Mecánica de Fluidos

PRIMER PARCIAL 11 – 10 – 2012

Problema 1:

Considere la función dada por $\Psi = 4\,x\,y$,

a) Encuentre las componentes de velocidad del fluido correspondiente e indique si se satisface la ecuación de continuidad.
b) Trazar algunas líneas de corriente y sugerir a partir de lo graficado alguna situación concreta a la que corresponde este flujo.
c) Hallar las componentes de la aceleración en el punto (1 , 1).

Problema 2:

A bajas velocidades el flujo por el interior de un tubo circular muy largo viene dado por

$$u = U_0\left(1 - \frac{r^6}{R^6}\right)$$

Siendo R el radio del tubo y U_0 la velocidad en el eje

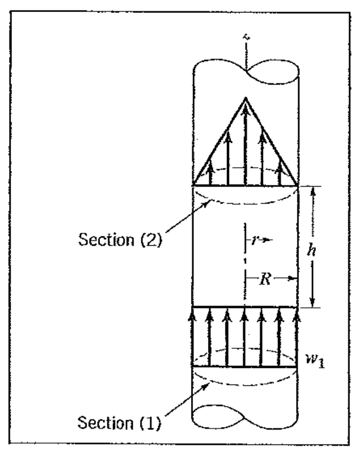
a) Hallar el caudal y la velocidad media.
b) Si el perfil persiste a lo largo de una distancia L ¿Qué fuerza de fricción sobre el tubo hace el fluido a lo largo de esa distancia?
c) Clasifique el flujo de acuerdo a los conocimientos vistos en clase, suponiendo que $U_0 = 0{,}5$ cm/s y con $\mu = 10{,}25\ 10^{-5}$ Kgf. s /m^2 y $\rho = 998$ kg/m^3 y un diámetro 10 mm.

Problema 3

Un flujo de agua se desplaza en una tubería circular de sección circular como la mostrada en el dibujo. En la sección (1) el perfil de velocidades sobre el pared transversal es uniforme. En la sección (2) el perfil de velocidades es:

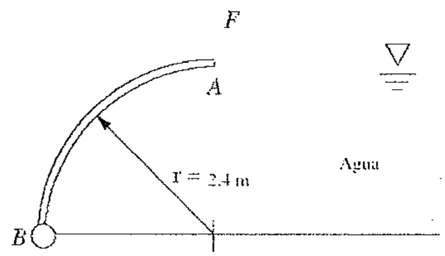
$$V = w_c\left(\frac{R - r}{R}\right) \text{[illegible]}$$

Donde wc es la velocidad en el eje , R es el radio de tubo. D esarrollar una expresión para la caída de presión que ocurre entre las secciones (1) y (2).



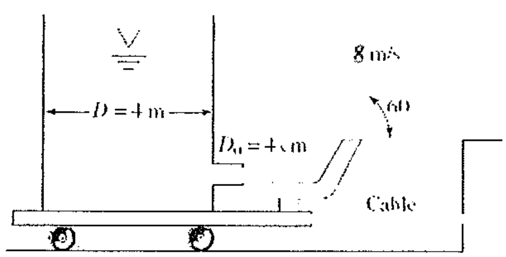
Parte práctica

Ejercicio 1



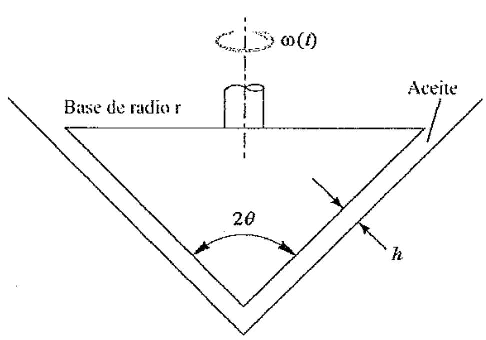
La compuerta AB de la figura pesa 1500 Kg y puede rotar en B hacia la izquierda, para evitar que se mueva por la presión del agua y rote se aplica la fuerza F en el punto A.
Si la superficie curva tiene forma de cuarto de circulo, donde el baricentro se encuentra a $\frac{4R}{3\pi}$ de cada lado y el fluido es agua cuya densidad puede tomarse como 1000 Kg/m^3, calcule el valor de la fuerza F que evitará que la compuerta se mueva.

