Paso 1

Monday, October 5, 2020 10:10 AM

Problema 1 (P. 7.10 Fox[1]):

Experimentos han demostrado que la caida de presión para el flujo a través del orificio de diametro d en una placa montada en una tuberia de diametro D puede ser expresada como: $\Delta p = p_1 - p_2 = f(\rho, \mu, \bar{V}, d, D)$. Se le encomienda realizar algunos experimentos para determinar esta relación. Obtenga los grupos adimensionales resultantes.

1) $\Delta P = f(\rho, \mu, V, d, D)$

2) MLTθ

3)

	ΔP	ρ	μ	V	d	D
M	1	1	1	1	1	1
L	-1	-3	-1	0	0	0
T	-2	0	-1	-1	0	0

4)

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 \end{vmatrix} = \cancel{1(0\cdot 0)} - \cancel{1(0\cdot -1)} + 1(-1\cdot -1) - \cancel{1(0\cdot -1)} + \cancel{1(-1\cdot 0)} - \cancel{1(-1\cdot 0)}$$

$$= 1 \neq 0 \Rightarrow$$

$$\rightarrow j = 3$$

$$n = 6 \Rightarrow k = 3$$

5) Variables de repetición

- ΔP es variable dependiente.
- d y D tienen la misma dimensión

$T < \mu, \; V$

$M < \mu, \; v, \; \rho, \; \cancel{\Delta p}$

$L < \mu, \; v, \; \rho, \; \cancel{\Delta p}, \; d, \; D$

Parametros de repetición : V, ρ, D

b) $$\Pi_1 = V^a \rho^b D^c \Delta p \Rightarrow \left(\frac{L}{T}\right)^a \left(\frac{M}{L^3}\right)^b (L)^c \left(\frac{M}{LT^2}\right) = (M^0 L^0 T^0)$$

$L: \quad a - 3b + c - 1 = 0$

$M: \quad b + 1 = 0$

$T: \quad -a - 2 = 0$

$$\rightarrow \left.\begin{aligned} a &= -2 \\ b &= -1 \\ c &= 0 \end{aligned}\right\} \Pi_1 = \frac{\Delta p}{\rho V^2}$$

$$\{\Delta p\} = \left\{\frac{\Delta p}{\rho V^2}\right\} : \frac{\frac{M}{L\cancel{T^2}}}{\frac{M}{L^3}\left(\frac{L}{\cancel{T}}\right)^2} = \frac{\frac{\cancel{M}}{\cancel{L}\cancel{T^2}}}{\frac{\cancel{M}}{\cancel{L^3}} \frac{\cancel{L^2}}{\cancel{T^2}}} = 1 \quad //$$

$$\Pi_2 = \mu \rho^d V^e D^f \Rightarrow \left(\frac{M}{LT}\right)\left(\frac{M}{L^3}\right)^d \left(\frac{L}{T}\right)^e (L)^f = (M^0 L^0 T^0)$$

$M: \quad 1 + d = 0$

$L: \quad -1 - 3d + e + f = 0$

$T: \quad -1 - e = 0$

$d = -1$
$e = -1$
$f = -1$

$$\Pi_2 = \frac{\mu}{\rho V D} = (Re)^{-1} \quad //$$

$$\Pi_3 = d\,\rho^g V^h D^i \Rightarrow (L)\left(\frac{M}{L^3}\right)^g \left(\frac{L}{T}\right)^h L^i = (M^0 L^0 T^0)$$

$M: \quad g = 0$

$L: \quad 1 + h + i = 0$

$T: \quad g - h = 0$

$g = 0$
$h = 0$
$i = -1$

$$\Pi_3 = \frac{d}{D} \quad //$$

Prob 2

Monday, October 5, 2020 5:04 PM

Problema 2 (P. 7.22 Fox):

La energía que se libera durante una explosión, E, es una función del tiempo tras la detonación t, el radio de explosión R al tiempo t, la presión ambiental p y densidad ρ. Determine, mediante análisis dimensional, la forma general de la expresión para E en funcón de las otras variables.

