Capítulo XII

FUERZAS DESARROLLADAS POR LOS FLUIDOS EN MOVIMIENTO

Para determinar la magnitud de las fuerzas desarrolladas por un fluido en movimiento, es necesario comprender las propiedades de una sustancia o cantidades observables de la materia tales como el color, forma, masa, temperatura, presión, velocidad y energía almacenada entre otras. La medida de algunas de estas propiedades depende primordialmente de la cantidad de masa presente, del volumen, la energía, la cantidad de movimiento lineal, propiedades que se conocen con el nombre de extensivas. Por el contrario aquellas propiedades que no dependen de la cantidad de materia presente, se conocen con el nombre de intensivas, como la temperatura, la presión, la densidad y la velocidad. Cualquier propiedad extensiva se convierte en intensiva, al dividirla por la masa, en cuyo caso la propiedad recibe el nombre de específica tal como el volumen específico o la energía específica.

A partir de la segunda ley de Newton y considerando un volumen de control, se puede establecer la expresión de la cantidad de movimiento, para determinar la magnitud de la fuerza producida en cualquier elemento que se encuentre expuesto a la acción de un fluido.

En este sentido el principio dinámico de impulso-cantidad de movimiento generado por un fluido se determina por la relación

$(\Sigma F) = M(\Delta F)$

En algunas ocasiones, dependiendo del tipo de flujo que se produzca en una situación determinada (laminar o turbulento), se hace necesario aplicar coeficientes de corrección a la ecuación de la cantidad de movimiento, expresados de la siguiente forma.

$$\beta = \left(\frac{1}{A}\right)\int_A \left(\frac{v}{V}\right)^2 \partial A \quad \text{de donde}$$

Para flujo laminar $\beta = 1.0$

Para flujo turbulento $\beta = 1.33$

En el mismo sentido, se han determinado coeficientes para ajustar los resultados teóricos a los prácticos, considerando situaciones de arrastre o resistencia ejercida por un fluido sobre un cuerpo en dirección paralela al movimiento relativo del fluido y situaciones de sustentación ejercida por un fluido sobre el cuerpo en dirección perpendicular al movimiento relativo del fluido.

Los coeficientes de resistencia dependen del número de Reynolds para las velocidades bajas e intermedias y se hacen independientes de dichos números para velocidades altas. Igualmente se han determinado coeficientes de sustentación teóricos para placas delgadas en posición perpendicular a la velocidad relativa del fluido. En condiciones de velocidades muy altas o supersónicas, se ha establecido el número de Match como una relación adimensional determinada por el cociente entre la velocidad del fluido y la velocidad del sonido conocida como celeridad.

Un caso particular de aplicación en éste capítulo se refiere al fenómeno conocido como golpe de ariete, el cual describe el impacto producido sobre una estructura, por una súbita disminución en la velocidad del fluido. El fenómeno genera dentro de la estructura una onda de presión que se desplaza alternativamente hacia aguas arriba y aguas abajo, en un tiempo determinado por el doble de la relación entre la longitud del conducto y la velocidad de la onda de presión multiplicado por el incremento de la presión o variación de la presión producida por la detección brusca del fluido, que se calcula multiplicando la densidad del fluido por su velocidad y por la variación de la velocidad producida.

Problema

Un chorro de aceite de 5 cm de diámetro choca contra una placa mantenida en posición normal al eje del chorro. Para una velocidad del chorro de 25 m/s, Calcular la fuerza ejercida sobre la placa por el aceite, de densidad relativa 0.85

$F = \rho A V^2$

donde

ρ = densidad del aceite expresada en $kg\dfrac{s^2}{m^4}$

A = Área del Chorro

V = Velocidad del chorro

$$F = 86.66 * \left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right) * 25^2 = 106\ kg$$

Problema

En el problema anterior, si la placa se mueve en la misma dirección y sentido que el chorro a una velocidad de 9 m/s ¿Qué fuerza ejercerá el aceite sobre la placa? Si la velocidad de 9 m/s tiene sentido opuesto a la del chorro, qué valor tendría la fuerza anterior?

