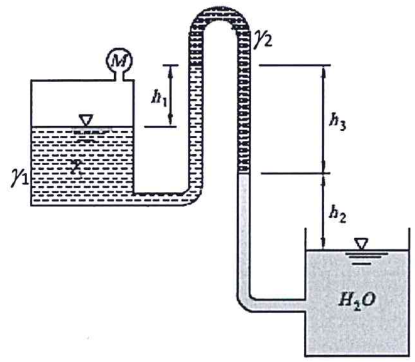
# COMPITO DI MECCANICA DEI FLUIDI – recupero 19 maggio 2017 – FILA A

**Esercizio 1.** Si consideri un liquido che viene mantenuto a pressione costante e riscaldato da $T_1 = 300$ K a $T_2 = 350$ K. Il suo volume specifico $v$ aumenta o diminuisce? Quanto vale il rapporto tra $v_2/v_1$ se il coefficiente di dilatazione cubica (misurato in gradi $K^{-1}$) è $\beta = 10^{-5}$ T (con T espressa in gradi Kelvin, K)?

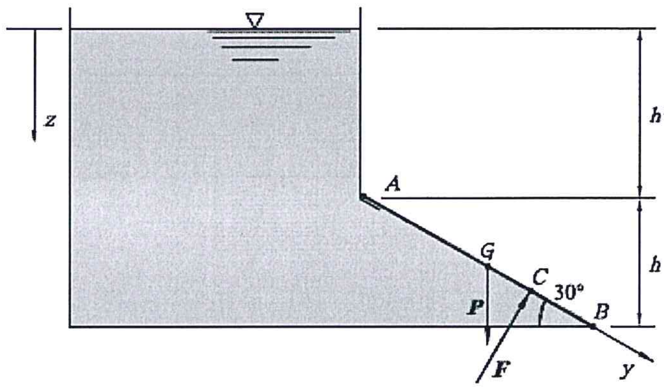
**Esercizio 2.** Con riferimento alla figura, si determini il dislivello $h_3$ conoscendo il valore della pressione assoluta $p_1$ indicato dal manometro *M*.

Dati: $p_{atm} = 101 \times 10^3$ Pa; $p_1 = 88 \times 10^3$ Pa;
$h_1 = 40$ cm; $h_2 = 50$ cm; $\gamma_{H2O} = 9806$ N/m$^3$;
$\gamma_1 = 9300$N/m$^3$; $\gamma_2 = 8530$ N/m$^3$.

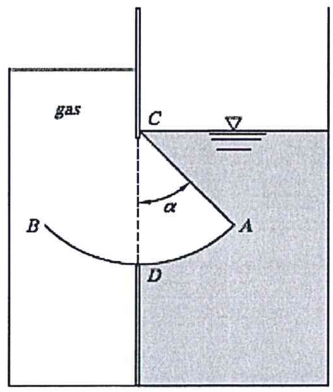



**Esercizio 3.** Dato il cassone di figura contenente acqua, calcolare il minimo valore di h* per il quale la paratoia rettangolare di traccia *AB*, incernierata in *A* e di profondità b, è in equilibrio. Il punto *G* di figura indica il baricentro della paratoia, mentre *C* indica il centro di spinta della risultante idrodinamica, indicata con **F**.

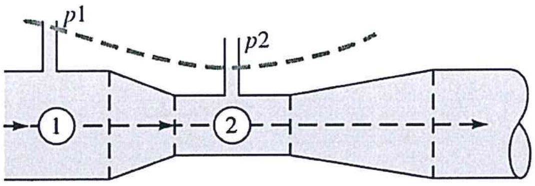
Dati: h = 1 m; b = 1 m; P = 19612 N (peso della paratoia); $\gamma = 9806$ N/m$^3$.




**Esercizio 4.** La paratoia *CAB* di profondità unitaria, incernierata in *C* e di peso trascurabile divide i due serbatoi realizzando la tenuta in *D*. Determinare il valore della pressione relativa *p* del gas necessaria affinché l'angolo $\alpha$ sia pari a 10°. Si trascurino gli attriti. La parte curva *BDA* della paratoia è un arco di circonferenza di raggio $r = 0.30$ m. Il serbatoio di destra contiene acqua.



