

Università degli Studi di Torino  
Corso di Studi in Chimica Industriale  
**Laboratorio di Impianti Chimici**

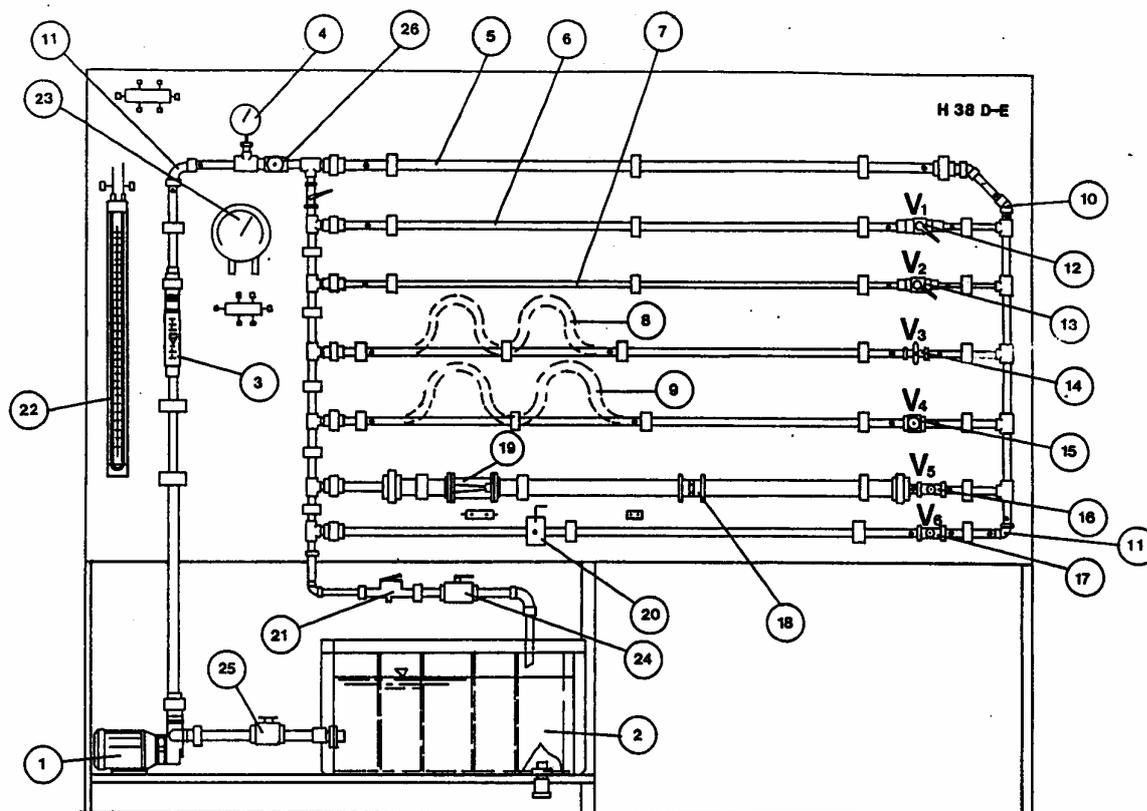
Docente: Guido Sassi

2. Esercitazioni pratiche di Misura di Perdite di Carico

Dispense curate da:

Miriam Petitti

## Esperienza 1: Perdite di Carico



### Legenda:

- 1 Elettropompa
- 2 Vasca in PVC
- 3 Flussimetro  $0.2 \div 3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
- 4 Manometro
- 5 Tubo lineare  $\varnothing_{\text{int}} = 27.2 \text{ mm}$ ,  $L = 1.4 \text{ m}$
- 6 Tubo lineare  $\varnothing_{\text{int}} = 16 \text{ mm}$ ,  $L = 1.4 \text{ m}$
- 7 Tubo lineare  $\varnothing_{\text{int}} = 10 \text{ mm}$ ,  $L = 1.4 \text{ m}$
- 8 Curvatura raggio stretto  $\varnothing_{\text{int}} = 15.2 \text{ mm}$ , raggio curvatura  $r = 40 \text{ mm}$
- 9 Curvatura raggio largo  $\varnothing_{\text{int}} = 15.2 \text{ mm}$ , raggio curvatura  $r = 50 \text{ mm}$
- 10 Gomito  $45^\circ$ ,  $\varnothing_{\text{int}} = 15.2 \text{ mm}$
- 11 Gomito  $90^\circ$ ,  $\varnothing_{\text{int}} = 15.2 \text{ mm}$
- 12 V1 Valvola sfera  $1/2''$  gas
- 13 V2 Valvola sfera  $3/8''$  gas
- 14 V3 Valvola a farfalla
- 15 V4 Valvola a membrana
- 16 V5 Valvola a saracinesca
- 17 V6 Valvola a spillo
- 18 Diaframma calibrato  $D = 50 \text{ mm}$ ,  $d = 14.586 \text{ mm}$ ,  $Q = 2000 \text{ lh}^{-1}$ ,  $\Delta P = 110 \text{ mmHg}$
- 19 Venturimetro  $D = 50 \text{ mm}$ ,  $d = 11.5 \text{ mm}$ ,  $Q = 2000 \text{ lh}^{-1}$ ,  $\Delta P = 110 \text{ mmHg}$
- 20 Tubo di Pitot  $d = 12 \text{ mm}$
- 21 Contatore volumetrico
- 22 Manometro a mercurio  $-40 \div 40 \text{ cmHg}$
- 23 Manometro  $0 \div 400 \text{ mbar}$
- 24 Valvola regolazione portata
- 25 Valvola aspirazione elettropompa
- 26 Valvola regolazione portata.

