

ESERCIZIO 1) L'analisi dimensionale suggerisce che per riprodurre in laboratorio le caratteristiche del moto in un canale è fondamentale che si mantenga il numero di Froude ($=V/(gL)^{0.5}$). Se il modello è costruito in scala 1:100 e la velocità del fluido nel prototipo è pari a 2 m/s quale velocità si deve imporre nel modello? Un collega osserva che poiché la profondità reale è 1.8 m, la profondità nel modello risulta inferiore a 0.02 m. In questa situazione il numero di Weber potrebbe essere importante. Se il prototipo è caratterizzato da acqua a temperatura ambiente e pressione atmosferica, di quanto si dovrebbe ridurre la tensione superficiale dell'acqua nel modello, ad esempio con l'aggiunta di un tensioattivo che non ne vari la densità, per soddisfare la similitudine di Froude e di Weber ($=\rho V^2 L / \sigma_s$)?

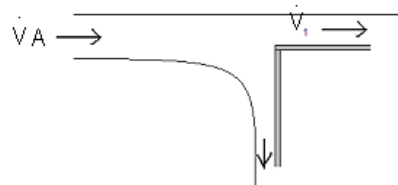
ESERCIZIO 2) Nei problemi di trasporto di sedimenti in un alveo è fisicamente ragionevole assumere che il valore dimensionale della portata volumetrica dei sedimenti per unità di larghezza dipenda dalla tensione tangenziale sul fondo (τ), dalle caratteristiche del sedimento (diametro d e densità relativa del sedimento espressa come differenza tra la densità del materiale solido e quella dell'acqua, $\rho_s - \rho$) ed inoltre dalle caratteristiche del fluido (viscosità cinematica ν) e dalla gravità (g). In altre parole, si può scrivere:

$$q_s = f(\tau, \rho_s - \rho, d, \nu, g) \tag{1}$$

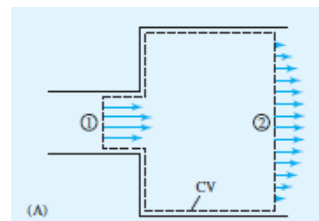
- a) Si dimostri che le grandezze densità relativa ($\rho_s - \rho$), gravità g e diametro d dei sedimenti sono grandezze dimensionalmente indipendenti.
- b) Si ricavi la relazione adimensionale cui si perviene applicando il teorema di Buckingham alla relazione dimensionale (1).

ESERCIZIO 3) Determinare la forza esercitata dal getto caratterizzato da una sezione A e da una portata volumetrica \dot{V} sulla superficie in figura, trascurando gli effetti dissipativi e sapendo che la portata volumetrica del getto che prosegue diritto è

pari a \dot{V}_1 e la densità del fluido è ρ . La gravità agisce perpendicolarmente al piano di figura.



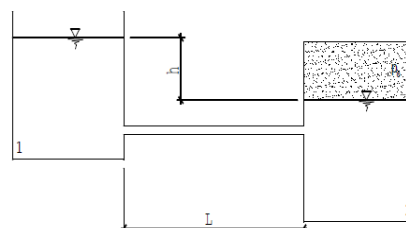
ESERCIZIO 4) Dell'aria defluisce a bassa velocità attraverso il brusco allargamento di un condotto a sezione circolare di un sistema di condizionamento come in figura. Ricavare la relazione tra le velocità medie (V_1, V_2) ed i diametri del condotto (d_1, d_2) nelle sezioni d'entrata ed uscita dell'allargamento.



ESERCIZIO 5) Dopo aver stabilito se l'acqua defluisce dal serbatoio 1 in figura, a quello 2 o viceversa, calcolare con una precisione del millimetro il diametro necessario a far

defluire una portata volumetrica di acqua \dot{V} pari a 1 l/s attraverso la condotta in figura. Dati: $L=20m$, $h=1m$, p_0 (pressione relativa)=21,5kN/m², ϵ (scabrezza)=0,25mm, $\rho=1000$ kg/m³, ν (viscosità cinematica acqua)= 10^{-6} m²/s, coefficienti perdite localizzate: $k_{imbocco}= 0.5$, $k_{sbocco}= 1$, diametro di primo tentativo = 0.01 m.

