi termici sono abbastanza rapidi), si può scrivere:

$$pV = \text{costante}$$

Questa equazione, derivata rispetto al tempo, porta alla seguente relazione

$$V (dp/dt) + p (dV/dt) = 0$$

che può essere riscritta nella forma:

$$-(V/p) dp = \tau dt$$

essendo per definizione  $\tau = dV/dt$  la velocità di pompaggio della pompa. Integrando l'equazione differenziale sopra scritta su un intervallo di tempo  $(t - t_0)$ , sufficientemente breve in modo da poter considerare  $\tau$  costante, si ottiene:

$$\int_{p_0}^p \frac{dp'}{p'} = -\frac{1}{V} \int_{t_0}^t \tau dt',$$

ovvero

$$p = p_0 \exp(-t/\tau)$$

Qui abbiamo introdotto la costante di tempo caratteristica

$$\tau = V/\tau$$

che  $\tau$  cresce linearmente con il volume  $V$  da vuotare.

Dedurremo allora  $\tau$  misurando i  $\tau$  relativi ai diversi andamenti di  $p(t)$  ottenuti vuotando contenitori di diverso volume.

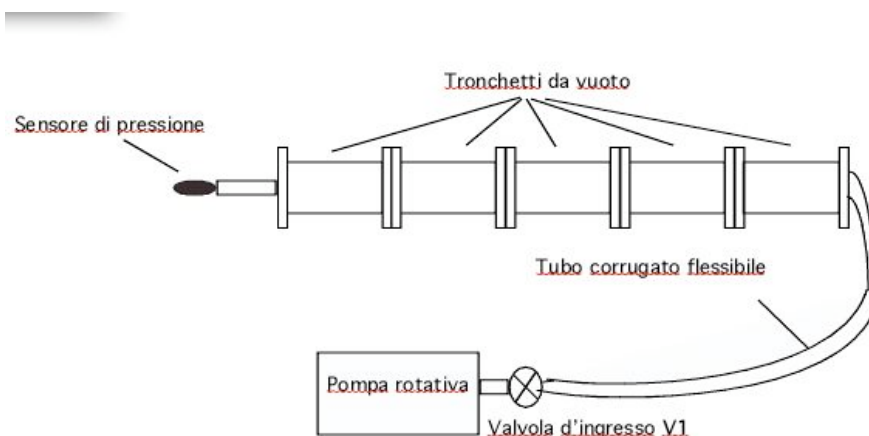
#### DESCRIZIONE DELL'APPARATO SPERIMENTALE.

##### PREPARAZIONE

Abbiamo a disposizione il seguente materiale:

- 1) Misuratore assoluto di pressione della Pfeiffer Vacuum. Si tratta di un sensore di tipo piezoresistivo APR 250 che viene letto tramite una unità di trasmissione dati DPG 101. Il materiale piezo-resistivo ha la proprietà che, se sottoposto a sforzo meccanico, cambia la sua resistività elettrica. Un piccolo volume pressurizzato a bassa pressione è chiuso a tenuta da un diaframma; su di esso è depositato il materiale piezo-resistivo in modo da formare un ponte di Wheatstone di resistenze. Il display digitale dello strumento riporta la misura della pressione assoluta sul sensore in millibar (mbar). Questo strumento è molto sensibile e poco preciso. Quindi, ai fini della misura della pressione assoluta, il display a cinque cifre è ridondante, visto che dovremo associare un errore di misura di  $\pm 1$  mbar. Tale sistema di misura è molto sensibile e poco preciso. Esso è generalmente affetto da un errore di calibrazione della pressione assoluta che a pressione atmosferica può essere valutato attorno a 5 mbar.
- 2) Cronometro digitale.
- 3) Pompa da vuoto Leybold. Si tratta di una pompa rotativa monostadio dotata di *gas ballast*. Durante tutta l'esperienza si eviti accuratamente di toccare il *gas ballast*, perchè questa azione può determinare un cambiamento significativo del valore di  $\tau$ .
- 4) n.1 valvola da vuoto  $V_1$ , tipo NW 16 ad apertura controllata. Essa è posta all'ingresso del volume da vuotare ed è attaccata all'estremità del tubo corrugato da vuoto connesso alla pompa.

- 5) una conduttanza controllata posta in serie al tubo corrugato ed al volume da vuotare
- 6) ciascun banco è dotato di 5 tronchetti cilindrici di acciaio inox, le cui dimensioni possono variare da banco a banco. Soltanto uno dei banchi è dotato di tronchetti di ugual volume: diametro  $D=110.0 \pm 0.3$  mm, lunghezza  $L=250.0 \pm 0.1$  mm. Gli altri banchi hanno tronchetti tutti dello stesso diametro,  $D=100 \pm 0.3$  mm, ma di diversa lunghezza,  $L=250.0 \pm 0.1$  mm oppure  $L=100.0 \pm 0.1$  mm.
- 7) n.4 O-ring montati su anelli di centraggio d' alluminio. Questi O-ring si utilizzano quando si montano insieme più moduli; essi garantiscono la tenuta da vuoto. I relativi anelli di centraggio allontanano di  $\sim 2.0$  mm un tronchetto dal successivo. È opportuno tener conto di questa lunghezza aggiuntiva quando si calcola il volume del recipiente da vuotare.
- 8) n.2 flange di acciaio inox, munite di O-ring ed utilizzate per la chiusura degli estremi del contenitore



## PROCEDIMENTO

1. Montare il primo tronchetto con le due flange di chiusura. Ad una flange è connesso il tubo da vuoto corrugato connesso a sua volta alla pompa. Sull'altra flange è montato il sensore di pressione.
2. Assicurarsi che il sensore sia in funzione e misuri la pressione atmosferica.
3. Aperta la valvola  $V_1$  si fa partire il cronometro. Si misuri l'andamento di  $p$  in funzione del tempo: si suggerisce di prendere un dato ogni 10 s. Nel limite di tempo disponibile si ripeta l'operazione più volte così da avere più di una serie di dati per l'andamento  $p(t)$ .
4. Si elaborino i dati riportandoli in un grafico semilogaritmico: si controlli di aver ottenuto un buon andamento esponenziale. Avendo più andamenti si deduca il  $\tau$  come media della pendenza delle rette ottenute nel grafico semilogaritmico.
5. Si aumenti il volume da pompare accoppiando un secondo modulo al primo. Il volume è quasi raddoppiato. Si misuri di nuovo  $p(t)$  e si ricavi il nuovo valore di  $\tau$ .
6. Si proceda quindi montando progressivamente gli altri tronchetti. Ad ogni nuovo incremento di volume si misuri  $\tau$ .
7. Riportare su un grafico a scala lineare i valori di  $\tau$  in funzione di  $V$ . Applicando il metodo dei minimi quadrati, si calcoli la retta di regressione e si deduca dal coefficiente angolare il valore sperimentale di  $\tau$ .
8. Si noti che la retta di regressione ottenuta interseca l'asse delle  $V$  in punto diverso dall'origine del sistema di riferimento scelto. Il valore di  $V_0$  corrispondente è una misura di quella parte di volume evacuato che non è stata inclusa nella valutazione numerica di  $V$  basata soltanto sulle dimensioni interne dei tronchetti.