## Procedura da seguire

Inizialmente la pompa (1) è spenta e tutte le valvole (12, 13, 14, 15, 16, 17) sono chiuse.

- Accertarsi che i tubicini del manometro a U (22) non siano collegati al banco e che il manometro sia aperto all'atmosfera (le manopole dei rubinetti del manometro devono essere in posizione orizzontale).
- Verificare che i due menischi del manometro a mercurio (22) siano allineati in corrispondenza dello zero (azzeramento del manometro).
- Chiudere la comunicazione del manometro (22) con l'atmosfera, facendo assumere alle manopole dei rubinetti la posizione verticale ( i tubicini sono sempre scollegati dal banco).
- Chiudere la valvola (facendole assumere la posizione orizzontale) posizionata sul primo tratto verticale, che mette direttamente in comunicazione l'ingresso con il serbatoio di scarico.
- Prima di azionare la pompa accertarsi che la valvola 26, per la regolazione della portata in ingresso (rotazione oraria = chiusura; rotazione antioraria = apertura) e la valvola 24, per la regolazione della portata al serbatoio di scarico (apertura = manico parallelo al tubo; chiusura = manico perpendicolare al tubo) siano aperte.
- Prima di azionare la pompa aprire la valvola d'intercettazione relativa alla tubazione sulla quale si andrà ad effettuare la prova (facendole assumere la posizione orizzontale/ruotando in senso antiorario), tenendo chiuse le valvole d'intercettazione relative alle altre tubazioni. Se la misura deve essere effettuata sul tubo di diametro maggiore (tubo 5) aprire la valvola V6 (17), tenendo chiuse le altre (12,13,14,15,16).
- Accendere l'elettropompa.
- Regolare la portata in ingresso, portandola al valore desiderato, mediante la valvola di regolazione 26 (rotazione oraria = chiusura; rotazione antioraria = apertura).
- Aspettare che la portata raggiunga un valore di regime e che non siano più presenti bolle d'aria nel tratto di tubazione in esame.
- Effettuare la lettura della portata utilizzando sia il flussimetro (3) sia il contatore volumetrico (21).  
La portata letta sul flussimetro è in  $m^3/h$ .  
Per determinare la portata che passa attraverso il contatore volumetrico cronometrare in quanto tempo passano per esempio 10 litri (rotazione completa della lancetta sull'ultimo cerchio rosso a destra). Il volume di fluido che misura il contatore volumetrico è espresso in litri.
- Collegare i due tubicini del manometro (22) alle prese a monte e a valle del tratto di tubazione, valvola o gomito in esame per la determinazione della perdita di carico.

- Aspettare che si smorzino le oscillazioni ed effettuare la lettura del dislivello tra i due menischi nel manometro a mercurio (22), annotando il valore trovato e la portata alla quale fa riferimento.
- Scollegare i due tubicini del manometro (22) dal tratto di tubazione preso in esame.
- Ripetere la misura, per lo stesso tratto di tubazione, gomito o valvola, per diversi valori di portata, aspettando ogni volta che vengano raggiunte le condizioni di regime e che dal tubo sia stata espulsa tutte le bolle d'aria, effettuando sempre il previo azzeramento del manometro (22), come precedentemente indicato e la chiusura all'atmosfera, prima del suo collegamento al tratto di tubazione da esaminare.
- Effettuare poi le misure per gli altri tratti di tubazione, curve, gomiti e valvole. Per passare allo studio del tratto di tubo successivo bisogna escludere dal passaggio del fluido quello precedentemente studiato (le altre valvole di intercettazione sono già chiuse). Aprire prima la valvola d'intercettazione relativa al tratto di tubazione che si sta per prendere in esame e poi chiudere quella della tubazione che si è appena terminato di considerare e che si deve escludere dal passaggio del fluido.
- Al termine dell'esperienza spegnere la pompa (1) e successivamente chiudere tutte le valvole (12, 13, 14, 15, 16, 17).