**Esercizio 5.** Con riferimento al venturimetro di figura di sezione circolare, nel quale scorre un fluido di densità $\rho$ in moto incomprimibile e stazionario, mostrare che la portata massica si scrive $\dot{m} = A_2 \left( \frac{2\ \rho\ \Delta p}{1-\beta^4} \right)$ con $\beta = D_2/D_1$ e $\Delta p = p_1 - p_2$. Quale ipotesi si deve fare per raggiungere questo risultato?

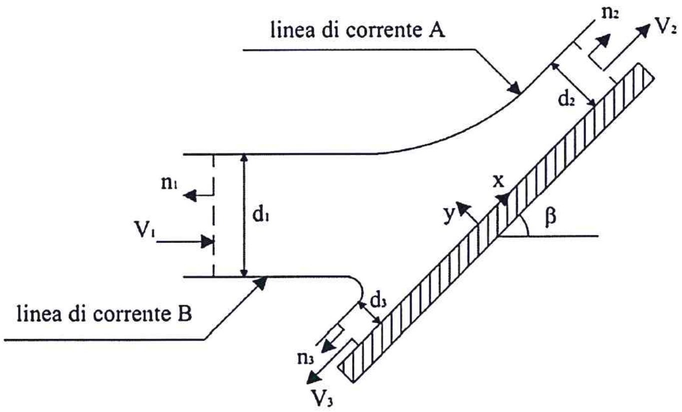



**Esercizio 6.** E' assegnato il moto piano stazionario: $u = 2\,(1 - y^2)$, $v = 0$, valido nella striscia $-\infty < x < +\infty$, $-1 \leq y \leq 1$. Come sono le linee di corrente? Si calcoli il vettore vorticità, specificandone modulo, direzione e verso. Si applichi il teorema di Stokes, calcolando la circolazione $\Gamma$ su un circuito rettangolare di lunghezza $L$ in direzione $x$ e 2 in direzione $y$, percorso in senso antiorario.

**Esercizio 7.** Si consideri una lamina fluida di spessore $d_1$ (e molto profonda lungo l'asse z) che impinge su una parete inclinata dell'angolo $\beta = 45°$ (vedasi figura). Il moto può quindi essere considerato bidimensionale, incomprimibile e stazionario. Si trascurino le forze viscose, cioè non ci sono attriti tra il fluido e la parete per y = 0, e le forze gravitazionali.

1. Dall'applicazione dell'equazione di Bernoulli lungo le linee di corrente A e B si determinino le velocità $V_2$ e $V_3$;
2. Dall'applicazione dell'equazione di continuità si trovi la relazione tra $d_1$, $d_2$ e $d_3$;
3. Si proietti l'equazione della quantità di moto dapprima lungo x e poi lungo y, per determinare prima $d_2$ e $d_3$, e poi la spinta **S** esercitata dal fluido sulla parete, in modulo, direzione e verso.

Dati: $V_1 = 10$ m/s, $d_1 = 10$ cm.




**Esercizio 8.** La pompa di un impianto di sollevamento (di acqua, $\rho = 998$ kg/m$^3$) è alimentata da un motore elettrico di potenza pari a 8.333 KW e rendimento del 90%. La differenza di quota tra le superfici libere dei due bacini è pari a $h_2 - h_1 = 9$ m e la perdita di carico nella condotta è $h_L = 4.5$ m. Determinare la portata e la potenza dissipata nella condotta di sollevamento.

19 maggio 2017

1. Con il riscaldamento il volume specifico del liquido aumenta

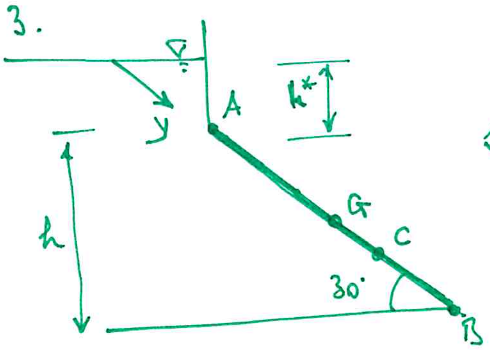
$$\frac{d\rho}{\rho} = -\beta \, dT \quad \rightarrow \quad \frac{d\rho}{\rho} = -10^{-5} \, T \, dT \quad \rightarrow \quad \ln \frac{\rho_2}{\rho_1} = -10^{-5} \frac{T_2^2 - T_1^2}{2}$$

