Meccanica dei Fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica
Prova in Itinere – Tema A
23 Novembre 2012

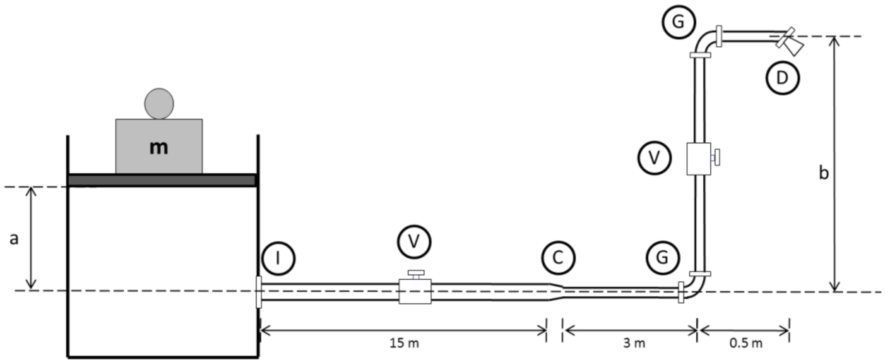
Esercizio 1 – Tubazione scabra in ghisa

Si consideri la tubazione in ghisa (indice di scabrezza *ε=0.10 mm*) disegnata in figura, lungo la quale scorre dell'acqua alla temperatura di 20°C (*ρ=1000 kg/m*^{3}, *μ=1.307 cP*). La tubazione parte da un serbatoio a base circolare con diametro interno *D=2 m*, chiuso superiormente con un disco (di massa trascurabile), su cui è posta una massa *m*. Il primo tratto di tubazione (dalla sezione di ingresso I fino al convergente C) ha un diametro interno pari a d_1*=15 mm*. Il secondo tratto, dal convergente C alla sezione di uscita, ha invece un diametro interno di d_2*=10 mm*. Lungo la tubazione sono presenti due valvole a sfera completamente aperte (V), due gomiti a 90° (G), il convergente (C) e il diffusore della doccia (D), che costituiscono delle perdite di carico localizzate (oltre a quelle di imbocco).

Si chiede di determinare la massa *m* dell'oggetto posto sul disco in grado di garantire una portata di acqua uscente dalla doccia pari a *Q=20 l/min*, tenendo conto sia delle perdite di carico distribuite, che di quelle localizzate. Si assumano i seguenti valori per le distanze a e b misurate rispetto all'asse del tratto orizzontale della tubazione: *a=1 m*, *b=2 m*.

Si calcolino le perdite di carico distribuite con la seguente correlazione:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3.6\log_{10}\left(\frac{6.9}{\mathrm{Re}}+\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7}\right)^{10/9}\right)$$



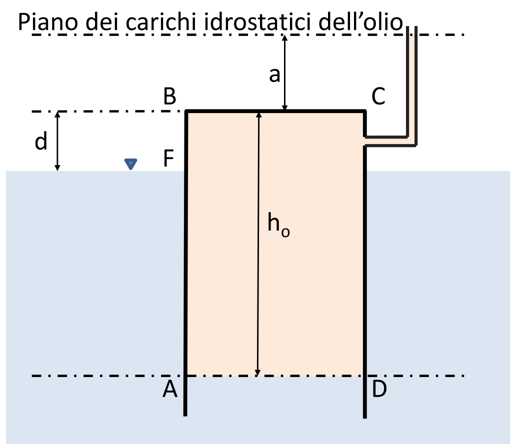
Perdite di carico concentrate				
Convergente	***Gomito***	***Valvola a sfera***	***Diffusore doccia***	***Imbocco***
$\frac{\Delta p}{\gamma}=0.07\frac{v^2}{2g}$ *v è la velocità nel 2^{O} tratto*	$\frac{\Delta p}{\gamma}=0.90\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=10\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=12\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=\frac{1}{2}\frac{v^2}{2g}$

Esercizio 3 – Serbatoio metallico a campana

In un bacino di acqua (densità r_a *= 1000 kg/m*^{3}) galleggia un serbatoio metallico a campana contenente olio (densità r_o *= 734 kg/m*^{3}), per un'altezza h_o. Olio e acqua sono a contatto lungo un piano orizzontale *AD*. Il serbatoio ha pianta quadrata di lato *L=7 m* e peso complessivo P_s*=490000 N*. Il serbatoio emerge dall'acqua di un'altezza *d=1 m*.