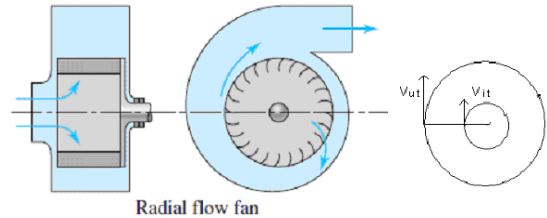
defluire una portata volumetrica di acqua \dot{V} pari a 1 l/s attraverso la condotta in figura. Dati: $L=20m$, $h=1m$, p_0 (pressione relativa)=21,5kN/m², ϵ (scabrezza)=0,25mm, $\rho=1000$ kg/m³, ν (viscosità cinematica



ESERCIZIO 6)

La girante di una ventola centrifuga ha un raggio di 15 cm ed una larghezza delle pale di 6.1 cm nella sezione in cui entra l'aria ed un raggio di 30 cm ed una larghezza delle pale di 3.4 cm nella sezione d'uscita dell'aria. L'aria è a 20°C ed a pressione $p=95\text{kPa}$. Trascurando le eventuali dissipazioni ed assumendo che le componenti tangenziali della velocità dell'aria nelle sezioni d'ingresso ed uscita siano pari alla velocità tangenziale della girante nelle rispettive sezioni, determinare la portata volumetrica dell'aria quando la velocità di rotazione delle pale è di 800 giri al minuto e la potenza consumata è di 120W. Ipotizzare che l'aria si

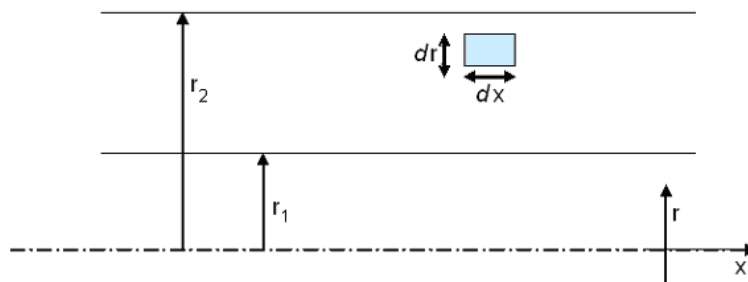
comporti seguendo la legge dei gas perfetti con $R= 287 \text{ Nm}/(\text{kgK})$. Determinare inoltre le componenti normali della velocità nelle sezioni d'uscita ed ingresso della girante.



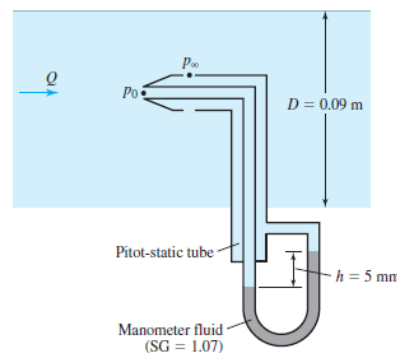
ESERCIZIO 7) Si consideri il moto laminare, completamente sviluppato, nello spazio compreso tra due cilindri coassiali molto lunghi, sotto l'azione di un gradiente di pressione costante. Considerando un elementino infinitesimo (assialsimmetrico) come quello in figura, si dimostri che

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right)$$

sapendo che in questo caso lo sforzo tangenziale sulle superfici parallele ad x dell'elementino vale $\tau = \mu \frac{du}{dr}$ con u la velocità assiale e μ la viscosità dinamica. Si calcoli la distribuzione di velocità $u(r)$, supponendo noto dp/dx .



ESERCIZIO 8) Si consideri il manometro collegato al tubo di Pitot di figura. Qual è la velocità nel condotto se il fluido che vi scorre dentro è combustibile JP4 (densità specifica $SG=0.77$), oppure acqua, o ancora aria in condizioni standard ($SG=1.2 \times 10^{-3}$)?