Ejercicio 2:



El tanque de la figura mide 4m de diámetro, se encuentra sobre un carro pero este está amarrado a la pared por un cable lo que impide su movimiento.
El agua del tanque alimenta una tobera de 4 cm por la que sale un chorro de agua que impacta sobre un álabe que lo desvía 60°, sabiendo que el agua tiene una densidad de 1000 Kg/m^3 se pide calcular con los datos especificados la tensión que está soportando el cable.
Considerar que el fluido es incompresible y el área del chorro que sale de la tobera permanece constante durante el recorrido por el álabe. Cualquier consideración que efectúe se solicita justificarla.

Ejercicio 3:



Un cono sólido de ángulo 2θ y de base r está rotando con una velocidad angular ω dentro de un asiento cónico como el mostrado en la figura, la holgura h está llena de aceite de viscosidad μ. Depreciando el rozamiento del aire con la base obtenga prácticamente una expresión mediante la cual pueda calcular el torque T necesario para vencer el rozamiento de la superficie del cono con el aceite que hay en el huelgo, considere que el perfil de velocidad es lineal.

(Ayuda: El área lateral del cono puede calcularse como $A_{lateral} = \pi\, r\, G$; donde G es el valor de la generatriz)

Problema 1

Dada $\varphi\ \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}$, $\varphi(x,y) = 4xy$ (Función corriente)

a) Hallar campo de velocidades $\bar{V}$;

$$\bar{V}: \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^2 \quad \bar{V}(x,y) = u(x,y)\hat{i} + v(x,y)\hat{j}$$

Para Función corriente, la Función se define:

$$\boxed{u = \partial\varphi/\partial y} \ (1), \quad \boxed{v = -\partial\varphi/\partial x} \ (2)$$

Aplico (1) y (2):

) $u = \dfrac{\partial(4xy)}{\partial y} = 4x\dfrac{\partial(y)}{\partial y} \Rightarrow \boxed{u = 4x}$

) $v = -\dfrac{\partial(4xy)}{\partial x} = -4y\dfrac{\partial(\cancel{x})}{\partial x} \Rightarrow \boxed{v = -4y}$

$\therefore \boxed{\bar{V} = 4x\hat{i} + (-4y)\hat{j}}$ (3)

) Se satisface la ec de continuidad si:

$$\boxed{\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho\cdot(\bar{\nabla}\cdot\bar{V}) = 0} \ (4)$$

Es incompresible $\Longleftrightarrow \bar{\nabla}\cdot\bar{V} = 0$, calculo:

$$\bar{\nabla}\cdot\bar{V} = \left(\frac{\partial}{\partial x};\frac{\partial}{\partial y}\right)\cdot(u,v) = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} =$$

$$= \frac{\partial(4x)}{\partial x} + \frac{\partial(-4y)}{\partial y} = 4 - 4 = 0 \ ; \ \therefore \text{ es incompre}$$

Si $\bar{\nabla}\cdot\bar{V} = 0 \Longrightarrow \boxed{\rho = cte}$ (5), Aplico (5) en (4).

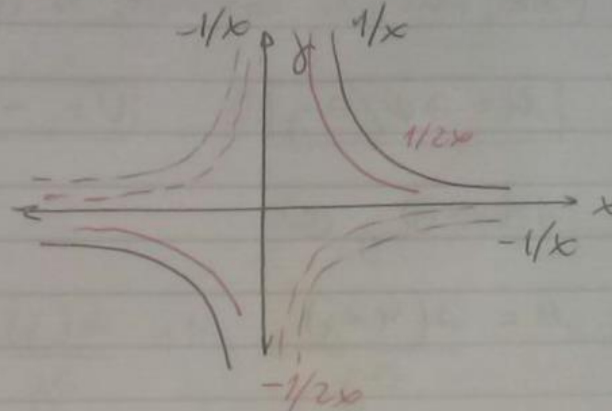
$$\cancel{\frac{\partial \rho}{\partial t}}^{0} + \rho\,\cancel{(\bar{\nabla}\cdot\bar{v})}^{0} = 0$$ Se cumple ec. continuidad.

b) Lineas de corriente:

$$4xy = \psi = \text{constante} \ ; \quad c \in \mathbb{R}$$

$$y = \frac{c}{4x} \longrightarrow \boxed{y = \frac{k}{x}} \ ; \quad k \in \mathbb{R} \ , \ k = c/4$$ ⑥

c	$y = c/4x$
-4	$y = -1/x$
-2	$y = -1/2x$
0	$y = 0$
2	$y = 1/2x$
4	$y = 1/x$



·) Lineas de ψ son perpendiculares a lineas de potencial ϕ.