Assumendo di poter trascurare lo spessore delle pareti del serbatoio, calcolare:

1. La distanza *a* del piano dei carichi idrostatici dell'olio dalla cima del serbatoio.
2. L'altezza dell'olio (h_o) contenuta nel serbatoio
3. Le spinte che acqua e olio esercitano sulle due facce della parete *AB* del serbatoio.
4. L'altezza dell'olio quando l'emersione del serbatoio diviene *d= 2 m*.



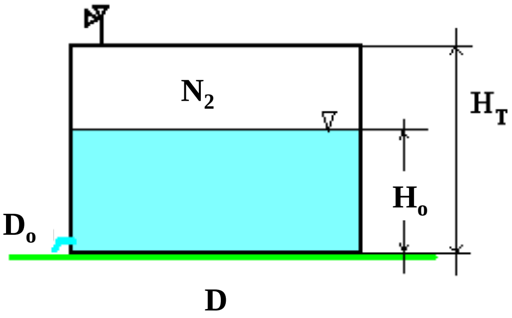
Esercizio 3 – Serbatoio metallico a campana

Un serbatoio cilindrico verticale adibito allo stoccaggio di gasolio ha le seguenti dimensioni: diametro $D = 15\ m$, altezza $H_T = 10\ m$. In un certo momento è riempito di gasolio fino all'altezza di $H_o = 6\ m$ ($\rho_G = 850\ kg/m^3$). La zona sovrastante del serbatoio è riempita con un gas ideale (argon) a pressione atmosferica.

Sul tetto del serbatoio si trova una valvola di collegamento con l'atmosfera, inizialmente aperta e che poi viene chiusa.

Al tempo *0* che si considera come iniziale, un automezzo in manovra urta la base del serbatoio producendo un foro corrispondente ad un diametro $Do = 0.2\ m$ da cui comincia a fuoriuscire il liquido contenuto.

Si considera che dal serbatoio nulla viene immesso e nulla estratto.



a. Si calcoli la velocità, la portata e il tempo di uscita del liquido dal foro in funzione dei parametri significativi, per le 2 ipotesi di valvola sul tetto aperta all'atmosfera (caso 1) o chiusa (caso 2).
b. Nel caso 2 si consideri lo svuotamento del serbatoio fino ad un'altezza pari a $H_f = 4.5\ m$.
c. A che altezza finale del gasolio la velocità di fuoriuscita si azzera?

Dati supplementari

- Coefficiente di contrazione di vena $C_c = 0.61$ [-]
- Massa molare di Ar $PM_{Ar} = 40\ kg/kmol$

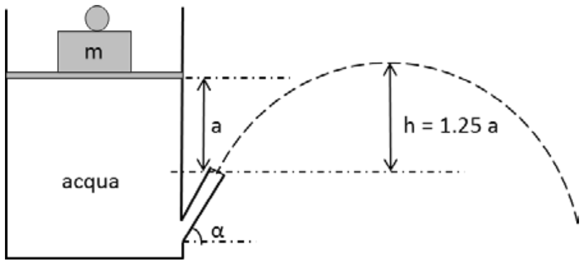
Si trascurino le perdite di carico, sia distribuite, che concentrate.

Si ricorda che per un gas perfetto soggetto a trasformazione isoterma vale ovviamente la relazione: $pV = cost$

Meccanica dei Fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica
Prova in Itinere – Tema B
23 Novembre 2012

Esercizio 1 – Getto inclinato da un serbatoio

Si consideri il serbatoio a base quadrata (lato interno *b=1 m*) disegnato in Figura e dotato di una tubazione liscia di diametro interno *d=10 mm* e lunghezza *L=50 cm*, inclinata di un angolo *α=60°* rispetto all'orizzontale. Il serbatoio è chiuso superiormente con una lastra quadrata di massa *trascurabile* delle stesse dimensioni della sezione di questo, su cui è posto un oggetto di massa *m*. La sezione di uscita della tubazione è ad una distanza *a=2 m* dalla lastra.