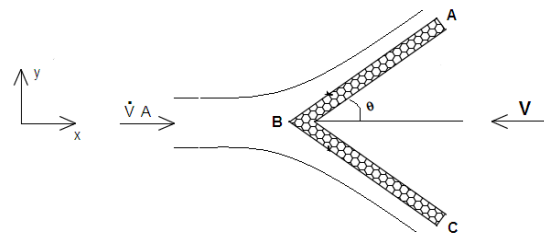
ESERCIZIO 1) Nella galleria del vento utilizzata per testare il primo aeroplano in grado di superare il muro del suono, il Bell X1, si utilizza un modello in scala 1/25. Che velocità si deve avere nel modello (T (temperatura) = 20°C , ρ_{aria} (densità) = 1.35 kg/m^3 , μ_{aria} (viscosità dinamica) = $1.821 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$) per mantenere la similitudine dinamica con l'aereo reale a $\text{Mach}= 1$ e ad una quota di 15000 metri ($T=-54^\circ\text{C}$, $\rho_{\text{aria}}=0.282 \text{ kg/m}^3$, $\mu_{\text{aria}}=1.436 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$)? Si assuma che l'aria si comporti come un gas perfetto (velocità suono $=c=(\gamma RT)^{0.5}$ con $\gamma=1.4$ ed $R=287 \text{ Nm/(kgK)}$). Quanto vale il numero di Mach nel modello?

ESERCIZIO 2) Nel 1940 un americano esperto di esplosivi concluse che l'effetto distruttivo associato al rilascio d'energia attraverso la fissione nucleare non sarebbe stato così grande come ci si aspettava. Fu chiesto a Taylor di stabilire la validità di questa affermazione. Taylor riuscì a rispondere alla domanda eseguendo un'analisi dimensionale. Egli assunse che la sfera di fuoco aveva un raggio d'azione R al tempo t , misurato in secondi a partire dallo scoppio, e che il raggio d'azione dipendesse, oltre che dal tempo, solo dall'energia totale E rilasciata dalla bomba e dalla densità iniziale ρ_0 dell'aria nell'atmosfera:

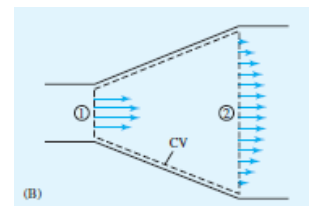
$$R = f(t, E, \rho_0) \tag{1}$$

Si richiede di ripetere l'analisi dimensionale effettuata da Taylor su questo problema, ovvero si ricavi la relazione adimensionale cui si perviene applicando il teorema di Buckingham alla relazione dimensionale (1).

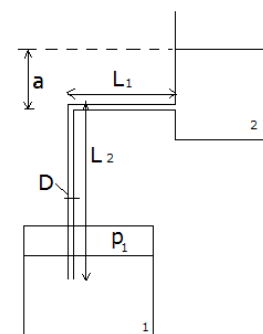
ESERCIZIO 3) Determinare la forza esercitata dal getto caratterizzato da una sezione A e da una portata \dot{V} sulla superficie ABC in figura che si muove verso il getto con una velocità V . Sia ρ la densità del fluido e si trascurino le forze di massa.



ESERCIZIO 4) Dell'aria defluisce a bassa velocità attraverso il brusco allargamento di un condotto a sezione circolare di un sistema di condizionamento come in figura. Ricavare la relazione tra le velocità medie (V_1 e V_2) ed i diametri d_1 e d_2 del condotto nelle sezioni d'entrata ed uscita dell'allargamento.

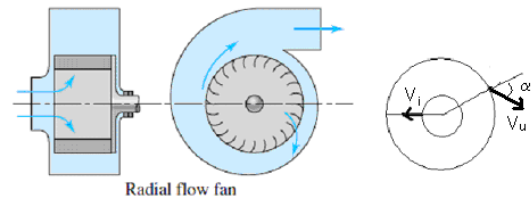


ESERCIZIO 5) Valutare la pressione relativa p_1 necessaria a far defluire dal serbatoio 1 al serbatoio 2 un'assegnata portata volumetrica \dot{V} di acqua attraverso la condotta di figura. Dati: $\dot{V}=0.35 \text{ l/s}$; $a=0.75 \text{ m}$; $L_1= 5\text{m}$; $L_2=1.5\text{m}$; $D=3.5 \text{ cm}$, ϵ (scabrezza)= 0.1mm , coefficienti perdite localizzate: $k_{\text{imbocco}}=1$, $k_{\text{sbocco}}=1$, $k_{\text{gomito}}=1$, ρ (densità)= 1000 kg/m^3 , ν (viscosità cinematica acqua) = $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