1) $E = f(t, R, p, \rho)$

2) MLTΘ

3)

	E	t	R	p	ρ
M	1	0	0	1	1
L	2	0	1	−1	−3
T	−2	1	0	−2	0

4) $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \\ -2 & 1 & 0 \end{vmatrix} = 1\cancel{(0\cdot 0)} - 1(1\cdot 1) + \cancel{0(2\cdot 0)} - \cancel{0(-2\cdot 1)} + \cancel{0(2\cdot 1)} - \cancel{0(-2\cdot 0)}$

$= -1 \neq 0$

$\Rightarrow j = 3$

$n = 5$, $j = 3$ y $k = 2$

5)

M: E ✗ (dep), p, ρ ✓

L: E ✗, R ✓, p

	E	t	R	p	ρ
M	1	0	0	1	1
L	2	0	1	−1	−3
T	−2	1	0	−2	0

R ✓
p
ρ

T — E, t ✓, p

variables de repetición ρ, t, R

$$\pi_1 = E\,\rho^a t^b R^c \rightarrow (M^1 L^2 T^{-2})(M L^{-3})^a (T)^b (L)^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\begin{aligned} M &: 1 + a = 0 \\ L &: 2 - 3a + c = 0 \\ T &: -2 + b = 0 \end{aligned}$$

$$a = -1 \qquad b = 2 \qquad c = -5$$

$$\pi_1 = \frac{E\,t^2}{\rho\,R^5}$$

$$\left\{\frac{E\,t^2}{\rho\,R^5}\right\} = \frac{(M L^2 T^{-2})(T)^2}{(M L^{-3})(L^5)} = 1 \quad //$$

$$\pi_2 = p\,\rho^a t^b R^c \Rightarrow (M L^{-1} T^{-2})(M L^{-3})^a (T)^b (L)^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\begin{aligned} M &: 1 + a = 0 \\ L &: -1 - 3a + c = 0 \\ T &: -2 + b = 0 \end{aligned}$$

$$a = -1 \qquad b = 2 \qquad c = -2$$

$$\Rightarrow \pi_2 = \frac{p\,t^2}{\rho\,R^2}$$

$$\{\pi_2\} = \left\{\frac{p\,t^2}{\rho\,R^2}\right\} = \frac{\left(\frac{M}{LT^2}\right)(T^2)}{\left(\frac{M}{L^3}\right)(L^2)} = 1 \quad //$$

$$\{\Pi_2\} = \left\{\frac{[illegible]}{\rho \Omega^2}\right\} = \frac{([illegible])}{\left(\frac{M}{L^3}\right)\left(L^2\right)} = [illegible]$$

Prob 3

Monday, October 5, 2020 5:23 PM

Problema 3 (P. 7.35 Fox):

Pequeñas gotas de líquido se forman cuando un jet de líquido se separa en procesos de spray e inyección de combustibles. Se piensa que el diametro de las gotas resultantes, d, depende de la densidad del líquido, viscosidad, tensión superficial, velocidad V y diametro D del jet. ¿Cuantos grupos adimensionales son requeridos para caracterizar el proceso?. Determine los grupos adimensionales.

1) $d = f(\rho, \mu, \gamma, V, D)$

2) $M L T \theta$

3)

	d	ρ	μ	γ	V	D
M	0	1	1	1	1	1
L	1	-3	-1	0	0	0
T	0	0	-1	-2	-1	0

4) $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix} = 1\cancel{(0)} - 1\cancel{(0)} + 1(-1\cdot -1) - \cancel{1(0)} + 1(-1\cdot -2) - \cancel{1}(0)$

$= 1 + 2 = 3 \neq 0$

$\Rightarrow j = 3$

$n = 6$, $j = 3$ y $k = n - j = 3$

5)

	d	ρ	μ	γ	V	D
M	0	1	1	1	1	1
L	1	-3	-1	0	0	0
T	0	0	-1	-2	-1	0

M: ρ ✓, μ, γ, V, D

L: d, ρ, μ ✓, γ, D

T: μ, γ ✓, V

Parámetros de repetición:

γ, μ, ρ

$$\Pi_1 = d(\gamma)^a(\mu)^b(\rho)^c \Rightarrow (L)(MT^{-2})^a(ML^{-1}T^{-1})^b(ML^{-3})^c = (M^0L^0T^0)$$

$$\left.\begin{array}{lll} M: & a+b+c & =0 \\ L: & 1-b-3c & =0 \\ T: & -2a-b & =0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} a=1 \\ b=-2 \\ c=1 \end{array}$$

$$\Pi_1 = \frac{d\gamma\rho}{\mu^2}$$

$$\{\Pi_1\} = \left\{\frac{d\gamma\rho}{\mu^2}\right\} = \frac{(\cancel{L})\left(\cancel{\frac{M}{T^2}}\right)\left(\cancel{\frac{M}{L^3}}\right)}{\left(\cancel{\frac{M}{LT}}\right)^2} = 1 \checkmark$$

$$\Pi_2 = V\gamma^a\rho^b\mu^c \Rightarrow (LT^{-1})(MT^{-2})^a(ML^{-3})^b(ML^{-1}T^{-1})^c = (M^0L^0T^0)$$

$$\begin{array}{lll} M: & a+b+c & =0 \\ L: & 1-3b-c & =0 \\ T: & -1-2a-c & =0 \end{array} \qquad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & -3 & -1 \\ -2 & 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{array}{l} a=-1 \\ b=0 \\ c=1 \end{array}$$

$$\Rightarrow \Pi_2 = \frac{V\mu}{\gamma}$$

$$\{\Pi_2\} = \left\{\frac{V\mu}{\gamma}\right\} = \frac{(LT^{-1})(ML^{-1}T^{-1})}{MT^{-2}} = 1 \quad /\!/$$

$$\Pi_3 = D(\gamma)^a(\mu)^b(\rho)^c \Rightarrow (L)(MT^{-2})^a(ML^{-1}T^{-1})^b(ML^{-3})^c = (M^0L^0T^0)$$

$$\left.\begin{array}{ll} M: & a + b + c = 0 \\ L: & 1 - b - 3c = 0 \\ T: & -2a - b = 0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} a = 1 \\ b = -2 \\ c = 1 \end{array}$$

$$\Pi_3 = \frac{D \gamma \rho}{\mu^2}$$

$$\{\Pi_3\} = \left\{\frac{d \gamma \rho}{\mu^2}\right\} = \frac{(\cancel{L})\left(\cancel{\frac{M}{T^2}}\right)\left(\cancel{\frac{M}{L^3}}\right)}{\left(\cancel{\frac{M}{LT}}\right)^2} = 1 \checkmark$$

Prob 4

Tuesday, October 6, 2020 11:31 AM

Problema 4 (P. 7.55 Fox):

Los diseñadores de un globo meteorológico, cuyo proposíto es recolectar muestras de polución atmosférica, desean conocer la fuerza de arrastre a la que el globo será sometido. Se anticipa que la velocidad máxima del viento será de 5 m/s (se asume que el aire se encuentra a una temperatura de 20 °C). Un modelo a escala de 1:20 se construye para realizar pruebas en agua a 20 °C. ¿Qué velocidad de agua se requiere para modelar al propotipo?. A esta velocidad la fuerza de arrastre medida en el modelo es de 2 kN.¿Cúal será la fuerza de arrastre correspondiente en el prototipo?.