Sapendo che il liquido contenuto all'interno del serbatoio è acqua (*ρ=1 g/cm3*, *μ=1 cP*). Si chiede di determinare quale deve essere il valore minimo della massa *m* perché il getto uscente dalla tubazione raggiunga almeno una quota *h=1.25·a*, secondo quanto disegnato in Figura. Si trascuri completamente la resistenza del getto con l'aria atmosferica. Si considerino invece opportunamente sia le perdite di carico distribuite lungo la tubazione *L*, che le perdite di carico concentrate.

Perdite di carico		
Fattore di attrito	***Sbocco***	***Imbocco***
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4\log_{10}\left(\mathrm{Re}\sqrt{f}\right) - 0.40$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{1}{2}\frac{v^2}{2g}$

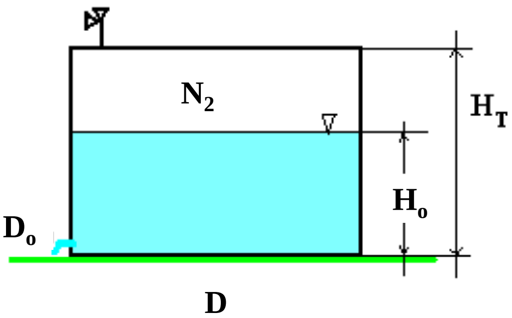
Esercizio 2 – Serbatoio metallico a campana

Un serbatoio cilindrico verticale adibito allo stoccaggio di gasolio ha le seguenti dimensioni: diametro *D = 15 m*, altezza H_T *= 10 m*. In un certo momento è riempito di gasolio fino all'altezza di H_o *= 6 m* (ρ_G *= 850 kg/m*^{3}). La zona sovrastante del serbatoio è riempita con un gas ideale (azoto) a pressione atmosferica.

Sul tetto del serbatoio si trova una valvola di collegamento con l'atmosfera, inizialmente aperta e che poi viene chiusa.

Al tempo *0* che si considera come iniziale, un automezzo in manovra urta la base del serbatoio producendo un foro corrispondente ad un diametro *Do = 0.2 m* da cui comincia a fuoriuscire il liquido contenuto.

Si considera che dal serbatoio nulla viene immesso e nulla estratto.



a. Si calcoli la velocità, la portata e il tempo di uscita del liquido dal foro in funzione dei parametri significativi, per le 2 ipotesi di valvola sul tetto aperta all'atmosfera (caso 1) o chiusa (caso 2).
b. Nel caso 2 si consideri lo svuotamento del serbatoio fino ad un'altezza pari a H_f *= 4.5 m*.
c. A che altezza finale del gasolio la velocità di fuoriuscita si azzera?

Dati supplementari

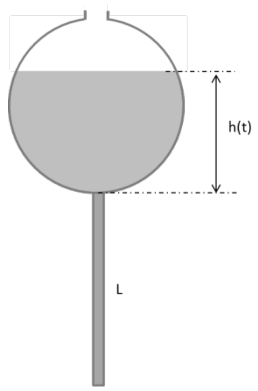
- Coefficiente di contrazione di vena C_c *= 0.61* [-]
- Massa molare di N_2 PM_{N2} *= 28 kg/kmol*

Si trascurino le perdite di carico, sia distribuite, che concentrate.
Si ricorda che per un gas perfetto soggetto a trasformazione isoterma vale ovviamente la relazione: *pV = cost*

