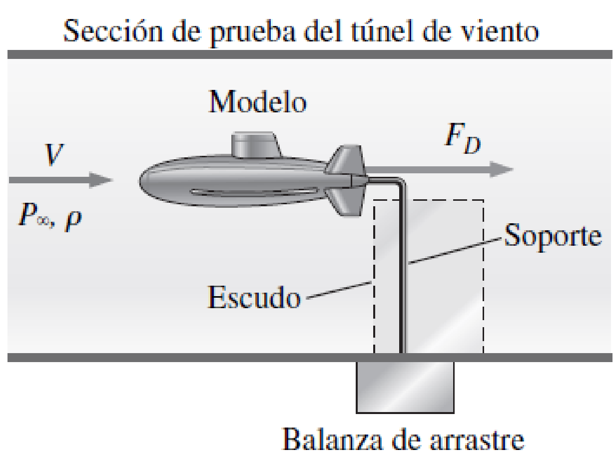
Modelo Segundo Parcial

Ejercicio 1

-36 Un equipo de estudiantes diseña un submarino accionado por humanos para una competencia de diseño. La longitud global del submarino prototipo es 2.24 m y sus estudiantes diseñadores esperan que pueda viajar totalmente sumergido a través del agua a 0.560 m/s. El agua es dulce (un lago) a $T = 15°C$. El equipo de diseño construye un modelo a un octavo de escala para probarlo en el túnel de viento de su universidad (Fig. P7-36). Un escudo rodea el puntal de la balanza de arrastre de modo que la fuerza de arrastre del puntal mismo no influya la fuerza de arrastre de modelo medida. El aire en el túnel de viento está a 25°C y a una presión atmosférica estándar. ¿A qué velocidad de aire necesitan correr el túnel de viento con la finalidad de lograr similitud? *Respuesta:* 61.4 m/s



Solution For a scale model of a submarine being tested in air, we are to calculate the wind tunnel speed required to achieve similarity with the prototype submarine that moves through water at a given speed.

Assumptions **1** Compressibility of the air is assumed to be negligible. **2** The wind tunnel walls are far enough away so as to not interfere with the aerodynamic drag on the model sub. **3** The model is geometrically similar to the prototype.

Properties For water at $T = 15^\circ$C and atmospheric pressure, $\rho = 999.1$ kg/m^3 and $\mu = 1.138 \times 10^{-3}$ kg/m·s. For air at $T = 25^\circ$C and atmospheric pressure, $\rho = 1.184$ kg/m^3 and $\mu = 1.849 \times 10^{-5}$ kg/m·s.

Analysis Similarity is achieved when the Reynolds number of the model is equal to that of the prototype,

Similarity:

$$\mathrm{Re}_\mathrm{m} = \frac{\rho_\mathrm{m} V_\mathrm{m} L_\mathrm{m}}{\mu_\mathrm{m}} = \mathrm{Re}_\mathrm{p} = \frac{\rho_\mathrm{p} V_\mathrm{p} L_\mathrm{p}}{\mu_\mathrm{p}} \qquad (1)$$

We solve Eq. 1 for the unknown wind tunnel speed,

$$V_\mathrm{m} = V_\mathrm{p}\left(\frac{\mu_\mathrm{m}}{\mu_\mathrm{p}}\right)\left(\frac{\rho_\mathrm{p}}{\rho_\mathrm{m}}\right)\left(\frac{L_\mathrm{p}}{L_\mathrm{m}}\right)$$

$$= (0.560\ \mathrm{m/s})\left(\frac{1.849\times10^{-5}\ \mathrm{kg/m\cdot s}}{1.138\times10^{-3}\ \mathrm{kg/m\cdot s}}\right)\left(\frac{999.1\ \mathrm{kg/m^3}}{1.184\ \mathrm{kg/m^3}}\right)(8) = \mathbf{61.4\ m/s}$$