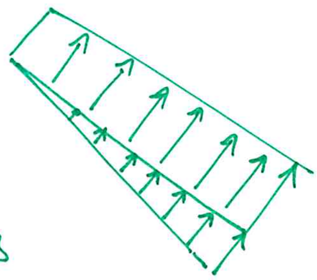
$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 0.85 \quad \longrightarrow \quad \frac{V_2}{V_1} = 1.17$$

2. $$p_{1\,gage} = (88 - 101) \times 10^3 \, Pa = -1.3 \times 10^4 \, Pa = -\rho_{H_2O}\, g\, h_2 - \rho_2\, g\, h_3 + \rho_1\, g\, h_1$$

$$h_3 = \frac{\gamma_1 h_1 - \gamma_{H_2O} h_2 - p_{1\,gage}}{\gamma_2} = 1.385 \text{ m}$$

3.



$G$ = baricentro paratia AB
$C$ = centro di spinta

$\overline{AB} = 2$ m
$b = 1$ m (profondità)
$h = 1$ m

$P = 19612$ N (peso paratia)

$$p_{A\,gage} = \rho g h^*$$

$$p_G = \rho g \left(h^* + \frac{h}{2}\right)$$

$$F_{\square} = \rho g h^* (\overline{AB} \cdot 1)$$

$$F_{\Delta} = \rho g \frac{h}{2} (\overline{AB} \cdot 1)$$

Equilibrio dei momenti

$$F_{\square} \frac{\overline{AB}}{2} + F_{\Delta} \frac{2}{3}\overline{AB} = P \, \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}\overline{AB}}{2}$$

$$2 \rho g h^* + \frac{4}{3} \rho g h = \frac{\sqrt{3}}{2} P$$

$$h^* = 0.1994 \text{ m} = 19.94 \text{ cm}$$

Alternativamente: $$F_R = F_{\square} + F_{\Delta} = \rho g \left(h^* + \frac{h}{2}\right)(\overline{AB} \cdot 1)$$

centro di spinta (dal pelo libero): $$y_C = y_G + \frac{I_{xx,G}}{y_G A}$$

$y_G = 1 + 2h^*$
$A = 2\,[m^2]$ $\quad I_{xx,G} = \frac{1 \cdot 2^3}{12}\,[m^4]$

$$y_C = 1 + 2h^* + \frac{1}{3} \frac{1}{1 + 2h^*}$$

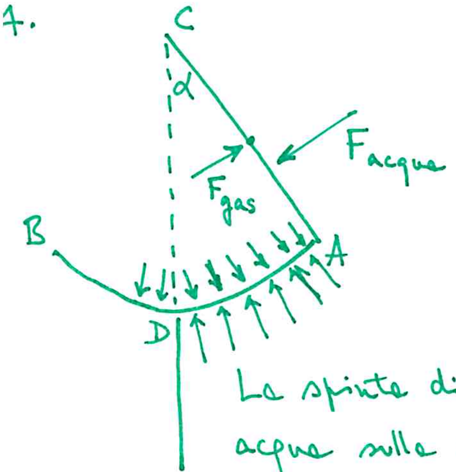
La coordinata $y$ del centro di spinta C è: $1+2h^* + \frac{1}{3(1+2h^*)}$

Il braccio della risultante è $\bar{b} = 1 + \frac{1}{3(1+2h^*)}$, misurato rispetto ad A.

Bilancio dei momenti: $\rho g \left(h^* + \frac{h}{2}\right)(\overline{AB} \cdot 1) \cdot \bar{b} = P \frac{\sqrt{3}}{4} \overline{AB}$

Svolgendo: $3h^{*2} + 0.9019\,h^* - 0.299 = 0 \rightarrow$ la soluz. accettabile è $h^* = 0{,}1994$ m.

4.




La spinta di gas e acqua sulla superficie curva $\widehat{AB}$ non genera momento rispetto a C!

$$F_{gas} = p_{gas}(\overline{CA} \cdot 1) \qquad \text{braccio}_{gas} = \frac{\overline{CA}}{2}$$

$$F_{acqua} = \rho g \frac{\overline{CA} \cos 10^\circ}{2} (\overline{CA} \cdot 1) \qquad \text{braccio}_{H_2O} = \frac{2}{3} \overline{CA}$$