A) Se conoce la velocidad en ambos casos y la densidad del aceite en UTM/m³

$$F = 86.66 * \left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right) * (25-9)(25-9) = 44\ kg$$

B) Son los mismos datos anteriores y especifica que la velocidad tiene sentido opuesto al chorro.

$$F = 86.66 * \left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right) * (25+9)(25+9) = 186.7$$

Problema

Un chorro de agua de 5 cm de diámetro ejerce una fuerza de 270 kg sobre una placa plana mantenida normalmente a la trayectoria del chorro ¿Cuál es el caudal de desagüe del chorro?

$$F = \frac{\rho A V^2}{9.8}$$

$$270\ kg = \frac{1000\left[\left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right)\right] V^2}{9.8}$$

$V = 36.72$ m/s

Q = Área * Velocidad

$$Q = \left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right) * \left(36.72\ \tfrac{m}{s}\right) * 10^3$$

Q = 72 L/s

Problema

Un chorro de agua con un caudal de 35 L/s incide sobre una placa plana mantenida normalmente al eje del chorro. Si la fuerza ejercida sobre la placa es de 75 kg calcular el diámetro del chorro?

$$F = \frac{\rho\ AV^2}{9,8}$$

Se despeja hasta obtener el diámetro

$$F * 9.8 = 1000 * A * \frac{Q^2}{A^2}$$

$$A = \frac{1000\,Q^2}{9.8 * F} \Rightarrow d^2 = \frac{4\left(\frac{1000\,Q^2}{9.8\,F}\right)}{\pi}$$

$$d^2 = \frac{4\left(\frac{1000 * \left(\frac{35}{1000}\right)^2}{9.8 * 75}\right)}{\pi}$$

$$d = 0.046\ m = 4.60\ cm$$

Problema

Un chorro de agua de 5 cm de diámetro incide sobre un álabe curvo en reposo que desvía el chorro 135° respecto de su dirección y sentido originales. Despreciando el rozamiento a lo largo del álabe, determinar la fuerza resultante ejercida sobre el álabe si la velocidad del chorro es de 28 m/s

$MV_1 - Ft = MV_2$

Para X

$MV_{IX} - Fx = MV_{2X}$

$MV_{IX} - Fx = MV_1 \text{ Cos } 135°$

$M28 - Fx = M28 \text{ Cos } 135°$

$Fx = M\,(28 - 28 \text{ Cos } 135°)$

$Fx = 47.8\,M$

$$Fx = \frac{1000\left(\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right)(28)}{9.8} * 47.8 = 268.2\ kg$$

Para "Y" $MV_{IY} - Fy = MV_{2Y}$

$-Fy = MV_1 \text{ Sen } 135°$

$-Fy = M28 \text{ Sen } 135°$

$-Fy = M\,(19.8)$

$$-Fy = \frac{1000 * \left[\frac{\pi}{4} * 0.05^2\right] 28}{9.8} * 19.8 = -111.08\ kg$$

$\theta\ x = \text{Arc tang}\,(-111.88) = -22.50$

$Fr = 290.3\ kg$

Problema

Si en el problema precedente el álabe se mueve en la misma dirección y sentido contrario al del chorro de agua a una velocidad de 6m/s, ¿cuál es la fuerza ejercida sobre el álabe y cuál la potencia requerida para mantener el movimiento?