Prototipo : flujo de aire no confinado alrededor de un cuerpo

modelo : flujo de agua no confinado alrededor de un modelo a escala (1 : 10)

⇒ Flujo compresible

$$Ma_m = Ma$$
$$Re_m = Re$$
$$k_m = k$$

Sin embargo:

$$Ma = \frac{V}{c} = \frac{5\ m/s}{343\ m/s\ (c_{aire}\ @\ 20°C)} = 0.015 << 0.3$$

⇒ Ignoramos compresibilidad

$$\therefore \quad Re_m = Re$$

$$\left(\frac{\rho V L}{\mu}\right)_m = \left(\frac{\rho V L}{\mu}\right)$$

$$\left.\begin{aligned} \rho_m &= 998.2\ kg/m^3 \\ \mu_m &= 1.002 \times 10^{-3}\ Pa \cdot s \end{aligned}\right\}\ \text{Agua @ 20°C}$$

$$\left.\begin{aligned} \rho &= 1.204\ kg/m^3 \\ \mu &= 1.825 \times 10^{-5}\ \left(\frac{kg}{m \cdot s}\right) \end{aligned}\right\}\ \text{Aire @ 20°C}$$

$$V_m = V\left(\frac{\rho}{\rho_m} \cdot \frac{L}{L_m} \cdot \frac{\mu_m}{\mu}\right) = 5\ m/s\left(\frac{1.204}{998.2} \cdot \frac{20}{1} \cdot \frac{1.002 \times 10^{-3}}{1.825 \times 10^{-5}}\right)$$

$$V_m = V\left(\frac{\rho}{\rho_m}\cdot\frac{L}{L_m}\cdot\frac{\mu_m}{\mu}\right) = 5\,m/s\left(\frac{1.204}{998.2}\cdot\frac{20}{1}\cdot\frac{1.002\times10^{-3}}{1.825\times10^{-5}}\right)$$

$$V_m = 6.62\,m/s$$

Análisis Dimensional:

1) $F = f(\underbrace{\rho, V, D, \mu}_{Re})$

2) $MLT\Theta$

3)

	F	ρ	V	L	μ
M	1	1	0	0	1
L	1	-3	1	1	-1
T	-2	0	-1	0	-1

4) $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 1(1\cdot -1) = -1 \neq 0$

$\Rightarrow j = 3$

$n = 5$
$j = 3$ y $k = 2$

M ← F, ρ, μ

L ← F, ρ, μ, L

T ← F, V, μ

	F	ρ	V	L	μ
M	1	1	0	0	1
L	1	-3	1	1	-1
T	-2	0	-1	0	-1

Variables de repetición:

ρ, V, L

$$\Pi_1 = F\rho^a V^b L^c \Rightarrow (MLT^{-2})(ML^{-3})^a(LT^{-1})^b(L)^c = (M^0L^0T^0)$$

$$\left.\begin{array}{ll} M: & 1 + a = 0 \\ L: & 1 - 3a + b + c = 0 \\ T: & -2 - b = 0 \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} a = -1 \\ b = -2 \\ c = -2 \end{array}$$

$$\Pi_1 = \frac{F}{\rho V^2 L^2} = C_F \quad \checkmark\checkmark$$

$$\Pi_2 = \mu \rho^a V^b L^c \qquad (ML^{-1}T^{-1})(ML^{-3})^a (LT^{-1})^b (L)^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\left.\begin{array}{ll} M: & 1 + a = 0 \\ L: & -1 - 3a + b + c = 0 \\ T: & -1 - b = 0 \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} a = -1 \\ b = -1 \\ c = -1 \end{array}$$

$$\Pi_2 = \frac{\mu}{\rho V L} = Re^{-1} \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \quad C_F = f(Re)$$

Semejanza:

$$C_{F_m} = C_F \quad \wedge \quad Re_m = Re$$

$C_{F_m} = C_F$:

$$\left(\frac{F}{\rho V^2 L^2}\right)_m = \left(\frac{F}{\rho V^2 L^2}\right) \Rightarrow F = F_m \frac{\rho V^2}{\rho_m V_m^2} \cdot \left(\frac{L}{L_m}\right)^2$$

$$\Rightarrow F = 0.55 \text{ kN}$$

PROB 5

Tuesday, October 6, 2020 12:01 PM

Problema 5 (P. 7.65 Fox):