Bilancio dei momenti:

$$p_{gas} = \rho g \frac{2}{3} \overline{CA} \cos 10^\circ = 1932 \text{ Pa}$$

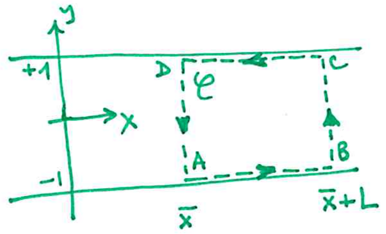
5. Nell'ipotesi in cui non ci siano perdite: $p_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$

Continuità: $A_1 V_1 = A_2 V_2$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho V_2^2 \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right] = \frac{1}{2}\rho V_2^2 (1-\beta^4)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho(1-\beta^4)}} \longrightarrow \dot{m} = \rho A_2 V_2 = A_2 \left[\frac{2\rho \Delta p}{1-\beta^4}\right]^{1/2}$$

6.




Le linee di corrente sono parallele al vettore velocità (ad ogni istante dato): in questo caso sono quindi parallele all'asse x.

$$\vec{\zeta} = \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)\vec{k} = 4y\,\vec{k}$$

modulo: $4y$
direzione: asse $z$
verso: positivo se $y>0$, negativo se $y<0$

Teorema di Stokes:

$$\Gamma = \oint_\ell \vec{V} \cdot d\vec{\ell} = \int_A \vec{\zeta} \cdot \vec{n}\, dA$$

In questo caso:

$$\Gamma = \int_A^B \cancel{u}\,dx + \int_B^C \cancel{v}\,dy + \int_C^D \cancel{u}\,dx + \int_D^A \cancel{v}\,dy \equiv 0$$

$u=0$ in AB $\quad$ $v=0\ \forall x,y$ $\quad$ $u=0$ in CD $\quad$ $v=0\ \forall x,y$

$$\Gamma = \int_{-1}^{1}\int_{\bar{x}}^{\bar{x}+L} 4y\,dx\,dy = 2y^2L\Big|_{-1}^{1} = 0$$

Il teorema di Stokes è quindi verificato.

7.

1. Assenza di fenomeni dissipativi:

linea di corrente A: $\cancel{p_1} + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = \cancel{p_2} + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \rightarrow V_1 = V_2$

linea di corrente B: analogamente $\quad V_1 = V_3$

2. $V_1 d_1 = V_2 d_2 + V_3 d_3 \longrightarrow d_1 = d_2 + d_3$

3. $R_x = 0$ (non c'è forza tangenziale della parete sul fluido per l'assenza di attriti)

x: $\quad 0 = \dot{m}_2 V_2 + (-\dot{m}_1 V_1 \cos\beta) - \dot{m}_3 V_3$

$\rightarrow d_2 = d_3 + d_1 \cos\beta$

a sistema con $d_1 = d_2 + d_3 \longrightarrow$ $d_3 = 1.464$ cm, $d_2 = 8.536$ cm

y: $\quad R_y$ = forza normale della parete sul fluido (direzione e verso dell'asse y)

$$R_y = \dot{m}_1 V_1 \sin\beta = \rho\, d_1 V_1^2 \sin\beta = 7057 \text{ N}$$

La spinta $\vec{S}$ esercitata dal fluido è uguale in modulo e di verso opposto, i.e. $\vec{S} = \vec{S}_y = -7.06\,\vec{j}$ [kN]

8. $\dot{W}_{elect,\,in} = 8.333 \text{ kW}$

$\eta = 0.90$

$\mapsto \Delta\dot{E}_{mech,\,fluid} = \eta\,\dot{W}_{elect,\,in} = 7.50 \text{ kW}$

$$h_p = (h_2 - h_1) + h_L = 13.5 \text{ m}$$

$$\Delta\dot{E}_{mech,\,fluid} = \dot{m}\,g\,h_p \qquad \dot{m} = \frac{7.50 \times 10^3}{9.81 \times 13.5} = 56.63 \ \frac{kg}{s}$$

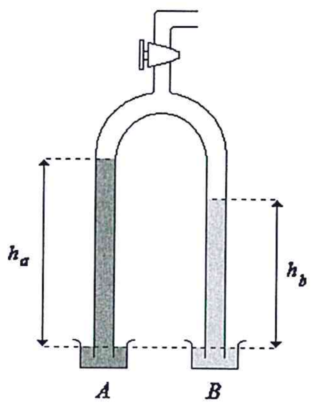
$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{56.63}{998} = 5.67 \times 10^{-2} \ \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{W}_L = \dot{m}\,g\,h_L = 56.63 \times 9.81 \times 4.5 = 2.50 \text{ kW}$$