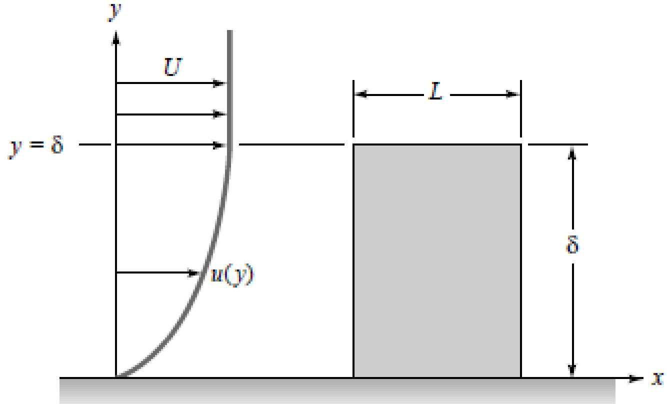
Discussion At this air temperature, the speed of sound is around 346 m/s. Thus the Mach number in the wind tunnel is equal to 61.4/346 = 0.177. This is sufficiently low that the incompressible flow approximation is reasonable.

Ejercicio 2

Una placa plana de longitud L y altura δ se coloca sobre una pared paralelamente a la capa límite incidente, como se muestra en la Figura P7.32. Suponga que el flujo alrededor de la placa es totalmente turbulento y que el flujo incidente sigue la ley potencial:

$$u(y) = U_o\left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}$$

Utilizando una aproximación bidimensional por secciones paralelas a la pared, obtenga una fórmula para el coeficiente de resistencia de la placa. Compare este resultado con la resistencia de la misma placa inmersa en una corriente incidente uniforme de velocidad U_0.



P7.32

Solution: For a 'strip' of plate *dy* high and *L* long, subjected to flow *u*(y), the force is

$$dF = C_D \frac{\rho}{2} u^2 (L\ dy)(2\ \text{sides}), \quad \text{where } C_D \approx \frac{0.031}{(\rho u L/\mu)^{1/7}}, \quad \text{combine into dF and integrate:}$$

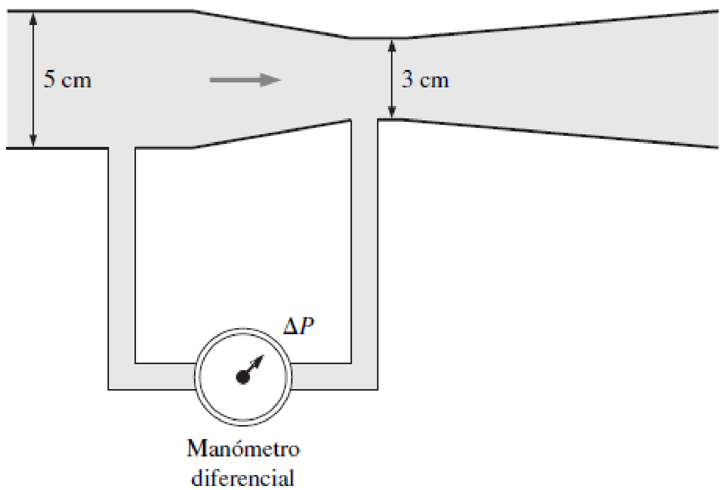
$$dF = 0.031 \rho\, \nu^{1/7} L^{6/7} u^{13/7} dy, \quad \text{or} \quad F = 0.031 \rho \nu^{1/7} L^{6/7} \int_0^{\delta} \left[U_o (y/\delta)^{1/7}\right]^{13/7} dy$$

The result is $\mathbf{F = 0.031(49/62)\rho\nu^{1/7}L^{6/7}U_O{}^{13/7}\delta}$ *Ans.*

This drag is (49/62), or 79%, of the force on the same plate immersed in a uniform stream.