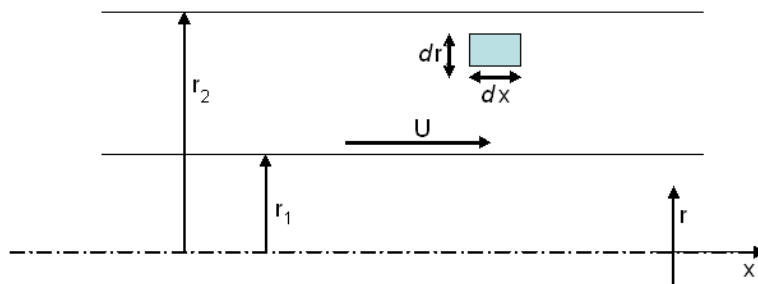
ESERCIZIO 6) Si consideri un ventilatore centrifugo con un raggio di 20 cm ed una larghezza delle pale di 8.2 cm nella sezione in cui entra l'aria e con un raggio di 45 cm ed una larghezza delle pale di 5.6 cm nella sezione d'uscita dell'aria. Il ventilatore compie 700 giri al minuto ed è caratterizzato da una portata volumetrica di $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Assumendo che l'aria entra nel sistema in direzione radiale ed esce formando un angolo α pari a 50° rispetto alla direzione radiale,

determinare la minima potenza consumata dal ventilatore. Si assuma la densità dell'aria pari a 1.25 kg/m^3 .

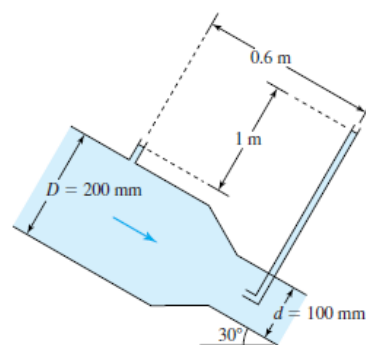


ESERCIZIO 7) Si consideri il moto laminare, completamente sviluppato, nello spazio compreso tra due cilindri coassiali molto lunghi, sotto l'ipotesi che il cilindro interno si muova lungo il suo asse a velocità costante U . Considerando un elementino infinitesimo (assialsimmetrico) come quello in figura, si dimostri che $\frac{\mu}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right) = 0$, sapendo che in questo caso lo sforzo tangenziale sulle

superfici parallele ad x dell'elementino vale $\tau = \mu \frac{du}{dr}$ con u la velocità assiale e μ la viscosità dinamica. Si calcoli la distribuzione di velocità $u(r)$.

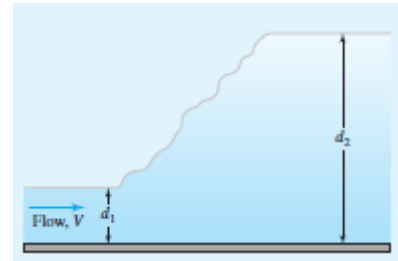


ESERCIZIO 8) Calcolare la portata volumetrica d'acqua (densità 1000 kg/m^3) che defluisce attraverso il restringimento di sezione mostrato in figura.



ESERCIZIO 1) Si è incaricati di testare un modello in scala 1:50 di un barcone dal fondo piatto. Il fluido nel prototipo è acqua a 20° C (viscosità cinematica=10⁻⁶ m²/s) e l'analisi suggerisce che per mantenere la similitudine si devono mantenere sia il numero di Reynolds che il numero di Froude. Che valore della viscosità cinematica dovrebbe avere il fluido nel modello?