·) Actúa como sumidero desde origen de coordenadas (0,0).

c) Hallar $\bar{a}$ (1,1)

Calculo derivada total: $$\bar{a} = \frac{D\bar{v}}{Dt} = \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + (\bar{v}\cdot\bar{\nabla})\cdot\bar{v}$$

$$\bar{a} = \begin{cases} a_x = \cancel{\frac{\partial u}{\partial t}}^{0} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\cancel{\frac{\partial u}{\partial y}}^{0} + w\cdot\cancel{\frac{\partial u}{\partial z}}^{0} \\ a_y = \cancel{\frac{\partial v}{\partial t}}^{0} + u\cdot\cancel{\frac{\partial v}{\partial x}}^{0} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\cdot\cancel{\frac{\partial v}{\partial z}}^{0} \\ a_z = \cancel{\frac{\partial w}{\partial t}}^{0} + u\cdot\cancel{\frac{\partial w}{\partial x}}^{0} + v\cancel{\frac{\partial w}{\partial y}}^{0} + w\cdot\cancel{\frac{\partial w}{\partial z}}^{0} \end{cases}$$

$\bar{a} = u\frac{\partial u}{\partial x}\,\hat{i} + v\frac{\partial v}{\partial y}\,\hat{j}$

$\bar{a} = 4x\,4\,\hat{i} + (-4y)(-4)\,\hat{j}$, $\boxed{\bar{a} = 16x\,\hat{i} + 16y\,\hat{j}}$

en $(1,1)$, $\boxed{\bar{a}(1,1) = (16, 16)}$

Problema 2

a) Hallar caudal Q y velocidad media V_{med}

Perfil de velocidades, $\boxed{u(r) = U_0\left(1 - (r/R)^6\right)}$ ①

R: radio total, U_0: velocidad en el eje.

Se define caudal, $dQ = V \cdot dA$

$dQ = \bar{V}\cdot\hat{n}\cdot dA \Rightarrow \boxed{Q = \iint_A \bar{V}\cdot\hat{n}\, dA}$ ②

Para sección circular usamos coordenadas polares,

$A \begin{cases} \theta \in [0, 2\pi] \\ r \in [0, R] \end{cases} \Rightarrow \boxed{Q = \int_0^{2\pi}\int_0^R \bar{V}\cdot\hat{n}\cdot r\, dr\, d\theta}$ ③

reemplazo ① en ③:

$$Q = \int_0^{2\pi}\int_0^R U_0\left(1 - \frac{r^6}{R^6}\right) r\, dr\, d\theta = U_0\int_0^{2\pi}\int_0^R \left(r - \frac{r^7}{R^6}\right) dr\, d\theta$$

$$Q = U_0\left[\int_0^{2\pi}\int_0^R r\, dr\, d\theta - \frac{1}{R^6}\int_0^{2\pi}\int_0^R r^7\, dr\, d\theta\right] =$$

Perfil de velocidades: $\boxed{u = U_0\left(1 - \frac{r^6}{R^6}\right)}$ ①

a) ¿Caudal? $\boxed{Q = u \cdot A}$ ② ; Q: caudal
A: área
u: velocidad

Para calcular, integramos la expresión ②:

$$\boxed{dQ = u \cdot dA} \quad ③$$

Tomamos elementos diferenciales de área:

$$A = \pi \cdot r^2 \longrightarrow \boxed{dA = 2\pi r\, dr} \quad ④$$

Integramos ③ con ④ y ①

$$\int_0^Q dQ = \int_0^R u \cdot 2\pi r\, dr$$

$$Q = \int_0^R U_0\left(1 - \frac{r^6}{R^6}\right) \cdot 2\pi r\, dr$$

$$Q = U_0 \cdot 2\pi \int_0^R \left(r - \frac{r^7}{R^6}\right) dr =$$

$$Q = U_0 \cdot 2\pi \left[\frac{R^2}{2} - \frac{1}{R^6} \cdot \frac{1}{8} \cdot R^8\right]$$

$$Q = U_0 \cdot 2\pi \left[\frac{R^2}{2} - \frac{R^2}{8}\right] \; ; \; Q = U_0 \cdot 2\pi \cdot R^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{8}\right]$$

$$Q = U_0 \cdot 2\pi \cdot R^2 \left[\frac{4-1}{8} \right]$$

$$\boxed{Q = \frac{3}{4} \pi U_0 R^2} \quad (5)$$

verificamos unidades;