### **Prove da effettuare**

#### **Prova 1: Perdite di carico in tubi di diametro diverso**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  in **3 Tubi con diametro diverso** ( $\varnothing=10, 16, 27.2$  mm) (tratti di tubazione 5,6,7) per il valore di portata massima ( $1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  letta sul flussimetro).che consente un funzionamento stabile, senza eccessive oscillazioni di pressione, annotando però anche la portata del contatore volumetrico (misura più precisa, che verrà utilizzata nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto in ciascun tubo.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare del diametro  
esaminare la variazione del coefficiente d'attrito al variare del diametro.

#### **Prova 2: Perdite di carico nel tubo di diametro minore al variare della portata**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per **tre valori di portata** ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il Tubo con  $\varnothing=10$  mm (tubo 7), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli). Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata (e quindi della velocità, effettuando le misure sullo stesso tubo);  
esaminare la variazione del coefficiente d'attrito al variare della portata (quindi della velocità, effettuando le misure su stesso tubo).

### **Prova 3: Perdite di carico localizzate nella valvola al variare della portata**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per la valvola V1 (12), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nella valvola;  
determinare il coefficiente  $K$  della valvola per le condizioni scelte.

### **Prova 4: Perdite di carico localizzate nel gomito a 45°**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il gomito a 45° (10), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nel gomito a 45°;  
determinare il coefficiente  $K$  del gomito a 45° per le condizioni scelte.

### **Prova 5: Perdite di carico localizzate nel gomito a 90°**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il gomito a 90° (11), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nel gomito a 90°;  
determinare il coefficiente  $K$  del gomito a 90° per le condizioni scelte.

### **Prova 6: Perdite di carico nelle curve**

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per le curve a raggio stretto (8), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nella curvatura a raggio stretto;  
determinare il coefficiente  $K$  della curvatura a raggio stretto per le condizioni scelte.

### Prova 7: Perdite di carico nel diaframma

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il diaframma (18), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nel diaframma;  
determinare il coefficiente  $\beta$  del diaframma per le condizioni scelte.

### Prova 8: Perdite di carico nel venturimetro

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il venturimetro (19), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: esaminare la variazione della perdita di carico al variare della portata nel venturimetro;  
determinare il coefficiente  $K$  del diaframma per le condizioni scelte;  
determinare la costante di linearità media  $K'$  ed il grado di precisione  $\varepsilon$  del venturimetro per le condizioni scelte rif. formula (1.12).

### Prova 9: Velocità dell'acqua nel tubo di Pitot

Valutare le perdite di carico  $\Delta P$  per tre valori di portata compresi nel seguente intervallo ( $F = 0.5 \div 1.5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ , intervallo di valori relativi al flussimetro) per il tubo di Pitot (20), annotando però anche le portate del contatore volumetrico (misure più precise, che verranno utilizzate nei calcoli).

Effettuare tre prove per ogni valore di portata scelto.

Obiettivi: dalle misure di perdite di carico determinare la velocità nel tubo di Pitot.

**N.B**

**Prima di ogni misura effettuare sempre l'azzeramento del manometro**

**IMPORTANTE:**

- Azzeramento del manometro:
  1. chiudere i rubinetti che mettono in collegamento i manometri con i punti di misura
  2. aprire i manometri all'atmosfera
  3. attendere che i due menischi di mercurio siano allineati al valore zero
  4. chiudere i manometri all'atmosfera
- Prima di chiudere una valvola assicurarsi sempre che ce ne sia un'altra aperta

**Determinazione del  $\Delta P$  dalla lettura del dislivello tra i menischi del manometro a mercurio**

Il manometro a mercurio fornisce un valore di  $\Delta h$ , che consente di risalire alla misura della perdita di carico attraverso la relazione:

$$\Delta P = \rho_{Hg} g \Delta h$$

con  $\rho_{Hg} = 13600 \text{ kgm}^{-3}$

o mediante la semplice conversione:  $1 \text{ mm}_{Hg} = 133.32 \text{ Pa}$ .