Esercizio 3 – Svuotamento di un serbatoio sferico

Si consideri il serbatoio sferico di raggio interno *R=25 cm*, dotato di un tubo di scarico verticale di lunghezza *L=2 m* e diametro interno *d=8 mm*. Il serbatoio è dotato di un foro sulla parte superiore, come in Figura. Al tempo *t=0* sia il serbatoio, che la tubazione di scarico sono completamente riempiti con un olio di densità *ρ=0.8 g/cm*^{3} e viscosità *μ=8 cP*. Si chiede di determinare il tempo necessario perché il

serbatoio sferico si scarichi completamente. Si trascuri il tempo necessario per scaricare l'olio contenuto nella tubazione (ovvero si richiede il tempo perché l'altezza di liquido *h(t)* riportata in figura passi dal valore *h=2R* al valore *h=0*).
Si trascurino le perdite di carico concentrate (ma non quelle distribuite!) e per semplicità si trascuri anche il contributo cinetico del trinomio Bernoulli in corrispondenza della sezione di uscita della tubazione.
Si tenga conto che il volume di liquido contenuto nella sfera di raggio R in corrispondenza di un'altezza h misurata come in figura è dato dalla seguente espressione:



$$V = \pi R h^2 \left(1 - \frac{h}{3R}\right)$$

Meccanica dei Fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica
Prova in Itinere – Tema C
23 Novembre 2012

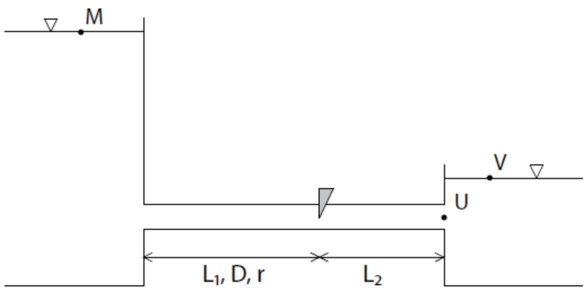
Esercizio 1 – Saracinesca

Due bacini d'acqua sono collegati per mezzo di una condotta, in cui è stata inserita una saracinesca, che riduce la sezione di passaggio della corrente di un fattore *k = 0.2* (ovvero l'area ridotta a causa della presenza della saracinesca è pari al 20% dell'area della tubazione)La condotta liscia si apre a spigolo vivo nei due bacini.

Determinare il dislivello tra i peli liberi dei due serbatoi e tracciare la linea dei carichi totali e la piezometrica.

Sono noti: la geometria del sistema, le proprietà del fluido, il fattore k e la portata Q.

Le proprietà fisiche dell'acqua a 15°C sono assegnate (*ρ=1 g/cm3*, *μ=1 cP*).



Dati

L_1 = 7 m L_2 = 3 m

D = 50 mm

Q = 5 l/s

C_c = 0.61 (coefficiente di contrazione)

Perdite di carico			
Fattore di attrito	***Saracinesca***	***Sbocco***	***Imbocco***
$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4\log_{10}\left(\frac{1.255}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{(v_c - v)^2}{2g}$ v_c = velocità nella sezione contratta	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{1}{2}\frac{v^2}{2g}$

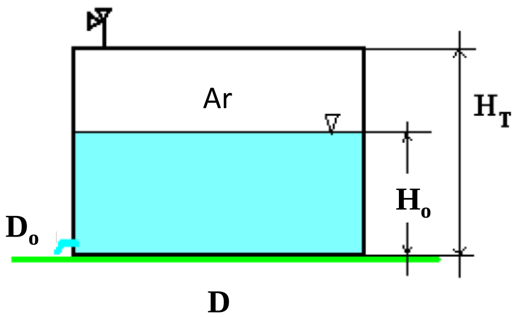
Esercizio 2 – Serbatoio metallico a campana

Un serbatoio cilindrico verticale adibito allo stoccaggio di gasolio ha le seguenti dimensioni: diametro *D = 15 m*, altezza $H_T = 10$ *m*. In un certo momento è riempito di gasolio fino all'altezza di $H_o = 6$ *m* ($\rho_G = 850$ *kg/m³*). La zona sovrastante del serbatoio è riempita con un gas ideale (argon) a pressione atmosferica.

Sul tetto del serbatoio si trova una valvola di collegamento con l'atmosfera, inizialmente aperta e che poi viene chiusa.

Al tempo *0* che si considera come iniziale, un automezzo in manovra urta la base del serbatoio producendo un foro corrispondente ad un diametro *Do = 0.2 m* da cui comincia a fuoriuscire il liquido contenuto.