$\Rightarrow$ $[Q] = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{L^3}{T}$

$\Rightarrow$ $[Q] = \left[\frac{3}{4}\pi\right] [U_0] [R^2] = 1 \cdot [\text{velocidad}] \cdot (\text{área})$

$$[Q] = 1 \cdot \frac{L}{T} \cdot L^2 \longrightarrow [Q] = \frac{L^3}{T} \quad \checkmark$$

a) ¿Velocidad media (V_{med})?

$$V_{med} = \frac{\int_0^R u \cdot dr}{R} = \int_0^R \frac{U_0 (1 - r^6/R^6)}{R} dr$$

$$V_{med} = \frac{U_0}{R} \left[r \Big]_0^R - \frac{1}{R^6} \cdot \frac{r^7}{7} \Big]_0^R \right]$$

$$V_{med} = \frac{U_0}{R} \left[R - \frac{R^7}{7 \cdot R^6} \right] ; \quad V_{med} = \frac{U_0}{R} \left[R - \frac{R}{7} \right]$$

$$V_{med} = \frac{U_0}{R} \cdot R \left[1 - \frac{1}{7} \right] \longrightarrow \boxed{V_{med} = U_0 \cdot \frac{6}{7}} \quad (6)$$

b) Esfuerzo de corte sobre paredes del tubo

Para fluidos newtonianos:

$$\boxed{\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}} \quad (7)$$

En este caso; $dy = dr$ (variable: radio)

Calculo $\frac{dv}{dr}$; $\quad v = v_0 (1 - r^6/R^6)$ (ec 1)

$$\frac{dv}{dr} = v_0 \cdot \frac{d[1 - r^6/R^6]}{dr}$$

$$\frac{dv}{dr} = v_0 \left[0 - \frac{1}{R^6} \cdot 6 r^5 \right]$$

$$\boxed{\frac{dv}{dr} = \frac{-6v_0}{R^6} \cdot r^5} \quad \text{, ec (7)}$$

$$\boxed{\tau = \mu \cdot \left(- \frac{6v_0}{R^6} \right) \cdot r^5} \quad \text{; para } r = R$$

$$\tau = \frac{-\mu \cdot 6 v_0}{R^6} \cdot R^5 \longrightarrow \boxed{\tau = (-6 \cdot \mu \cdot v_0)/R} \; (8)$$

verifico unidades;

$$[\tau] = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \frac{M \cdot L}{T^2 \cdot L^2} = \frac{M}{T^2 \cdot L}$$

$$[(-6 \cdot \mu \cdot v_0)/R] = 1 \cdot \frac{M}{L \cdot T} \cdot \frac{L}{T} \cdot L^{-1} = \frac{M}{T^2 \cdot L}$$

✓

c) clasifico el flujo acorde al nro de Reynolds Re.

$$\boxed{Re = \frac{\rho \cdot V \cdot \phi}{\mu}}$$, reemplazo valores,

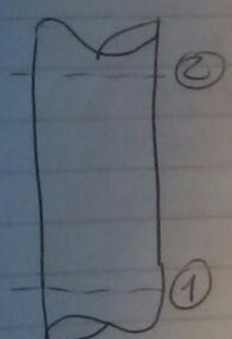
$$Re = \frac{998 \, kg}{m^3} \cdot \frac{0{,}5 \, cm}{s} \cdot \frac{1 \, m}{10^2 \, cm} \cdot \frac{10 \, mm \cdot 1 \, m}{10^3 \, mm} \cdot \frac{m^2}{10{,}25 \cdot 10^{-5} \, kgf} \cdot \frac{kgf \cdot s^2}{s \, 9{,}8 \, N} \cdot \frac{N}{kg \, m}$$

$$\boxed{Re = 365{,}12}$$

dado que $Re < 2500$, en caso confinado, el fluido es laminar.