$M_1 V_T - F_T = M_2 V_T$

$M_1 V_{1x} - F_{xr} = M_2 V_{2x}$

$F_x = M_1\ V_{1x} - M_2\ V_{2x}$

$V_{NETA} = 28 - 6 = 22\ m/s$

$F_x = M * 22 - M * 22 \cos 135°$

$F_x = 22M + 15.6\,M = 37.6\,M$

$F_x = rA_x V_x 37.6$

$$F_x = \frac{1000}{g} x \frac{\pi(0.05)^2}{4} x\ 22\ x\ 37.6$$

$F_x = 165.6\,Kg$

$-F_y = MV_1 \text{ Sen } 135°$

$-F_y = 15.6M$

$$F = \frac{1000x}{g} x \frac{\pi(0.05)^2}{4} x 22_x 15.6 = 68.5kg$$

$F_R = \sqrt{68.6^2 + 68.5^2}$

$F_R = 179kg$

$$P = 179\ x\ 22 \frac{kg}{s} x \frac{1.014CV}{76\frac{kg}{s}}$$

$P = 52.5CV$

Problema

Un álabe fijo desvía 180° un chorro de agua de 5 cm de diámetro y que se mueve a una velocidad de 35 m/s. Qué fuerza ejerce el álabe sobre el agua?

$$F_x = M*35 - M*35\,\text{COS}180° = 70M$$

$$F_x = \frac{1000}{9.81} x \frac{\pi(0.05)^2}{4} x35x70 = 490.4 \text{ kg}$$

Problema

Una tubería horizontal de 30 cm de diámetro se contrae a 15 cm de diámetro. Si el caudal es de 130 L/s de un aceite de densidad relativa 0.88 y la presión en la tubería de diámetro menor es de 2.70 kg/cm². Cuál es la fuerza resultante ejercida sobre la contracción si se desprecia el rozamiento?

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4x0.13}{\pi(0.3)^2} = 1..84 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4x0.13}{\pi(0.15)^2} = 7.36 \text{ m/s}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{2.7\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} x10^4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2}}{880\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{7.36^2}{19.62} - \frac{1.84^2}{19.62}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 33.27m \quad P_1 = 2.92kg/cm^2$$

$$F_1 = 2.92\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} x \frac{\pi(30)^2}{4} = 2069.5 \text{ kg hacia la derecha}$$

$$F_2 = 2.7\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} x \frac{\pi(15)^2}{4} = 477.1 \text{ kg hacia la izquierda}$$

$$M\,Vx_1 + \sum(\textit{Fuerza}\text{ s en dirección } X).1 = MV_{x_2}$$

$$2069.5 - 477.1 - Fx = \left(0.88x1000x\frac{0.13}{9.81}\right)(7.36 - 1.84)$$

$$F_x = 1528\,kg$$

Problema

El modelo de una lancha motora es movido a 4.50 m/s mediante un chorro de agua de 25 mm de diámetro, expulsado directamente por la popa. La velocidad del chorro con relación al modelo es de 36 m/s ¿Cuál es la fuerza motora?

$$Q = V*A = 36*\frac{\pi\,(0.025)^2}{4} = 1.76*10^{-2}\ \text{m}^3/s$$

$$F = \frac{1000}{9.81}*1.76*10^{-2}(36-4.5) = 56 \text{ kg}$$

Problema

Una boquilla de 5 cm de diámetro $C_v = 0.97$, descarga un chorro horizontal de aceite con densidad relativa = 0.80, por la pared lateral de un depósito, bajo una carga de 12m. ¿Qué fuerza horizontal se ejerce sobre el depósito?

$$V_{REAL} = Cv\sqrt{2g\,H} = 0.97\sqrt{19.62*12} = 14.88 \text{ m/s}$$

$$Q_{REAL} = V_{REAL} * A = 14.88*\frac{\pi\,(0.05)^2}{4} = 2.92*10^{-2}\ \text{m}^3/\text{s}$$

$$F = \frac{\gamma\,Q\,V}{g} = \frac{800*14.88*2.92*10^{-2}}{9.81} = 35.5 \text{ kg}$$