Las características fluido-dinámicas de una pelota de golf son testeadas utilizando un modelo en un tunel de viento. Los parametros dependientes corresponden a la fuerza de arrastre, F_D, y la fuerza de sustentación, F_L, sobre la pelota. Los parámetros independientes deben incluir la velocidad ángular, ω y profundidad de los hoyuelos, d. Determine parámetros adimensionales adecuados y exprese la dependencia funcional entre ellos. Un golfista profesional puede golpear la pelota a $V = 75\,\mathrm{m/s}$ y $\omega = 8100\,\mathrm{rpm}$. ¿Cúal será el diámetro necesario del modelo para modelar estas condiciones en un tunel de viento, cuya velocidad máxima es de $25\,\mathrm{m/s}$?. ¿Qué tan rápido rotará el modelo? (El diametro de una pelota de golf en EE.UU. es de 4.27 cm)

Prototipo: Pelota de Golf golpeada por un golfista profesional

Modelo: Pelota de Golf en tunel de viento

} Flujo compresible

Variables dependientes deben contener:

F_D , F_L

Variables independientes deben contener:

ω , d

Para lograr similitud:

$Re = Re_m$, pero $Ma = \frac{75}{343} = 0.21 < 0.3$

$Ma = Ma_m$ → no hay efecto de compresibilidad

$K_i = K_m$

$\Rightarrow Re = Re_m$ D: diametro pelota

$$\frac{\rho V D}{\mu} = \left(\frac{\rho V D}{\mu}\right)_m$$

Consideraremos entonces:

$$F_D = f(\rho, V, D, \mu, d, \omega)$$
$$F_L = g(\rho, V, D, \mu, d, \omega)$$

Grupos adimensionales:

A) f :

1) $F_D, \rho, V, D, \mu, d, \omega$

2) MLTΘ

3)

	F_D	ρ	V	D	μ	d	ω
M	1	1	0	0	1	0	0
L	1	-3	1	1	-1	1	0
T	-1	0	-1	0	-1	0	-1

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = -1 \Rightarrow j = 3$$

$$\left.\begin{array}{l} n = 7 \\ j = 3 \end{array}\right\} k = 4$$

4)

M: $\cancel{F_D}$, ρ, μ

L: $\cancel{Fd}$, ρ, V, μ, $\cancel{d}$, D

T: $\cancel{Fd}$, V, μ, $\cancel{\omega}$

	F_D	ρ	V	D	μ	d	ω
M	1	1	0	0	1	0	0
L	1	-3	1	1	-1	1	0
T	-1	0	-1	0	-1	0	-1

Variable dependiente:
Fd
Variables independientes
ω, d
} No pueden ser variables de repetición

Variables de repetición:
D, V, ρ

$$\Pi_i = F_D D^a V^b \rho^c \Rightarrow (M L T^{-2})(L)^a (L T^{-1})^b (M L^{-3})^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\begin{array}{ll} M: & 1 + c = 0 \\ L: & 1 + a + b - 3c = 0 \\ T: & -2 - b = 0 \end{array} \Rightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & -3 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}}_{a} \underbrace{\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}}_{x} = \underbrace{\begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix}}_{b}$$

$$a = -2$$
$$b = -2$$
$$c = -1$$

$$\Pi_1 = \frac{F_D}{D^2 V^2 \rho} = C_D \checkmark$$

$$\Pi_2 = \omega D^a V^b \rho^c \Rightarrow (T^{-1})(L)^a (L T^{-1})^b (M L^{-3})^c = 0$$

$$\begin{aligned} M &: \quad c = 0 \\ L &: \quad a + b - 3c = 0 \\ T &: \quad -1 - b = 0 \end{aligned} \qquad \left\{ \begin{aligned} a &= 1 \\ b &= -1 \\ c &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\Pi_2 = \frac{\omega \cdot D}{V}$$

$$\{\Pi_2\} = \left\{\frac{\omega \cdot D}{V}\right\} = \frac{(T^{-1})(L)}{(L \cdot T^{-1})} = 1 \quad //$$