## COMPITO DI MECCANICA DEI FLUIDI – recupero 19 maggio 2017 – FILA B

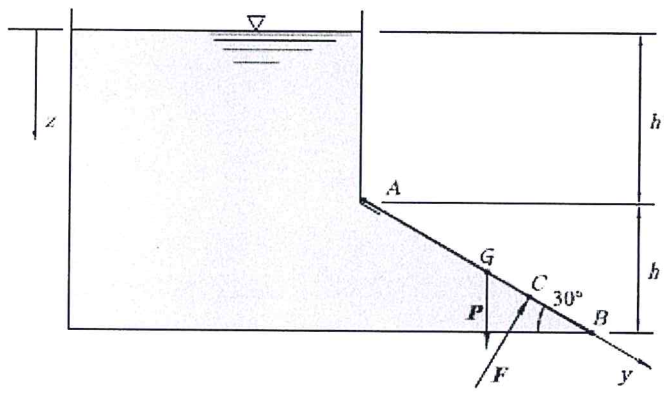
**Esercizio 1.** Si consideri un liquido che viene mantenuto a temperatura costante e compresso da $p_1$ = 1 atm a $p_2$ = 500 atm. Il suo volume specifico $v$ aumenta o diminuisce? Quanto vale il rapporto tra $v_2/v_1$ se il coefficiente di comprimibilità (misurato in atmosfere) è $\kappa = 10^4\ p^{0.1}$ (con la pressione p espressa in atmosfere)?

**Esercizio 2.** Con il tubo ad U rovesciato in figura, è possibile confrontare la densità di due liquidi, misurandone le diverse altezze. Nei due rami del tubo vengono versati liquidi diversi; viene quindi aspirata dell'aria dalla sommità in modo che, data la differenza di pressione fra la superficie libera nei recipienti aperti $A$ e $B$ e quella interna, i due liquidi salgono lungo i rami. Il liquido nella colonna di sinistra è acqua ($\rho_{H20}$ = 998 kg/m$^3$), quello di destra è incognito. Se $h_a$ = 168 cm e $h_b$ = 212 cm, si determini il liquido incognito (cioè si valuti $\rho_b$) e si determini la pressione relativa dell'aria sotto la valvola.



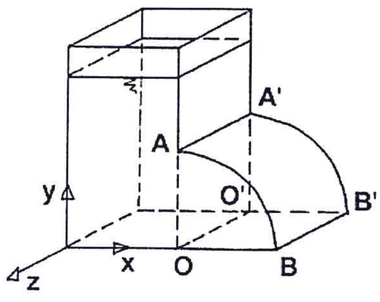

**Esercizio 3.** Dato il cassone di figura contenente acqua, calcolare il minimo valore di h* per il quale la paratoia rettangolare di traccia $AB$, incernierata in $B$ e di profondità b, è in equilibrio. Il punto $G$ di figura indica il baricentro della paratoia, mentre $C$ indica il centro di spinta della risultante idrodinamica, indicata con $\mathbf{F}$.

Dati: h = 1 m; b = 1 m; P = 20000 N (peso della paratoia); $\gamma$ = 10000 N/m$^3$.

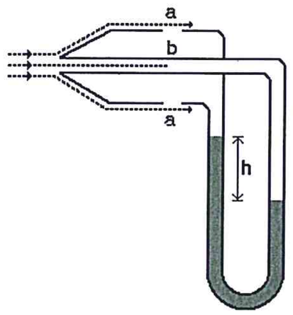



**Esercizio 4.** Con riferimento alla figura, si valuti la spinta (in modulo, direzione e verso) esercitata dall'acqua sulla superficie gobba AA'B'B, di apertura AA' pari a 1.7 m, se la distanza del pelo libero dell'acqua dal segmento AA' è pari a 4,2 m, e il raggio del quarto di cerchio AB è r = 2.3 m.

Dato: $\gamma_{H20}$ = 9806 N/m$^3$.