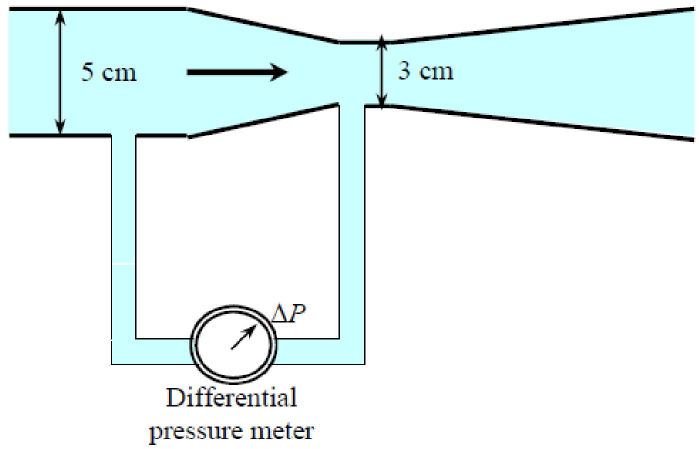
Ejercicio 3

8-103 Un medidor Venturi equipado con un manómetro diferencial se usa para medir la razón de flujo de agua a 15°C (ρ = 999.1 kg/m^3) a través de una tubería horizontal de 5 cm de diámetro. El diámetro de la garganta Venturi es de 3 cm, y la caída de presión medida es de 5 kPa. Cuando se considera el coeficiente de descarga como 0.98, determine el flujo volumétrico del agua y la velocidad promedio en la tubería. *Respuestas:* 2.35 L/s y 1.20 m/s



Solution A Venturi meter equipped with a differential pressure gage is used to measure to flow rate of water through a horizontal pipe. For a given pressure drop, the volume flow rate of water and the average velocity through the pipe are to be determined.

Assumptions The flow is steady and incompressible.



Properties The density of water is given to be ρ = 999.1 kg/m^3. The discharge coefficient of Venturi meter is given to be C_d = 0.98.

Analysis The diameter ratio and the throat area of the meter are

$$\beta = d/D = 3/5 = 0.60$$

$$A_0 = \pi d^2/4 = \pi(0.03\text{ m})^2/4 = 7.069\times10^{-4}\text{ m}^2$$

Noting that ΔP = 5 kPa = 5000 N/m^2, the flow rate becomes

$$\dot{V} = A_o C_d \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1-\beta^4)}}$$

$$= (7.069\times10^{-4}\text{ m}^2)(0.98)\sqrt{\frac{2\times5000\text{ N/m}^2}{(999.1\text{ kg/m}^3)((1-0.60^4)}\left(\frac{1\text{ kg}\cdot\text{m/s}^2}{1\text{ N}}\right)}$$

$$= \mathbf{0.00235\ m^3/s}$$

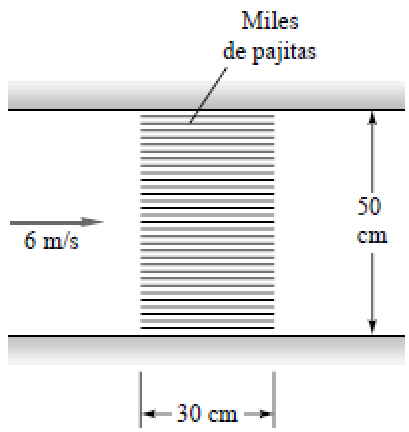
which is equivalent to 2.35 L/s. The average flow velocity in the pipe is determined by dividing the flow rate by the cross-sectional area of the pipe,

$$V = \frac{\dot{V}}{A_c} = \frac{\dot{V}}{\pi D^2/4} = \frac{0.00235\text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0.05\text{ m})^2/4} = \mathbf{1.20\ m/s}$$

Discussion Note that the flow rate is proportional to the square root of pressure difference across the Venturi meter.

Ejercicio 4

Para enderezar y suavizar una corriente de aire en un conducto de 50 cm de diámetro se emplean pajitas de 30 cm de longitud y 4 mm de diámetro empacadas en una configuración de «panal de abeja», como se muestra en la Figura P6.28. Las condiciones a la entrada son 110 kPa y 20 °C, y la velocidad media 6 m/s. Estime la pérdida de carga en el «panal».