Problema

En el laboratorio se ensaya un motor turborreactor bajo unas condiciones semejantes a las que reinan en cierta altitud, donde la presión atmosférica es de 3830 kg/m² (ab), la temperatura T = 238,5°K y el peso W = 0.549 kg/m³. Si el área de la sección de salida del motor es de 1400 cm² y la presión de salida la atmosférica ¿cuál es el número de Mach si el empuje bruto es de 670 kg? Usar K= 1.33

$$F = \frac{Ws\,Vs}{g} = \frac{(W\,As\,Vs)Vs}{g}$$

$$670 = \frac{0.549\,(0.140)\,V_s^2}{g}$$

Vs = 292 m/s

Calculando el número de Mach

$$Nm = \frac{Vs}{c}$$

$$Nm = \frac{Vs}{\sqrt{KgRT}}$$

$$Nm = \frac{292}{\sqrt{(1.33)(9.8)(29.3)(238.5)}}$$

Nm = 0.97

Problema

¿Qué peso sustentará un ala de avión de 50 m^2 con un ángulo de ataque de 4° y una velocidad de 30 m/s? Utilizar $C_L = 0.65$ y aire a 15° C

$$\text{Sustentación} = C_L\ \rho\ A\frac{V^2}{2}$$

$$\text{Sustentación} = 0.65 * 0.1251 * 50 * \frac{30^2}{2}$$

$$\text{Sustentación} = 1830\ \text{kg}$$

Problema

¿A qué velocidad vuela un avión que pesa 2700 kg si la superficie de sus alas es de 50 m^2 y el ángulo de ataque 8°? Utilizar el valor máximo de C_L=0.90.

$$W_{aire}\ \text{de}\ 1.2\ \text{kg/m}^3$$

$$\text{Peso} = \text{sustentación} = C_L\ \rho\ A\frac{V^2}{2} = 2700\ \text{kg}$$

$$V^2 = \frac{2700 * 2 * 9.8}{9.9 * 1.2 * 50}$$

$$V = 31.30\ \text{m/s}$$

Problema

¿Qué superficie de ala debe tener un avión que pesa 900 kg para que pueda aterrizar a una velocidad de 56 Km/h? Utilizar el valor máximo de C_L=1.50

$$W_{aire}\ \text{de}\ 1.2\ \text{kg/m}^3$$

$$\text{Peso} = \text{sustentación} = C_L\ \rho\ A\frac{V^2}{2} = 900\ \text{kg}$$

$$\frac{900 * 2 * 9.8}{9.9 * 1.2 * (15.55)^2} = A$$

$$A = 40\ \text{m}^2$$

Problema

Si la resistencia sobre un ala de avión de 30 m^2 de superficie es de 310 kg ¿A qué velocidad debe moverse el perfil con un ángulo de ataque de 7°? Utilizar $C_D = 0.05$

$$\text{Resistencia} = 0.05\left(\frac{1.2}{9.8}\right) * 30 * \frac{V^2}{2} = 310\ \text{kg}$$

$$V^2 = \frac{310}{0.091836} = 3375.55\ \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$V = 58\ \text{m/s}$$

Problema

Sobre el plano de una señal de tráfico de 3.60 m por 0.60 m incide el viento a una velocidad de 46 Km/h y con un ángulo de 8°. Utilizando los valores $C_L = 0.52$ y $C_D = 0.09$, calcular (a) la fuerza ejercida sobre la señal perpendicularmente a la dirección de viento y (b) la fuerza ejercida paralelamente a la dirección del viento. Suponer aire normal a 15°C.

$$\text{Resistencia} = C_D\left(\frac{\gamma}{g}\right)A\frac{V^2}{2} = 0.09\left(\frac{1.22365}{9.81}\right)(3.6x0.6)\left(\frac{12.78^2}{2}\right) = 1.98kg$$

$$\text{Sustentación=}\quad C_L\left(\frac{\gamma}{g}\right)A\frac{V^2}{2} = 0.52\left(\frac{1.22365}{9.81}\right)(3.6x0.6)\left(\frac{12.78^2}{2}\right) = 11.44kg$$

$$F = \sqrt{1.98^2 + 11.44^2} = 11.61\ \text{kg}$$

$$FV = 11.61\ \text{Cos.}\ 8° = 11.5kg$$

La fuerza perpendicular al viento corresponde a la sustentación y las fuerzas paralelas al viento corresponden a la resistencia

$$\text{F perpendicular} = \text{Sustentación} = C_L\ \rho\ A\frac{V^2}{2} = 0.52 * 0.1251 * 2.16 * \frac{12.77^2}{2} = 11.5\ \text{kg}$$

$$\text{F paralelas} = \text{resistencia} = C_D\ \rho\ A\frac{V^2}{2} = 0.009(0.1251)(2.16)\frac{12.77^2}{2} = 2.0\ \text{kg}$$