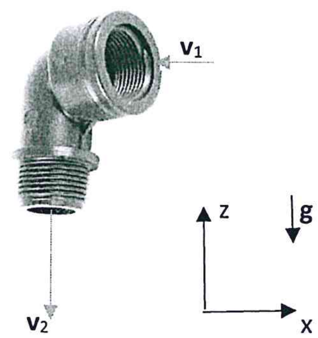
**Esercizio 5.** Il tubo di Pitot di figura serve a stimare la velocità v dell'aria ($\rho_{aria}$ = 1.29 kg/m$^3$) che scorre da sinistra verso destra, tramite la misura della colonna h di un manometro a olio ($\rho_{olio}$ = 0.81 kg/dm$^3$). in figura sono visualizzate tre linee di corrente, di cui una ("b") è la cosiddetta *linea di ristagno*. Quanto vale la velocità dell'aria? Quale ipotesi si deve fare per raggiungere questo risultato?




Dato: h = 25 cm.

**Esercizio 6.** E' assegnato il moto piano stazionario: $u = y$, $v = 0$, valido nella striscia $-\infty < x < +\infty$ , $-1 \leq y \leq 1$. Come sono le linee di corrente? Si calcoli il vettore vorticità, specificandone modulo, direzione e verso. Si applichi il teorema di Stokes, calcolando la circolazione $\Gamma$ su un circuito rettangolare di lunghezza $L$ in direzione $x$ e 2 in direzione $y$, percorso in senso antiorario.

**Esercizio 7.** Dell'acqua entra in una tubatura a sezione circolare che forma un gomito di 90°, alla velocità costante $v_1$ = 5 m/s. Il gomito di figura ha una massa pari a 6 kg e dimensioni tali da contenere 4 kg di acqua ($\rho_{H2O}$ = 998 kg/m$^3$) tra le due flange. Trovare la spinta **R** esercitata sul gomito dall'acqua che lo attraversa.




Dati: $p_{1\ gage}$ = 2.375 x 10$^5$ Pa; $p_{2\ gage}$ = 0.5 x 10$^5$ Pa; $D_1$ = 0.1 m (diametro della sezione di ingresso); $D_2$ = 0.05 m (diametro della sezione di uscita).

**Esercizio 8.** La turbina idraulica usata in un impianto idroelettrico sfrutta un dislivello $z_1$-$z_2$ = 25 m (*salto disponibile*) tra le superfici libere nei serbatoi a monte e a valle dell'impianto. Nel sistema idraulico le perdite di carico distribuite e localizzate sono pari a $h_L$ = 3 m. Quanto è *salto utile* della turbina? Quanto vale la potenza elettrica generata dalla turbina, se il sistema turbina-alternatore ha un rendimento pari a 82% e la portata in massa attraverso la turbina è di 26 kg/s? Quanto è la frazione della potenza teoricamente disponibile che non viene trasformata in energia elettrica?

19 maggio 2017 (fila B)

1. Con la compressione il volume specifico del liquido diminuisce

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dp}{K} = 10^{-4}\, p^{-0.1}\, dp$$

$$\ln \frac{\rho_2}{\rho_1} = 10^{-4} \left[ \frac{1}{0.9}\, p^{0.9} \right]_{p_1}^{p_2} \cong 0.02973 \longrightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.030$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 0.971$$

2. $$p_{gas} + \rho_a g h_a = p_{gas} + \rho_b g h_b = p_{atm}$$

$$\rho_a h_a = \rho_b h_b \qquad \rho_b = \rho_a \frac{h_a}{h_b} = 998 \times \frac{168}{212} = 791 \text{ kg/m}^3$$

$$p_{gage\ gas} = p_{gas} - p_{atm} = -\rho_a g h_a = -\rho_b g h_b = -998 \times 9.81 \times 1.68 = -16448 \text{ Pa.}$$

3. Vedasi svolgimento fila A, eccetto per il fatto che la paratia e' ora incernierata in B.

Equilibrio dei momenti:

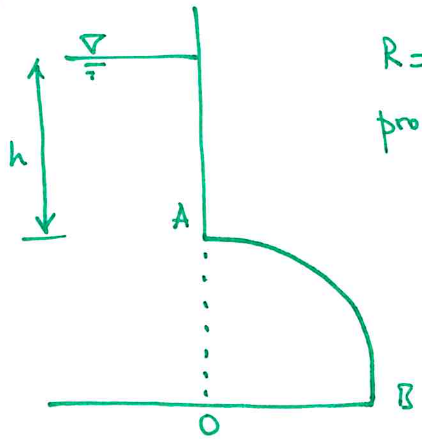
$\overline{AB} = 2$ m $\qquad h = 1$ m

$$\rho g h^* (\overline{AB} \cdot 1) \underbrace{\frac{\overline{AB}}{2}}_{\substack{\text{braccio di} \\ F_\square}} + \rho g \frac{h}{2} (\overline{AB} \cdot 1) \cdot \underbrace{\frac{1}{3}\overline{AB}}_{\substack{\text{braccio} \\ \text{di } F_\Delta}} = P \frac{\sqrt{3}}{4} \overline{AB}$$