Problema 3 Hallar expresión para caída de presión ΔP_{12}

Esquema:



Consideraciones teóricas:
- Flujo sin pérdida de carga
- Ec. Bernoulli válida
- perfil de velocidades: V_1 y $V_2 \neq f(r)$

Resolución:
i) planteo ec Bernoulli entre 1 y 2

$$\boxed{\frac{P_1}{\delta g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\delta g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2} \quad (1)$$

definido $\Delta P_{12} = P_1 - P_2$, obtengo de (1)

$$\delta g \left(\frac{P_1}{\delta g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) = \left(\frac{P_2}{\delta g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) \delta g$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \delta V_1^2 + \delta g \, z_1 = P_2 + \frac{1}{2} \delta V_2^2 + \delta g \, z_2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\delta}{2} \left(V_2^2 - V_1^2 \right) + \delta g \left(z_2 - z_1 \right)$$. con $h = z_2 - z_1$

$$\boxed{\Delta p = \frac{\rho}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right) + \rho g h} \quad (2)$$

Datos:) $v_1 = w_1 \equiv$ constante

) $v_2 = f(r) \Rightarrow \boxed{v_2 = w_c \left(\frac{R-r}{R}\right)} \quad (3)$

Para v_2 y v_1 tomo velocidades medias,

) $\langle v_1 \rangle = w_1$ (constante).

) $\langle v_2 \rangle = ? \rightarrow$ calculo velocidad media con fórmula de caudal Q:

$$dQ = \bar{v} \cdot \hat{n} \cdot dA \Rightarrow \boxed{Q = \iint_A \cdot \bar{v} \cdot \hat{n} \cdot dA} \quad (4)$$

Dada sección circular, utilizamos coordenadas polares:

$\boxed{dA = r \cdot d\theta \cdot dr} \quad (5) \qquad A: \theta \in [0, 2\pi],\ r \in [0, R],$

integramos:
$$Q = \int_0^{2\pi}\int_0^R w_c\left(\frac{R-r}{R}\right)\hat{j}\cdot\hat{j}\cdot r\, dr\, d\theta$$

$$Q = \frac{w_c}{R}\int_0^{2\pi}\int_0^R \left(Rr - r^2\right) dr\, d\theta =$$

$$= Q = \frac{w_c}{R}\left(\left[R\int_0^{2\pi}\int_0^R r\, dr\, d\theta\right] + \left[(-1)\int_0^{2\pi}\int_0^R r^2\, dr\, d\theta\right]\right)$$

$$= Q = \frac{w_c}{R}\left(R \cdot 2\pi \cdot \frac{R^2}{2} - \frac{2\pi R^3}{3}\right)$$

$$Q = \frac{2\pi w_c R^3}{R}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right), \quad \boxed{Q = \frac{1}{3}\pi w_c \cdot R^2} \quad (6)$$

Verifico unidades de (6):

$[Q] = L^3/T$, $\quad [Q] = \left[\frac{\pi}{3}\right] \cdot [w_c] \cdot [R^2] = 1 \cdot \frac{L}{T} \cdot L^2 = \frac{L^3}{T}$ ✓

Por definición: $\quad Q = \langle V_z \rangle \cdot A \Rightarrow \boxed{\langle V_z \rangle = \frac{Q}{A}}$ (7)

con $dA = r\, d\theta\, dr \rightarrow \boxed{A = \pi R^2}$ (8) $\quad$ reemplazo (6), (8) e (7).

$$\langle V_z \rangle = \frac{\pi \cdot w_c R^2}{3 \cdot \pi \cdot R^2} \rightarrow \boxed{V_z = \frac{w_c}{3}} \quad (9)$$

reemplazo (9) en (2):

$$\boxed{\Delta p = \frac{\delta}{2}\left(\left(\frac{w_c}{3}\right)^2 - w_1^2\right) + \delta g h} \quad (10)$$

Verifico unidades: $[\Delta p] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{M \cdot L}{T^2 \cdot L^2} = \frac{M}{T^2 \cdot L}$

$$[\Delta p] = \left(\left[\frac{\delta}{2}\right] \cdot \left[\frac{w_c^2}{3} - w_1^2\right]\right) + [\delta g h]$$