Si considera che dal serbatoio nulla viene immesso e nulla estratto.



a. Si calcoli la velocità, la portata e il tempo di uscita del liquido dal foro in funzione dei parametri significativi, per le 2 ipotesi di valvola sul tetto aperta all'atmosfera (caso 1) o chiusa (caso 2).
b. Nel caso 2 si consideri lo svuotamento del serbatoio fino ad un'altezza pari a $H_f = 4.5$ *m*.
c. A che altezza finale del gasolio la velocità di fuoriuscita si azzera?

Dati supplementari

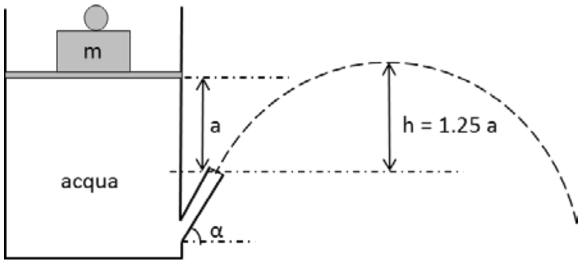
- Coefficiente di contrazione di vena $C_c = 0.61$ [-]
- Massa molare di Ar $PM_{Ar} = 40$ *kg/kmol*

Si trascurino le perdite di carico, sia distribuite, che concentrate.

Si ricorda che per un gas perfetto soggetto a trasformazione isoterma vale ovviamente la relazione: *pV = cost*

Esercizio 3 – Getto inclinato da un serbatoio

Si consideri il serbatoio a base quadrata (lato interno *b=1 m*) disegnato in Figura e dotato di una tubazione liscia di diametro interno *d=10 mm* e lunghezza *L=50 cm*, inclinata di un angolo *α=60°* rispetto all'orizzontale. Il serbatoio è chiuso superiormente con una lastra quadrata di massa *trascurabile* delle stesse dimensioni della sezione di questo, su cui è posto un oggetto di massa *m*. La sezione di uscita della tubazione è ad una distanza *a=2 m* dalla lastra.



Sapendo che il liquido contenuto all'interno del serbatoio è acqua (*ρ=1 g/cm3*, *μ=1 cP*). Si chiede di determinare quale deve essere il valore minimo della massa *m* perché il getto uscente dalla tubazione raggiunga almeno una quota *h=1.25·a*, secondo quanto disegnato in Figura. Si trascuri completamente la resistenza del getto con l'aria atmosferica. Si considerino invece opportunamente sia le perdite di carico distribuite lungo la tubazione *L*, che le perdite di carico concentrate.

Perdite di carico		
Fattore di attrito	***Sbocco***	***Imbocco***
$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4\log_{10}\left(\frac{1.255}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{1}{2}\frac{v^2}{2g}$

Meccanica dei Fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica
Prova in Itinere – Tema D
23 Novembre 2012

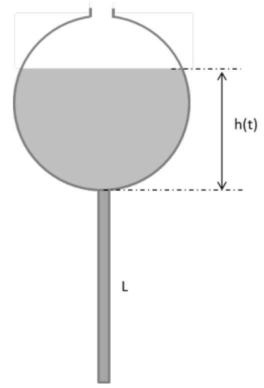
Esercizio 1 – Svuotamento di un serbatoio sferico

Si consideri il serbatoio sferico di raggio interno *R=40 cm*, dotato di un tubo di scarico verticale di lunghezza *L=2 m* e diametro interno *d=8 mm*. Il serbatoio è dotato di un foro sulla parte superiore, come in Figura. Al tempo *t=0* sia il serbatoio, che la tubazione di scarico sono completamente riempiti con un olio di densità ρ*=0.7 g/cm*^{3} e viscosità μ*=8 cP*. Si chiede di determinare il tempo necessario perché il serbatoio sferico si scarichi completamente. Si trascuri il tempo necessario per scaricare l'olio contenuto nella tubazione (ovvero si richiede il tempo perché l'altezza di liquido *h(t)* riportata in figura passi dal valore *h=2R* al valore *h=0*).

Si trascurino le perdite di carico concentrate (ma non quelle distribuite!) e per semplicità si trascuri anche il contributo cinetico del trinomio Bernoulli in corrispondenza della sezione di uscita della tubazione.