Problema

Un modelo de ala de avión de 1.00 m de alargamiento (longitud) y 10 cm de cuerda se ensaya en el túnel aerodinámico con un ángulo de ataque constante. El aire a presión normal y 27°C circula a 100 Km/h. La sustentación y resistencia medidas son, respectivamente, 2.80 kg y 0.23 kg. Determinar los coeficientes de sustentación y resistencia.

$$R = C_D\ \rho\ A \frac{V^2}{2}\ R = C_D\ \rho\ A \frac{V^2}{2}$$

Despejando C_D

$$C_D = \frac{2R}{\rho\ A\ V^2}$$

$$C_D = \frac{0.46}{(0.12)(0.1)(27.77)^2}$$

$$C_D = 0.0497$$

$$\text{Sustentación} = C_L\ \rho\ A \frac{V^2}{2}$$

$$C_L = \frac{2S}{\rho\ A\ V^2}$$

$$C_L = \frac{5.6}{(0.12)(0.1)(27.7)^2}$$

$$C_L = 0.605$$

Problema

Calcular el número de Mach para (a) un avión que se mueve a una velocidad de 480 Km/h, (b) un cohete que va a 3840 Km/h y (c) un proyectil cuya velocidad es de 1920 Km/h. Los tres se mueven a través de aire normal a 20°C.

Calculando el número de Mach

$$Nm = \frac{Vs}{C} = \frac{Vs}{\sqrt{KgRT}} \quad \text{Para } 20^{0}\text{C}$$

a)

$$R = 29.3$$

$$K = 1.4$$

$$Vs = 480 \frac{Km}{h} = 133.33 \frac{m}{s}$$

$$Nm = \frac{133.33}{\sqrt{(1.4)(9.8)(29.3)(273+20)}} = 0.3885$$

b)

$$R = 29.3$$

$$K = 1.4$$

$$Vs = 3840 \frac{Km}{h} = 1066.66 \frac{m}{s}$$

$$Nm = \frac{1066.66}{\sqrt{(1.4)(9.8)(29.3)(273+20)}} = 3.108$$

c)

$$R = 29.3$$

$$K = 1.4$$

$$Vs = 1920 \frac{Km}{h} = 533{,}33 \frac{m}{s}$$

$$Nm = \frac{533.33}{\sqrt{(1.4)(9.8)(29.3)(273+20)}} = 1.554$$

Problema

Del problema 11 ¿cuál será el empuje bruto si la presión de salida fuera de 0.70 kg/cm² (ab) y el número de Mach Nm es igual a 1? Utilizar k=1.333

Calculando la temperatura en dicha sección

$$\frac{Ts}{238.5}=\left(\frac{(0.7*10^{-4})}{3830}\right)^{(K-1)}$$

$Ts = 277° K$

$Vs = Nm\,C$

$Vs = Nm\sqrt{Kg\,RT}$

$Vs = 1.0\sqrt{(1.33)(9.8)(29.3)(273)}$

$Vs = 325 m/s$

Calculando peso especifico en la salida

$$\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^K=\frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$\left(\frac{W_3}{0.549}\right)^{1.33}=\frac{0.7*10^4}{3830}$$

$We = 0.864\ kg/m^3$

$$F=\frac{0.864(0.14)(325)^2}{9.8}+0.14(7000-3830)-0=1746\,kg$$

Problema

Un motor cohete quema su propulsor a razón de 6.90 kg/s. Los gases, productos de la combustión, abandonan el cohete a la presión atmosférica y a una velocidad relativa de 980 m/s. La tobera de empuje tiene un área de salida de 320 m² y el peso bruto del cohete es de 230 kg. En un instante determinado, el motor cohete desarrolla una potencia de 2500 C.V. ¿Cuál es la velocidad del cohete?