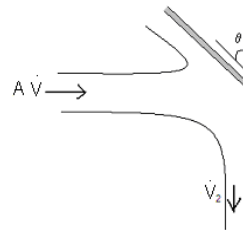
ESERCIZIO 2) Si consideri il moto in un canale in cui scorre acqua come mostrato in figura. Il deflusso in esame è tale da generare un risalto. Il risalto raccorda la corrente a monte caratterizzata dalla profondità d₁ con quella di valle caratterizzata dalla profondità d₂. La profondità che si realizza a valle del risalto d₂ dipende dal valore della profondità d₁ che caratterizza il deflusso a monte, dalla velocità media della corrente V e dall'accelerazione di gravità g



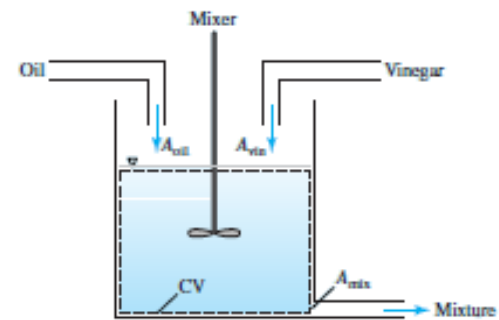
$$d_2 = f(d_1, V, g).$$

Quante sono le grandezze dimensionalmente indipendenti coinvolte nel problema? Si esegua un'analisi dimensionale per trovare i parametri adimensionali che caratterizzano il problema e la relazione (formale) tra di loro.

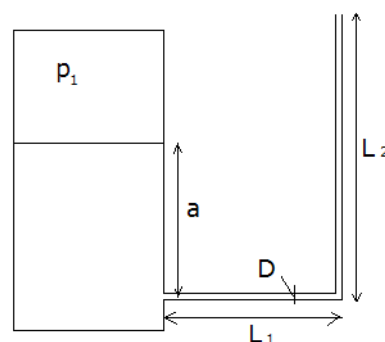
ESERCIZIO 3) Determinare la forza esercitata dal getto caratterizzato da una sezione A e da una portata volumetrica \dot{V} sulla superficie in figura sapendo che la portata volumetrica del getto diretto verso il basso è \dot{V}_2 . Si trascurino le forze di massa e sia ρ la densità del fluido.



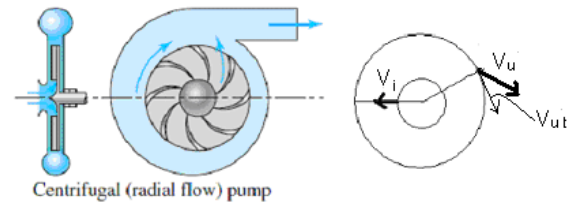
ESERCIZIO 4) Date le densità dell'olio e dell'aceto (ρ_o, ρ_a), l'area della sezione d'uscita della miscela A_{mix} e le portate volumetriche entranti associate all'olio e all'aceto (\dot{V}_o, \dot{V}_a) nonché la velocità del fluido in uscita V_{mix} , ricavare l'espressione analitica per la densità della miscela di olio ed aceto che fuoriesce dal miscelatore in figura. Assumere che la quota della superficie libera nel miscelatore rimanga costante.



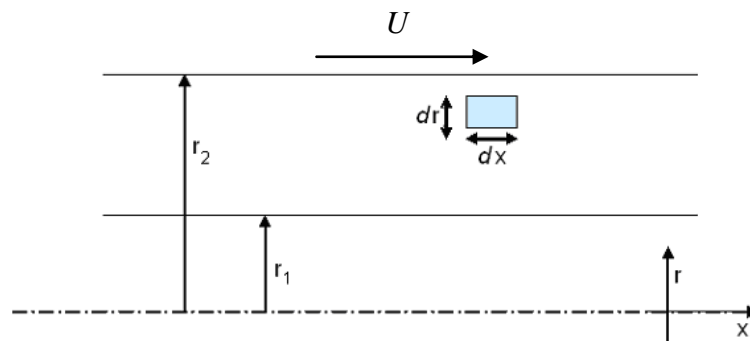
ESERCIZIO 5) Valutare la pressione relativa p₁ necessaria a far defluire un'assegnata portata volumetrica \dot{V} di acqua nella condotta di figura. Dati: $\dot{V}=0.5$ l/s; a=0.5 m; L₁=5m; L₂=1.5m; D=3cm, ϵ (scabrezza)=0.2 mm, coefficienti perdite localizzate: k_{imbocco}=0.5, k_{sbocco}=0, k_{gomito}=1; ρ (densità acqua)=1000 kg/m³, ν (viscosità cinematica acqua) = 10⁻⁶ m²/s.