P6.28

6.28 For straightening and smoothing an airflow in a 50-cm-diameter duct, the duct is packed with a "honeycomb" of thin straws of length 30 cm and diameter 4 mm, as in Fig. P6.28. The inlet flow is air at 110 kPa and 20°C, moving at an average velocity of 6 m/s. Estimate the pressure drop across the honeycomb.

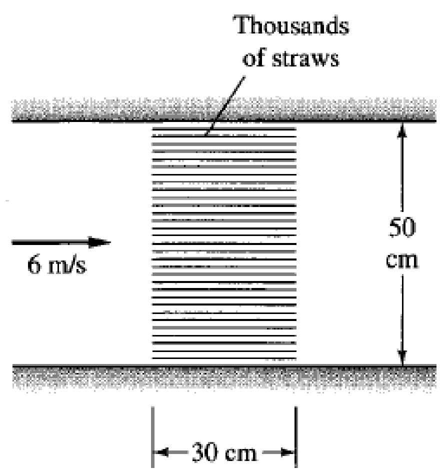


Fig. P6.28

Solution: For air at 20°C, take $\mu \approx 1.8E{-}5$ kg/m·s and $\rho = 1.31$ kg/m^3. There would be approximately 12000 straws, but each one would see the average velocity of 6 m/s. Thus

$$\Delta p_{laminar} = \frac{32\mu LV}{d^2} = \frac{32(1.8E{-}5)(0.3)(6.0)}{(0.004)^2} \approx \mathbf{65\ Pa} \quad \textit{Ans.}$$

Check $Re = \rho Vd/\mu = (1.31)(6.0)(0.004)/(1.8E{-}5) \approx 1750$ OK, laminar flow.

Ejercicio 5

El álabe fijo mostrado en la Fig. 11-2 divide el chorro de forma que salen en cada una de las direcciones 30 l/seg. Para una velocidad inicial de 15,0 m/seg, determinar los valores de las componentes en las direcciones X e Y de la fuerza necesaria para mantener el álabe en equilibrio (suponer que no existe fricción).

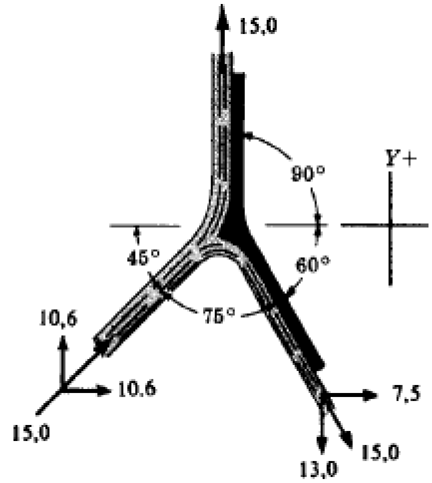


Fig. 11-2

Solución:

(*a*) En la dirección X, tomando $t = 1$ segundo,

$$MV_{x_1} - F_x(1) = \tfrac{1}{2}MV_{x_2} + \tfrac{1}{2}MV_{x_2}$$

$$\frac{1000(30 \times 10^{-3})}{9,8}(10,6) - F_x = \frac{1000}{9,8}\left(\frac{30 \times 10^{-3}}{2}\right)(0 + 7,5)$$

y $F_x = +32,4 - 11,5 = +20,9$ kg dirigida hacia la izquierda.

(*b*) En la dirección Y,

$$MV_{y_1} - F_y(1) = \tfrac{1}{2}MV_{y_2} - \tfrac{1}{2}MV'_{y_2}$$

$$\frac{1000(30 \times 10^{-3})}{9,8}(10,6) - F_y = \frac{1000}{9,8}\left(\frac{30 \times 10^{-3}}{2}\right)(+15,0 - 13,0)$$

y $F_y = +32,4 - 3,1 = 29,3$ kg dirigida hacia abajo.