La presión de salida es igual a la atmosférica

$$F_T=\left(\frac{Ws}{g}\right)Vs$$

$$F_T=\left(\frac{690}{9.8}\right)980$$

$F_T = 690\ kg$

$$2500\,CV=\frac{F_T\ V\,cohete}{75}$$

$V\,cohete = 272\ m/s$

Problema

Un automóvil tiene un área proyectada de 3.20 m² y se mueve a una velocidad de 80 Km/h en aire en reposo a 27°C. Si $C_D = 0.45$. ¿qué potencia se consume para vencer la resistencia?

La potencia requerida para vencer la resistencia es:

$P =$ Fuerza $*$ Velocidad

La fuerza que actúa perpendicular al área es

$$F=C_D\,\rho\,A\frac{V^2}{2}$$

$$F=0.45*0.1200*3.2*\frac{(22.22)^2}{2}$$

$F = 42.66\ kg$

$$P=\frac{42.66*22.22}{75}$$

$P = 12.64\ CV$

Problema

Un tren de 150 m de longitud se mueve a través de aire normal a 15°C a una velocidad de 120 Km/h. Se consideran los 1500 m² de superficie del tren como si pertenecieran a una placa plana. Para una capa límite turbulenta desde el borde de ataque, ¿cuál es la resistencia superficial debida a la fricción?

$$R=C_D\,\rho\,A\frac{V^2}{2}$$

$P = 15°C$ es de 0.1251

$$V=120\frac{Km}{h}=33.33\ m/s$$

$$R=C_D*(0.1251)*1500*\frac{(33.33)^2}{2}$$

$R = 104229.15\ C_D$

$$C_D=\frac{0.455}{(Log_{10}R_E)^{2.58}}\qquad \text{Para } 10^6 \langle R_E \langle 10^9$$

$$C_D=\frac{0.455}{\left(Log_{10}\frac{VL}{\mu}\right)^{2.58}}=\frac{0.455}{\left(Log_{10}\frac{33.33*150}{1.4515^{-9}_{*10}}\right)^{2.58}}=0.001794$$

$R = 104229.15 * 0.001794 = 187\ kg$

Problema

Un cilindro de 60 cm de diámetro y 4.5 m de longitud se mueve a 50 Km/h a través de agua a 15°C (paralelamente a su longitud). ¿Cuál es el coeficiente superficial debida a la fricción?

$$R = C_D \ \rho A \frac{V^2}{2}$$

$$\rho = 0.999$$

$$\text{Área Cilindro} = 2 * \pi * 0.3 * 4.5 = 8.48$$

$$V = 50 \frac{Km}{h} = 13.88 \frac{m}{s}$$

$$165 = C_D * \left(\frac{0.999 * 1000}{9.81}\right) * 8.48 * \frac{(13.88)^2}{2}$$

$$165 = 83184.28 \ C_D$$

$$C_D = \frac{165 \ kg}{83184.28 \ kg} = 0.002$$

Problema

Calcular la resistencia superficial debida al rozamiento sobre una placa plana de 30 cm de anchura y 90 cm de longitud, colocada longitudinalmente (a) en una corriente de agua a 21°C que fluye a una velocidad de 30 cm/s y (b) en una corriente de un fuel-oil pesado a 21°C y una velocidad de 30 cm/s

a) El agua a 21° C tiene $\rho = 0.997$ y $\mu = 1.115 * 10^{-6}$

$$\text{Resistencia} = C_D \ \rho A \frac{V^2}{2}$$

$$R = 2C_D \left(\frac{1.997 * 1000}{9.8}\right) * (0.27) \frac{(0.3)^2}{2} = 2.46 C_D$$