$$\Pi_3 = d\, D^a V^b \rho^c \Rightarrow (L)(L)^a (LT^{-1})^b (M L^{-3})^c = 0$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} b &= 0 \\ c &= 0 \\ a &= -1 \end{aligned} \qquad \text{(TRIVIAL)}$$

$$\Pi_3 = \frac{d}{D} \quad //$$

$$\Pi_4 = \mu\, \rho^a V^b D^c$$

$$\begin{aligned} a &= -1 \\ b &= -1 \\ c &= -1 \end{aligned}$$

$$\Pi_4 = \frac{\mu}{\rho V D} = Re^{-1}$$

invertimos para mejorar análisis y por convención

$$\rightarrow \Pi_4 = Re = \frac{\mu}{\rho V D}$$

$$\therefore \quad \Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4)$$

$$\frac{F_D}{\rho V^2 D^2} = f\left(\frac{\omega D}{V}, \frac{d}{D}, \frac{\mu}{\rho V D}\right)$$

Para lograr semejanza

$$\begin{aligned} \Pi_{2m} &= \Pi_2 \\ \Pi_{3m} &= \Pi_3 \\ \Pi_{4m} &= \Pi_4 \end{aligned}$$

$$\Pi_2 : \left(\frac{\omega D}{V}\right)_m = \left(\frac{\omega D}{V}\right)$$

$$\Pi_3 : \left(\frac{d}{D}\right)_m = \left(\frac{d}{D}\right)$$

$\Pi_4 : (\rho V D) = (\rho V D) \Rightarrow$ En ambos casos el fluido es aire

$\Pi_3 : \left(\frac{d}{D}\right)_m = \left(\frac{d}{D}\right)$

$\Pi_4 : \left(\frac{\rho V D}{\mu}\right)_m = \left(\frac{\rho V D}{\mu}\right) \Rightarrow$ En ambos casos el fluido es Aire $(\rho_m, \mu_m) = (\rho, \mu)$

$$\Rightarrow V_m D_m = V D$$

$$\Rightarrow D_m = \frac{V D}{V_m}$$

$V = 75\ m/s$

$V_m = 25\ m/s$

$D = 4.27\ cm$

$\Big\} \ D_m = 12.81\ cm$

$\Pi_2 : \left(\frac{\omega D}{V}\right)_m = \left(\frac{\omega D}{V}\right)$

$$\Rightarrow \omega_m = \omega \left(\frac{V_m}{V}\right)\left(\frac{D}{D_m}\right) = \omega \left(\frac{V_m}{V}\right)\underbrace{\left(\frac{V_m}{V}\right)}_{\text{De } \Pi_4} = \omega \left(\frac{V_m}{V}\right)^2$$

$$\omega_m = 900\ RPM$$

Además :

$\Pi_3 : \left(\frac{d}{D}\right)_m = \left(\frac{d}{D}\right)$

$$\Rightarrow d_m = d \cdot \frac{D_m}{D} = 3.5\ mm \cdot \frac{12.81}{4.27} = 10.5\ mm$$