Si tenga conto che il volume di liquido contenuto nella sfera di raggio R in corrispondenza di un'altezza h misurata come in figura è dato dalla seguente espressione:

$$V = \pi R h^2 \left(1 - \frac{h}{3R}\right)$$



Esercizio 2 – Tubazione scabra in ghisa

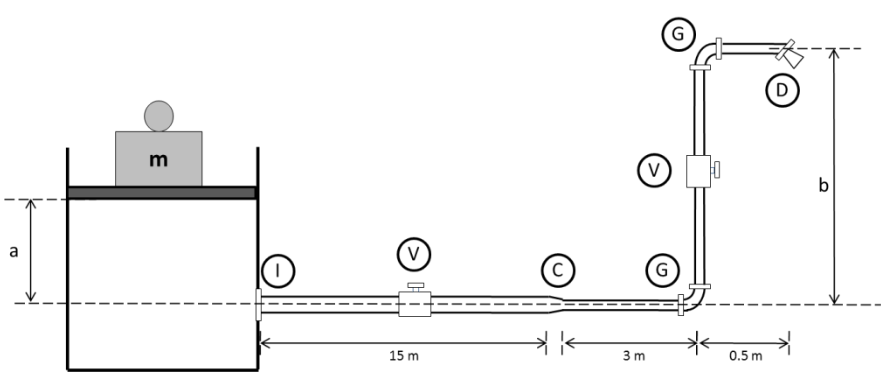
Si consideri la tubazione in ghisa (indice di scabrezza ε*=0.10 mm*) disegnata in figura, lungo la quale scorre dell'acqua alla temperatura di 20°C (ρ*=1000 kg/m*^{3}, μ*=1.307 cP*). La tubazione parte da un serbatoio a base circolare con diametro interno *D=2 m*, chiuso superiormente con un disco (di massa trascurabile), su cui è posta una massa *m*. Il primo tratto di tubazione (dalla sezione di ingresso I fino al convergente C) ha un diametro interno pari a d_1*=15 mm*. Il secondo tratto, dal convergente C alla sezione di uscita, ha invece un diametro interno di d_2*=10 mm*. Lungo la tubazione sono presenti due valvole a sfera completamente aperte (V), due gomiti a 90° (G), il convergente (C) e il diffusore della doccia (D), che costituiscono delle perdite di carico localizzate (oltre a quelle di imbocco).

Si chiede di determinare la massa *m* dell'oggetto posto sul disco in grado di garantire una portata di acqua uscente dalla doccia pari a *Q=30 l/min*, tenendo conto sia delle perdite di carico distribuite, che di quelle localizzate. Si assumano i seguenti valori per le distanze a e b misurate rispetto all'asse del tratto orizzontale della tubazione: *a=1 m*, *b=2 m*.

Si calcolino le perdite di carico distribuite con la seguente correlazione:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4\log_{10}\left(\frac{5.8}{\mathrm{Re}^{0.9}} + \frac{1}{3.71}\frac{\varepsilon}{D}\right)$$

Perdite di carico concentrate				
Convergente	***Gomito***	***Valvola a sfera***	***Diffusore doccia***	***Imbocco***
$\frac{\Delta p}{\gamma}=0.07\frac{v^2}{2g}$ *v è la velocità nel 2°* *tratto*	$\frac{\Delta p}{\gamma}=0.90\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=10\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=12\frac{v^2}{2g}$	$\frac{\Delta p}{\gamma}=\frac{1}{2}\frac{v^2}{2g}$



Esercizio 3 – Tubazione di collegamento tra due serbatoi

I due serbatoi in figura sono collegati da una condotta che ha diametro variabile (d = 20 cm; D = 35 cm). L'altezza dei peli liberi dei due serbatoi è rispettivamente z_A = 100 m e z_B = 70 m. La quota z_0 di partenza della condotta è pari a 20 m. La lunghezza della condotta è assegnata in figura. Considerando il liquido moto stazionario e perfetto (quindi trascurando tutte le perdite di carico), calcolare la portata che defluisce e tracciare la linea piezometrica, dopo averne calcolato i valori nei punti più significativi.