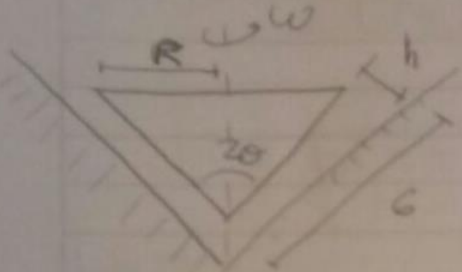
$$[\delta] = M/L^3, \quad [w] = L/T, \quad [g] = \frac{L}{T^2}, \quad [h] = L$$

$$[\Delta p] = \left(\frac{M}{L^3} \cdot \left(\frac{L}{T}\right)^2\right) + \left(\frac{M}{L^3} \cdot \frac{L}{T^2} \cdot L\right) \Rightarrow \frac{M \cdot L^2}{L^3 T^2} \rightarrow \frac{M}{L\, T^2}$$ ✓

Parte Práctica: Ejercicio 3

Hallar torque T

Esquema del problema



Suposiciones previas:

-) Fluido newtoniano
perfil de velocidades lineal

-) Aplicamos cálculo diferencial/integral toda la geometría del problema.

Resolución:

-) Por definición: $T = F \cdot d$

$\boxed{dT = dF \cdot d}$ ① Aplicado a coordenadas polares

$\boxed{dT = dF \cdot r}$ ② Considerando ley de newton:

$\boxed{\tau = \mu \frac{dV}{dy}}$ ③ Para perfil lineal, $\boxed{\frac{dV}{dy} = \frac{V}{e}}$ ④

por definición de movimiento de rotación: $\boxed{V = \omega r}$ ⑤ y

punto del cono

para la tensión de corte fluido: $\boxed{\tau = dF/dA}$ ⑥

Por dato del problema: $\boxed{A = \pi \cdot r \cdot G}$ ⑦

Considerando la geometría del cono: $\boxed{G = h/\operatorname{sen}(\theta)}$ ⑧

de forma diferencial con ⑦ y ⑧: $\boxed{dA = \frac{\pi h}{\operatorname{sen}(\theta)} \cdot dr}$ ⑨

relaciono ecuaciones y realizo la integral

(1) $\boxed{dA = \dfrac{\pi \, h \cdot dr}{\operatorname{sen}(\theta)}}$

(6) $\boxed{\tau = dF/dA}$ → $\boxed{dF = \dfrac{\tau \cdot \pi \, h \, dr}{\operatorname{sen}(\theta)}}$

(3) $\boxed{\tau = \mu \cdot \dfrac{dv}{dy}}$ → $\boxed{dF = \mu \cdot \dfrac{dv}{dy} \dfrac{\pi \cdot r \, dr}{\operatorname{sen}(\theta)}}$

(4) $\boxed{\dfrac{dv}{dy} = \dfrac{V}{h}}$ → $\boxed{dF = \dfrac{\mu \cdot V \cdot \pi \, r \, dr}{h \cdot \operatorname{sen}(\theta)}}$

(5) $\boxed{V = \omega r}$ → $\boxed{dF = \dfrac{\mu \cdot \omega \cdot r \cdot \pi \, r \, dr}{h \cdot \operatorname{sen}(\theta)}}$

(2) $dT = r \, dF$ → $\boxed{dT = \dfrac{\mu \, r \, \omega \, r \, \pi \, r \, dr}{h \operatorname{sen}(\theta)}}$

integro: $r \in [0, R]$

$$T = \int_0^T dT = \int_0^R \frac{\mu \omega \pi r^3}{\operatorname{sen}(\theta) h} dr \longrightarrow T = \frac{\mu \omega \pi}{h \operatorname{sen}(\theta)} \frac{1}{4} r^4 \Big]_0^R$$

$$\boxed{T = \frac{R^4 \mu \omega \pi}{4 \operatorname{sen}(\theta) h}}$$

verifico unidades:

$$[T] = [F \cdot L] = \frac{M \cdot L}{T^2} \cdot L = \frac{M \cdot L^2}{T^2}$$

$$[T] = \frac{[R]^4 \cdot [\mu] \cdot [\omega] [\pi]}{[h] [4] [\operatorname{sen}(\theta)]} = \frac{L^4 \cdot M \cdot L}{L \cdot L \cdot T \cdot T} = \frac{M L^2}{T^2}$$

✓

3.58 The water tank in Fig. P3.58 stands on a frictionless cart and feeds a jet of diameter 4 cm and velocity 8 m/s, which is deflected 60° by a vane. Compute the tension in the supporting cable.