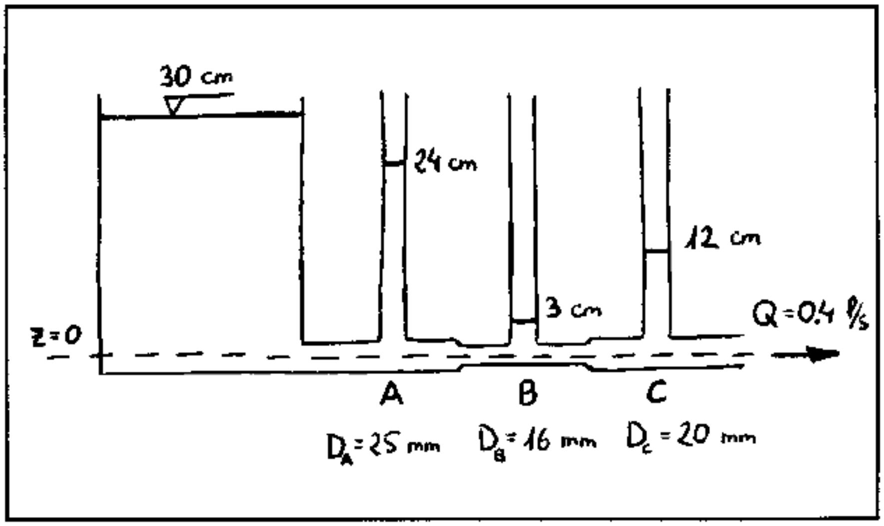
Ejercicio 6

En la ecuación de Bernoulli, ¿qué representa cada uno de los términos?, ¿qué es el coeficiente corrector de la energía cinética?

Se tiene el montaje mostrado en la figura, donde se observan las lecturas de los diferentes tubos piezométricos cuando el caudal circulante es **Q = 0.4 l/s**. Determinar:

a) La altura piezométrica, la altura cinética y la altura total en las secciones A, B y C.

b) La pérdida de carga entre las secciones A y C.



CUESTION 3

$$Q = V \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \longrightarrow$$

$$V_A = \frac{4 \cdot Q}{\pi D_A^2} = 0{,}815 \ m/s \qquad \frac{V_A^2}{2g} = 3{,}38 \ cm.$$

$$V_B = \frac{4 \cdot Q}{\pi D_B^2} = 1{,}989 \ m/s \qquad \frac{V_B^2}{2g} = 20{,}17 \ cm.$$

$$V_c = \frac{4 \cdot Q}{\pi D_c^2} = 1{,}273 \ m/s \qquad \frac{V_c^2}{2g} = 8{,}26 \ cm.$$

Sección A

ALTURA PIEZOMETRICA $\longrightarrow$ $H_A = 24$ cm.

ALTURA CINETICA $\longrightarrow$ $\frac{V_A^2}{2g} = 3{,}38$ cm

ALTURA TOTAL $\longrightarrow$ $H_{TOTAL,A} = 27{,}38$ cm.

pérdidas dep-A = 30 − 27,38 = 2,62 cm.

Sección B:

$H_B = 3$ cm.

$\frac{V_B^2}{2g} = 20,17$ cm.

$H_{TOTAL,B} = 23,17$ cm.

pérdidas A-B = $27,38 - 23,17 = 4,21$ cm.

Sección C:

$H_C = 12$ cm.

$\frac{V_C^2}{2g} = 8,26$ cm.

$H_{TOTAL,C} = 20,26$ cm.

pérdidas B-C = $23,17 - 20,26 = 2,91$ cm.

pérdidas A-C:

$$H_{A_{TOTAL}} = H_{C_{TOTAL}} + h_{AC} \rightarrow h_{AC} = H_{A_{TOTAL}} - H_{C_{TOTAL}} = 27,38 - 20,26 = \underline{\underline{7,12 \text{ cm}}}$$