$$h^* = \frac{3\sqrt{3}\, P - 2 \gamma h \overline{AB}}{6 \gamma \overline{AB}} = 0.5327 \text{ m} = 53.27 \text{ cm}$$

Il metodo alternativo procede allo stesso modo della fila A, ad eccezione del braccio, rispetto al polo B, della risultante che vale $\bar{b} = 1 - [3(1+2h^*)]^{-1}$

4.

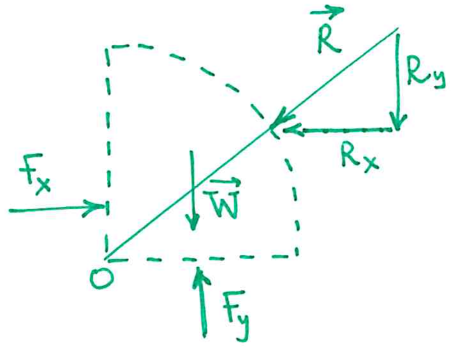



$h = 4.2$ m

$R = \overline{OB} = 2.3$ m

profondità $= 1.7$ m $= p$

Isolo un blocco di liquido all'equilibrio ed impongo uguaglianze di forze verticali e orizzontali.




$\vec{R}$ = reazione della gobba sul fluido

Lavoro con pressioni relative:

$$F_x = \rho g \left(h + \frac{R}{2}\right)(R \cdot p)$$

$$F_y = \rho g (h + R)(R \cdot p)$$

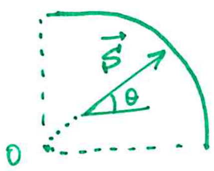
$$W = \rho g \frac{\pi R^2}{4} p$$

$\rightarrow$

$$R_x = F_x = 2.051 \times 10^5 \text{ N}$$

$$R_y = F_y - W = 1.800 \times 10^5 \text{ N}$$

La spinta del fluido passa per O, e' uguale in modulo ed ha verso contrario rispetto a R.




$$|\vec{S}| = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = 2.729 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{S_y}{S_x} = 41.27°$$

5. Nell'ipotesi in cui non ci siano perdite per irreversibilita' posso applicare l'eq. di Bernoulli su una linea di corrente.

Linea di corrente "a" (fuori dal tubo di Pitot e esterna allo strato limite):

$$p_a + \frac{1}{2}\rho_{aria} W_\infty^2 = \underbrace{p_\infty + \frac{1}{2}\rho_{aria} W_\infty^2}_{\text{stazione a monte}} \rightarrow p_a = p_\infty$$

Linea di corrente "b": $p_\infty + \frac{1}{2}\rho_{aria} W_\infty^2 = p_b$ = pressione di ristagno

Eq. dell' idrostatica all' interno del tubo di Pitot :

$$p_b = p_a + \rho_{olio}\, g h = p_\infty + \rho_{olio}\, g h$$

$$\Rightarrow \quad \rho_{olio}\, g h = \frac{1}{2} \rho_{aria} U_\infty^2 \quad \rightarrow \quad U_\infty = \sqrt{2 \frac{\rho_{olio}}{\rho_{aria}} g h} = 55.5 \ \frac{m}{s}$$

6. $\begin{array}{l} u = y \\ v = 0 \end{array}$ in $\begin{array}{l} -\infty < x < \infty \\ -1 \le y \le 1 \end{array}$

Le linee di corrente sono parallele al vettore velocità, cioè parallele all' asse x.