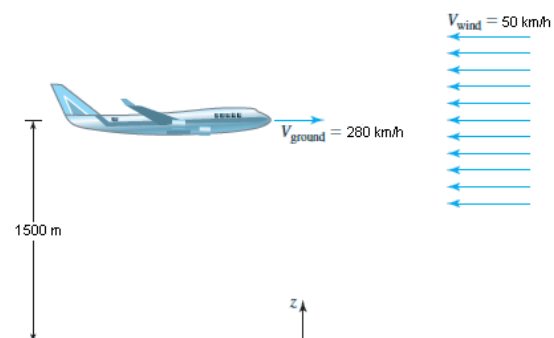
ESERCIZIO 6) Dell'acqua (densità 1000 kg/m^3) entra nella girante di una pompa radialmente con una portata volumetrica pari a $2 \text{ m}^3/\text{min}$. La girante ruota a velocità angolare pari a 500 giri al minuto. La componente tangenziale della velocità assoluta del fluido in uscita dalla girante è 54.3 m/s ed il diametro della girante nella sezione d'uscita è 0.6 m . Determinare il momento torcente applicato alla girante.



ESERCIZIO 7) Si consideri il moto laminare, completamente sviluppato, nello spazio compreso tra due cilindri coassiali molto lunghi, sotto l'ipotesi che il cilindro esterno scorra sul suo piano a velocità costante U . Considerando un elementino infinitesimo (assialsimmetrico) come quello in figura, si dimostri che $\frac{\mu}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right) = 0$, sapendo che in questo caso lo sforzo tangenziale sulle superfici parallele ad x dell'elementino vale $\tau = \mu \frac{du}{dr}$ con u la velocità assiale e μ la viscosità dinamica. Si calcoli la distribuzione di velocità $u(r)$.



ESERCIZIO 8) L'aereo in figura viaggia ad una velocità di 280 km/h rispetto al suolo con un vento contrario di 50 km/h e ad un'altitudine costante pari a 1500 m (dove la densità dell'aria è pari a 1.06 kg/m^3 e la pressione dell'aria di $8.47 \times 10^4 \text{ N/m}^2$). Calcolare i valori della pressione statica e di ristagno misurati da un tubo di Pitot montato sulla parte anteriore dell'aereo.

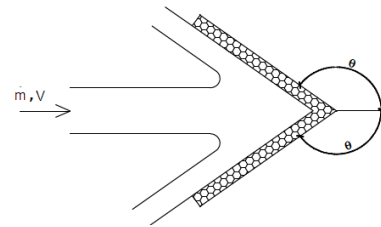


ESERCIZIO 1) La caduta di pressione lungo il condotto d'alimentazione di benzina (ρ =densità=680 kg/m³, μ =viscosità dinamica = 2.92 x 10⁻⁴ kg/(ms)) in una stazione di servizio viene modellata utilizzando dell'acqua a 20°C (ρ =densità=1000 kg/m³, μ =viscosità dinamica = 10⁻³ kg/(ms)) che defluisce lungo un condotto dalla stessa lunghezza di quello reale. Nota la velocità della benzina nel prototipo (35 cm/s), calcolare:

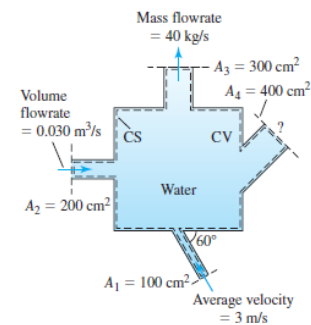
- a) La velocità nel modello utilizzando la similitudine di Reynolds.
- b) La caduta di pressione nel prototipo data quella misurata nel modello (pari a 350 Pa) se venisse mantenuto il numero di Eulero (numero di Eulero= $\Delta p/(0.5\rho V^2)$).

ESERCIZIO 2) Il tempo necessario a svuotare un contenitore cilindrico con un foro circolare sul fondo è funzione dei diametri del serbatoio e del foro, D e d, delle proprietà del fluido ρ e μ , della gravità g e dell'altezza iniziale del fluido nel contenitore h. Dopo aver individuato le grandezze dimensionalmente indipendenti, si esegua un'analisi dimensionale per trovare i parametri adimensionali che caratterizzano il problema e la relazione tra di loro.