$d = 3.5\ mm$

Prob. 6

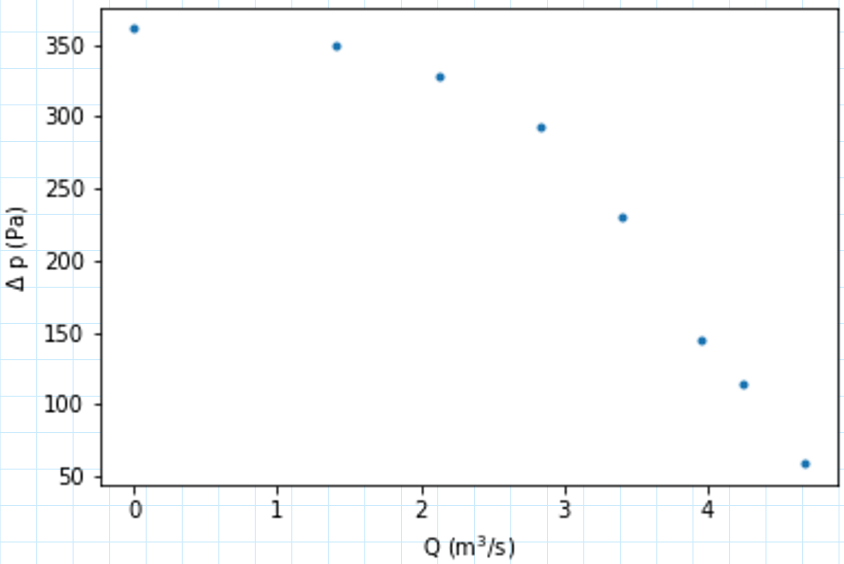
Tuesday, October 6, 2020 2:30 PM

Problema 6 (P. 7.88 Fox):

Una bomba centrifuga funcionando a una velocidad $\omega = 800 rpm$ tiene los siguientes datos para flujo volumétrico Q y diferencia de presión Δp:

Q (ft^3/min)	0	50	75	100	120	140	150	165
δp (psf)	7.54	7.29	6.85	6.12	4.80	3.03	2.38	1.23

La diferencia de presión es una función del flujo volumétrico, velocidad, diametro del propulsor D, y densidad del agua ρ. Grafíque la diferencia de presión vs. flujo volúmetrico utilizando la información previa. Encuentre los grupos adimensionales para este problema y grafíquelos. Realíze un análisis numérico de las curvas y basado en este análisis genere y grafique datos para diferencia de presión vs. flujo volumétrico para velocidades del propulsor de 600 rpm y 1200 rpm.



1) $\Delta P, Q, \omega, D, \rho$

$$[\Delta P] = [psf]\left[\frac{47.88\ Pa}{1\ psf}\right]$$

$$[Q] = \left[\frac{ft^3}{min}\right]\left[\frac{0.3048\ m}{ft}\right]^3$$

$[\omega] = (RPM)$

2) MLTΘ

3)

	Δp	Q	ω	D	ρ
M	1	0	0	0	1
L	-1	3	0	1	-3
T	-2	-1	-1	0	0

$$\left.\begin{array}{l} j = 3 \\ n = 5 \end{array}\right\} k = 2$$

4) variable independiente: Q
variable dependiente: Δp } variables repetitivas: ω, D, ρ

$$\Pi_1 = \Delta p\, \omega^a D^b \rho^c \Rightarrow (M L^{-1} T^{-2})(T^{-1})^a (L)^b (M L^{-3})^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\left.\begin{array}{ll} M: & 1 + c = 0 \\ L: & -1 + b - 3c = 0 \\ T: & -2 - a = 0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} a = -2 \\ b = -2 \\ c = -1 \end{array}$$

$$\Rightarrow \Pi_1 = \frac{\Delta p}{\omega^2 D^2 \rho} \qquad \left\{\frac{\Delta p}{\omega^2 D^2 \rho}\right\} = \frac{(M L^{-1} T^{-2})}{T^{-2} L^2 M L^{-3}} \;//$$