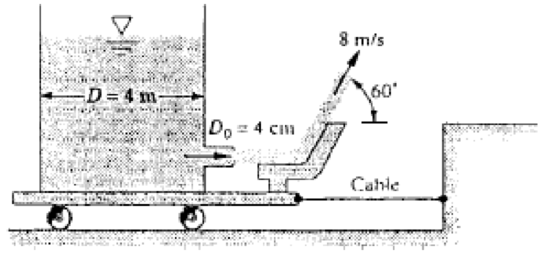


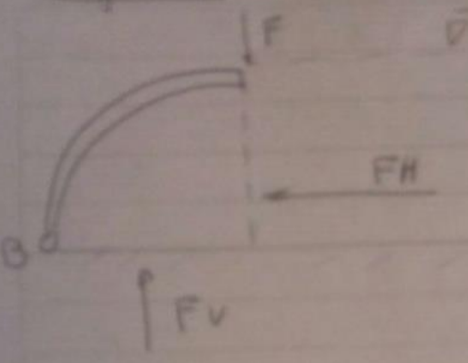
Fig. P3.58

Solution: The CV should surround the tank and wheels and cut through the cable and the exit water jet. Then the horizontal force balance is

$$\sum F_x = T_{cable} = \dot{m}_{out}u_{out} = (\rho A V_j)V_j \cos\theta = 998\left(\frac{\pi}{4}\right)(0.04)^2(8)^2\cos 60° = \mathbf{40\ N} \quad \textit{Ans.}$$

Parte práctica, Ej 1

Esquema:



Resolución: $\boxed{\sum M_B = 0}$ ①

.) $I_{xx} = \dfrac{\text{Ancho} \cdot \text{Altura}^3}{12}$

.) Peso de compuerta: 1500 kg

.) $\dfrac{4}{3}\dfrac{R}{\pi} = \dfrac{4}{3} \cdot \dfrac{(2,4m)}{\pi} = 1,02m$

.) Se toma ancho unitario $b = 1m$

.) Calculo esta Fuerza, luego reemplazo en ①

$\boxed{F_H = \delta \cdot g \cdot h_{cg} \cdot Area}$ ②

$F_H = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2m \cdot 2,4m \cdot 1m$, $\boxed{F_H = 28224\,N}$ ③

.) $h_{cp} = h_{cg} + \dfrac{I_{xx}}{h_{cg} \cdot Area} = 1,2m + \dfrac{1m \cdot (2,4m)^3}{12(1,2m)(2,4m \cdot 1m)}$

$\boxed{h_{cp} = 1,6\,m}$ ④

.) $F_V = \delta \cdot g \cdot h_B \cdot A_B - \delta \cdot g \cdot b \cdot A_{cuarto\ de\ circulo}$

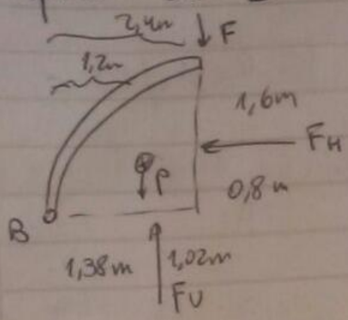
$F_V = \delta g \left[h_B \cdot A_B - b \cdot \frac{\pi}{4} \cdot r^2 \right]$, reemplazo valores

$F_V = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \left[(2,4m \cdot 2,4m \cdot 1m) - 1m \cdot \frac{\pi}{4} (2,4m)^2 \right]$

$\boxed{F_V = 12133,8\,N}$ ⑤

.) Peso P: $P = 1500\,kg \cdot \left(\dfrac{9,8N}{1kg} \right)$; $\boxed{P = 14700\,N}$ ⑥

Aplico ec. 1



$\boxed{\Sigma M_B = 0}$ (+)

$F_V \cdot 1{,}38\,m + F_H \cdot 0{,}8\,m - F \cdot 2{,}4\,m - P \cdot 1{,}38\,m = 0$

$\therefore \quad F = 7920{,}9\ N$