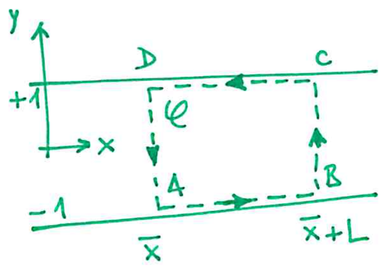
$$\vec{\zeta} = \vec{k} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \vec{k}$$

$|\vec{\zeta}| = 1$

direzione : asse z

verso : $-\vec{k}$

Teorema di Stokes: $\Gamma = \oint_{\mathcal{C}} \vec{v} \cdot d\vec{l} = \int_A \vec{\zeta} \cdot \vec{k} \, dA$



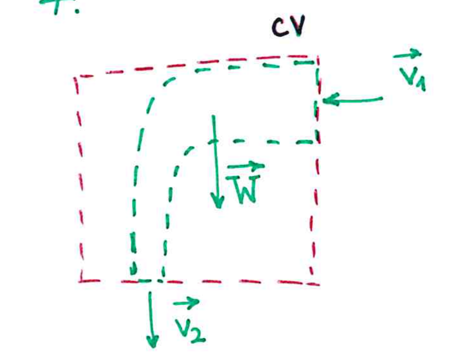

$$\Gamma = \int_{AB} u(x,-1)\, dx + \cancel{\int_B^C v(\bar{x}+L, y)\, dy}^{\,v=0} +$$

$$+ \int_{CD} u(x,1)\, dx + \cancel{\int_{DA} v(\bar{x}, y)\, dy} =$$

$$= \int_{\bar{x}}^{\bar{x}+L} - dx + \int_{\bar{x}+L}^{\bar{x}} dx = -2L$$

$$\Gamma = \int_{\bar{x}}^{\bar{x}+L} \int_{-1}^{1} (-\vec{k}) \cdot \vec{k} \, dy\, dx = - \int_{\bar{x}}^{\bar{x}+L} \int_{-1}^{1} dy\, dx = -2L \qquad \text{c.v.d.}$$

7.



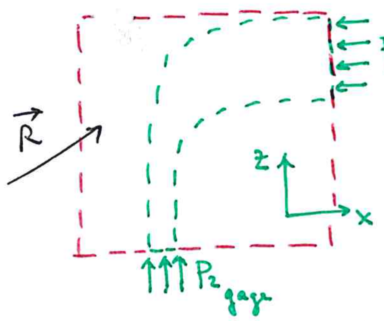

Conservazione della massa:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \rightarrow V_2 = V_1 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = 20 \text{ m/s}$$

Chiamando $\vec{R}$ la spinta della parete sul volume di controllo:

$$\vec{R} + \vec{W} + (-p_1 A_1)\vec{i} + (p_2 A_2)\vec{k} =$$

$$= \beta_2 \dot{m} (-V_2)\vec{k} - \beta_1 \dot{m} (-V_1)\vec{i}$$



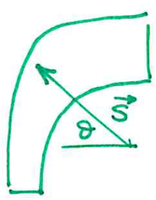

$$x: \quad R_x = \dot{m} V_1 + p_1 A_1 \qquad (\text{assumendo } \beta \approx 1)$$

$$y: \quad R_y = -\dot{m} V_2 + W - p_2 A_2$$

$$W = (6+4) \times 9.81 = 98.1 \text{ N}$$

$$\Rightarrow R_x = + 2061 \text{ N}, \quad R_y = -784 \text{ N}$$

La spinta del fluido (che deve essere sopportata dai bulloni nelle giunture del gomito) e': $|\vec{S}| = 2205$ N




e forma un angolo con l'orizzontale pari a $\theta = \tan^{-1} \frac{784}{2061} = 20.82°$

8.

$$\cancel{\frac{p_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + z_1 = \cancel{\frac{p_2}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + z_2 + h_{turbine} + h_L$$

$p_1 = p_2 \quad V_1 \simeq V_2 = 0 \qquad h_{turbine} = (z_1 - z_2) - h_L = 22$ m

La potenza del fluido in ingresso alla turbina e': $\Delta \dot{E}_{mech,in} = \dot{m} g h_{turbine}$

$$\Delta \dot{E}_{mech,in} = 26 \times 9.81 \times 22 = 5.61 \text{ kW}$$

$\dot{W}_{teorica} = \dot{m} g (z_1 - z_2) = 6.38$ kW

$$\dot{W}_{elect,out} = \eta \Delta \dot{E}_{mech,in} = 4.60 \text{ kW}$$

$\dot{W}_{\text{non trasformata in potenza elettrica}} = \dot{m} g (z_1 - z_2 - \eta h_{turbine}) = 1.78$ kW $\rightarrow$ 28% di $\dot{W}_{teorica}$