$$C_D = \frac{1.328}{\sqrt{VL/\mu}} = \frac{1.328}{\sqrt{\frac{0.3 * 0.9}{1.115 * 10^{-6}}}}$$

$$R = 0.0064 \ kg$$

b) Para fuel oil pesado que $\rho = 0.908$ y $\mu = 148 * 10^{-6}$

$$R = 2C_D \left(\frac{0.908 * 1000}{9.81}\right) * 0.27 * \frac{(0.3)^2}{2} = 2.25 C_D$$

$$C_D = \frac{1.328}{\sqrt{\frac{0.3 * 0.9}{148.4 * 10^{-6}}}} = 0.0309$$

$$R = 0.0696 \ kg$$

Problema

Un globo de 1.20 m de diámetro, que pesa 1.80 kg, está sometido a un empuje hidrostático medio de 2.25 kg. Utilizando P = 0.120 UTM/m³ y r= 1.58 * 10^{-5} m²/s, evaluar la velocidad con que ascenderá.

$$\sum FY = 0 \Rightarrow \text{Resistencia} = \text{Peso del globo} - \text{Empuje hidrostático}$$

Problema

Un objeto que tiene un área proyectada de 0.60 m² se mueve a una velocidad de 50 km/h. Si el coeficiente de resistencia es de 0.30, calcular la resistencia al moverse a través de agua a 15°C y a través de aire normal a 15°C.

a) a traves del agua a 15^0 C

$$F = C_D\ \rho\ A \frac{V^2}{2}$$

$$F = 0.30 * 102 * 0.6 * \frac{(13.889)^2}{2} \qquad 50\frac{Km}{h} = 13.889\frac{m}{s}$$

$$F = 1770\ kg$$

b) a traves del aire normal a 15^0 C

$$F = 0.30 * \frac{1.22}{9.81} * 0.60 * \frac{(13.889)^2}{2}$$

$$F = 2.16\ kg$$

Problema

Un cuerpo se mueve a través de aire normal a 15ºC a una velocidad de 80 Km/h y para mantener esta velocidad se requiere una potencia de 5.5 CV. Si el área proyectada es de 1.20 m², determinar el coeficiente de resistencia.

Si la resistencia F es igual a

$$F = C_D\ \rho\ A \frac{V^2}{2}$$

Y como potencia es igual a FV

$$F = \frac{Potencia * 75}{V\left(m/s\right)} = \frac{5.5 * 75}{22.23\ m/s} = 18.56\ kg$$

Luego $18.56\ kg = C_D\ \rho\ A \frac{V^2}{2}$

Lla resistencia requerida C_D será

$$C_D = \frac{18.56 * 2}{\rho\ A\ V^2} = \frac{18.56 * 2}{\frac{1.22}{9.81} * 1.2 * (22.22)^2} = 0.503$$

Problema

Una placa rectangular lisa de 0.60 m de anchura por 24 m de longitud se mueve a una velocidad de 12 m/s en la dirección de su longitud a través de una masa de aceite. Calcular la resistencia sobre la placa y el espesor de la capa límite en el borde de salida. ¿Sobre qué longitud de la placa se mantiene la capa limite laminar? Utilizar la viscosidad cinemática = 1.49 * 10^{-5} m²/s y W = 850 kg/m³.

a) El número de Reynolds $R_E = \frac{VL}{\mu}$

Siendo

V = Velocidad

L = Longitud

μ = viscocidad cinemática

$$R_E = \frac{12 * 24}{1.4910^{-5}} = 19328859.06$$

El valor R_E indica que el flujo en la capa límite está en la zona de transición suponiendo que el valor crítico del R_E es igual a 500000 R_{EC} - R_E críticas la localización del punto en que terminan las condiciones laminares se calculan así