ESERCIZIO 3) Valutare l'angolo di inclinazione θ ($90^\circ < \theta < 180^\circ$) del deviatore in figura affinché si produca una spinta pari a 7500 N. Dati: portata massica= \dot{m} =18kg/s, V= velocità getto = 250m/s, densità= ρ =1000 Kg/m³. La gravità agisce perpendicolarmente al piano.

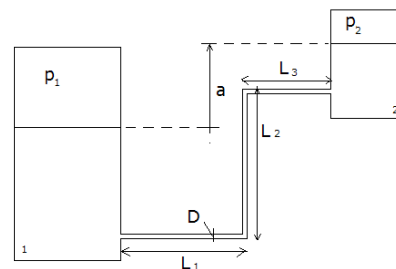


ESERCIZIO 4) Si consideri il dispositivo in figura in cui defluisce acqua (densità=1000 kg/m³). Con i dati di figura si determini la velocità media del fluido nella sezione 4.

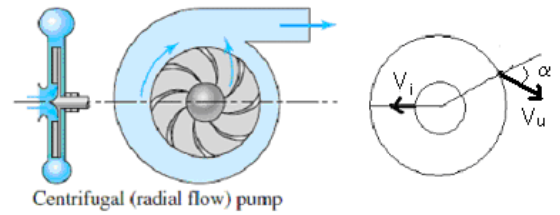


ESERCIZIO 5) Valutare la pressione relativa p_1 del gas nel serbatoio 1, necessaria a far defluire un'assegnata portata volumetrica \dot{V} di acqua nella condotta di figura dal serbatoio 1 al serbatoio 2. Dati: \dot{V} =0.35 l/s; a=1.5 m; L₁= 5m; L₂=2 m; L₃=7.5 m, D=2.5 cm, ϵ (scabrezza)=0.15mm, p_2 (pressione relativa nel serbatoio 2)=2500 N/m², coefficienti perdite localizzate: $k_{imbocco}$ =0.5, k_{sbocco} =1,

k_{gomito} =1, ρ (densità acqua)=1000 kg/m³, ν (viscosità cinematica acqua) = 10⁻⁶ m²/s.



ESERCIZIO 6) La girante di una pompa centrifuga è caratterizzata da una portata volumetrica di $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ e ruota compiendo 1200 giri al minuto. Nella sezione d'uscita la larghezza delle pale è pari a 3.5 cm ed il diametro della girante è pari a 0.3 m. Se l'acqua ($\rho = \text{densità} = 1000 \text{ kg/m}^3$) entra in direzione radiale ed esce formando un angolo α pari a 60° rispetto alla direzione radiale, determinare la minima potenza richiesta dalla pompa.

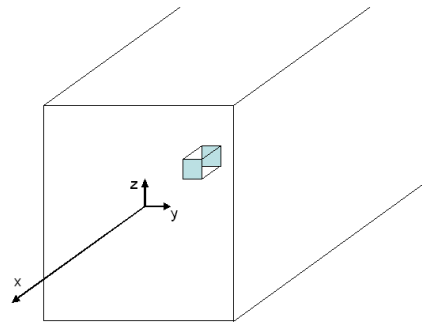


ESERCIZIO 7) Si consideri il moto laminare, completamente sviluppato, nel condotto di sezione quadrata di figura, forzato da un gradiente di pressione dp/dx noto. Considerando un elementino infinitesimo come quello in figura, si dimostri che

$$\frac{dp}{dx} = \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \text{ sapendo che in questo caso}$$

gli sforzi tangenziali sulle due facce dell'elementino tetraedrico parallele ad x

valgono $\tau_{xz} = \mu \frac{\partial u}{\partial z}$ e $\tau_{xy} = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$, con u la velocità assiale e μ la viscosità dinamica.



ESERCIZIO 8) Un tubo di Pitot è montato sulla parte anteriore di un aereo come mostrato in figura. Se l'aereo viaggia ad un'altitudine costante pari a 5000 m (dove la densità dell'aria è pari a 0.74 kg/m^3 e la pressione è $5.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) ed il tubo misura

una pressione di $7 \times 10^4 \text{ N/m}^2$, calcolare la velocità dell'aereo.