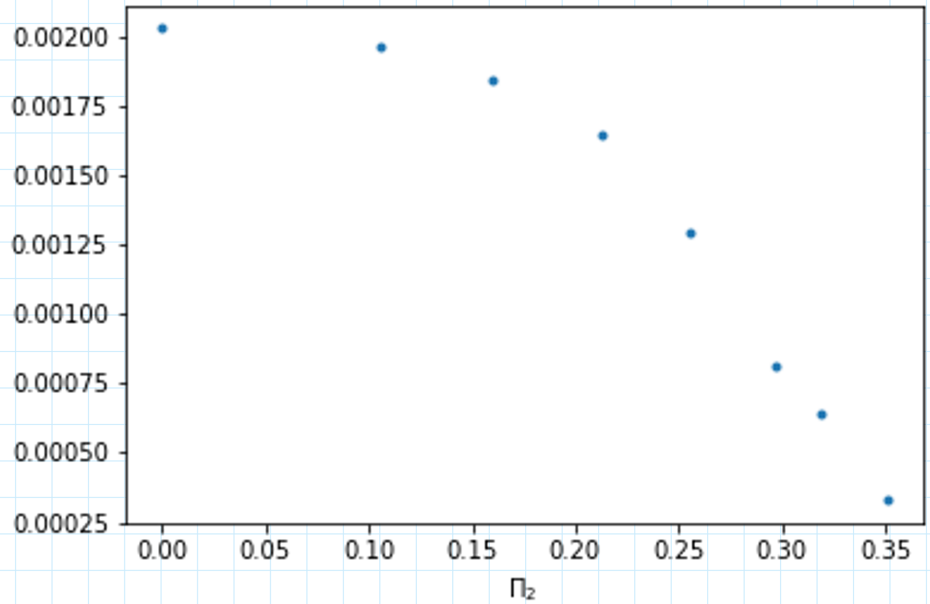
$$\Pi_2 = Q\, \omega^a D^b \rho^c \Rightarrow (L^3 T^{-1})(T^{-1})^a (L)^b (M L^{-3})^c = (M^0 L^0 T^0)$$

$$\left.\begin{array}{ll} M: & c = 0 \\ L: & 3 + b - 3c = 0 \\ T: & -1 - a = 0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} a = -1 \\ b = -3 \\ c = 0 \end{array}$$

$$\Rightarrow \Pi_2 = \frac{Q}{\omega D^3} \qquad \{\Pi_2\} = \left\{\frac{Q}{\omega D^3}\right\} = \frac{L^3 T^1}{T^{-1} L^3} \;//$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta p}{\omega^2 D^2 \rho} = f\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right)$$

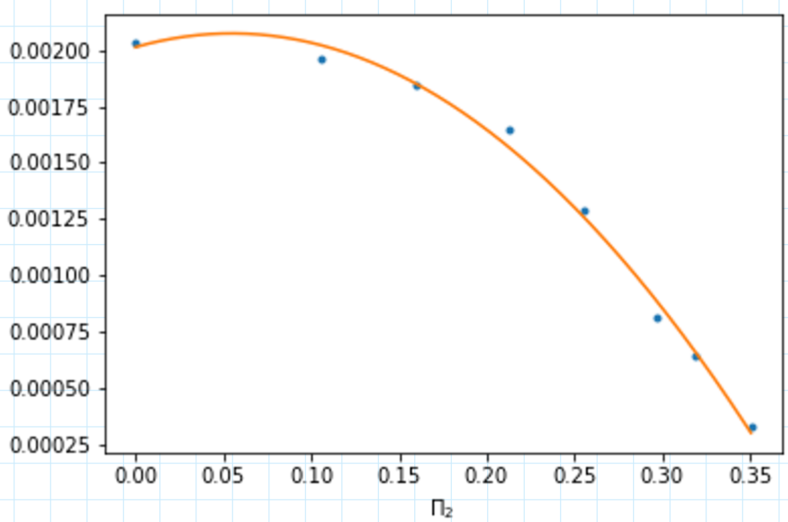
D no es dado, por lo que usaremos un valor aleatorio
$D = 1\,m$



Ajustando los valores a una curva polinomial:

$$\Pi_1 = a\Pi_2^2 + b\Pi_2 + c$$

$$a = 0.00201$$
$$b = 0.00222$$
$$c = -0.0203$$



Extrapolación:

$$\frac{\Delta P}{\omega^2 D^2 \rho} = a + b\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right) + c\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right)^2$$

$$\frac{\Delta p}{\omega^2 D^2 \rho} = a + b\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right) + c\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right)^2$$

$$\Delta p = \omega^2 D^2 \rho \left[a + b\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right) + c\left(\frac{Q}{\omega D^3}\right)^2 \right]$$