$$\frac{Xc}{L} = \frac{R_{EC}}{R_E} \qquad X_C = \frac{R_{EC} * L}{R_E}$$

$$Xc = \frac{24 * 500000}{1932885906} = 0.621m$$

b) El espesor de la capa límite se calcula así

$$\delta = \frac{5.20 * X_C}{\sqrt{Rcc}} = \frac{5.20 * 0.621}{\sqrt{500.000}}$$

$$\delta = 4.567 * 10^{-3}\ m = 4.567\ mm$$

c) La resistencia superficial se calcula sumando a la resistencia producida por la zona de la capa límite laminar que llega hasta Xc y la resistencia que da lugar a la zona de capa límite turbulenta entre B y C y este valor se calcula como si toda la capa límite fuese turbulenta. Al restarle la resistencia producida por la capa límite turbulenta ficticia de A a B entonces

❶ Resistencia laminar de A a B sobre una de las caras

$$R_1 = C_D * \rho * A * \frac{V^2}{2}$$

$$R_1 = \frac{1.328}{\sqrt{500000}} * \frac{850}{9.81} * (0.621 * 0.6) * \frac{12^2}{2}$$

$$R_1 = 4.365\ kg$$

$$1050 = \frac{P * 30\ cm}{0.95\ cm} \text{ por tanto}$$

$$P = \frac{1050\ {}^{kg}\!/\!_{m^2} * 0.0095\ m}{0.3\ m}$$

$$P = \frac{9.975\ {}^{kg}\!/\!_{m^3}}{0.3\ m}$$

$$P = 33.25\ {}^{kg}\!/\!_{m^2}$$

$$P = 33.25\ {}^{kg}\!/\!_{m^2}$$

Problema

Calcular el ángulo de Mach para una bala que lleva una velocidad de 510 m/s a través del aire a 1.033 kg/cm² y 15ºC

a) Calculando C

$$C = \sqrt{gK\ RT} = \sqrt{(1.4)(9.81)(29.3)(273+15)}$$

$$C = 340.43\ m/s$$

b) Calculando el número de Mach Nm

$$Nm = \frac{510\ m/s}{340.43\ m/s} = 1.498$$

c) Teniendo el número de Mach se halla el ángulo de Mach

$$\alpha\ M = \text{arc Sen}\,\frac{1}{Nm}$$

$$\alpha\ M = \text{arc Sen}\,\frac{1}{1.498} = 41.87 = 41^0 52' 43''$$

Problema

¿Cuál es el valor de la resistencia de un proyectil (forma A Diagrama H) de 100 mm de calibre cuando lleva una velocidad de 570 m/s a través del aire a 10º C y 1.033 1.033 kg/cm²?

a) Hallando la celeridad del proyectil

$$C = \sqrt{gK\ RT} = \sqrt{(1.4)(9.81)(29.3)(273+10)}$$

. Si K y R son constantes tales que K = 1.4 y R = 29.3 y por otro lado donde T está en grados absolutos

$$C = 337.46\ m/s$$

b) Determinando el ángulo de Mach α M

Para ello es indispensable tener en cuenta el número de Mach

$$N_M = \frac{V}{C} = \frac{570\ m/s}{337.46\ m/s} = 1.69$$

Por tanto

$$\alpha\ M = \text{Arc Sen}\,\frac{1}{N_M} = \sigma\ \text{rc Sen}\,\frac{1}{1.69}$$

$$\alpha\ M = 36.30 = 36^0 18' 6.74''$$

C) Del diagrama H_1 forma A para el N_M de 1.69 $C_D = 0.52$ y si el peso específico del aire es $W = \frac{P}{RT}$

$$W = \frac{1.033 * 10^4}{29.3(273+10)} = 1.246\ {}^{kg}\!/\!_{m^3}$$

la resistencia para la forma A del proyectil es

$$Rp = \frac{C_D * P * A * V^2}{2} \quad \text{pero como } P = \frac{W}{g}$$

$$Rp = \frac{C_D * W * A * V^2}{2g} = \frac{0.52 * 1.246 * \left(\frac{1}{4}\pi\ (0.1)^2\right) * (570)^2}{2(9.81)} = 84.3\ kg$$