

PORTAFOLIO – MECANISMOS DE TRANSFERENCIA

EJERCICIO 1

En un experimento de laboratorio de mecánica de fluidos, se vacía un tanque de diámetro D que tiene un nivel inicial de agua h_0 . El agujero de drenaje está perfectamente redondeado y tiene diámetro d . El experimentador supone que el tiempo de vaciado t depende de D , d y h_0 , así como de la gravedad g , y de la densidad ρ y viscosidad μ del agua. Empleando el teorema pi de Buckingham, encontrar un conjunto de grupos adimensionales pertinentes a este experimento.

$$\text{RESPUESTA: } \pi_1 = \frac{h}{d} \quad \pi_2 = \frac{D}{d} \quad \pi_3 = \frac{\mu}{\rho V d} \quad \pi_4 = \frac{W}{\rho V^2 d^2}$$

EJERCICIO 2

La convección entre una esfera y un fluido en movimiento está caracterizada por un parámetro llamado *coeficiente de transferencia de calor por convección* (h , en $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$), que depende del diámetro de la esfera (D), la velocidad del fluido (v), y de las propiedades del fluido como su densidad (ρ), su viscosidad (μ), su capacidad calorífica (c_p , en $\text{J/kg}\cdot\text{K}$) y su conductividad térmica (k , en $\text{W/m}\cdot\text{K}$). Determinar un conjunto de números adimensionales para este caso.

$$\text{RESPUESTA: } \pi_1 = \frac{hD}{k} \quad \pi_2 = \frac{\mu}{\rho v D} \quad \pi_3 = \frac{\rho v D c_p}{k}$$

$$\text{RESPUESTA ALTERNATIVA: } \pi_1 = \frac{h}{\rho v c_p} \quad \pi_2 = \frac{\mu}{\rho v D} \quad \pi_3 = \frac{k}{D \rho v c_p}$$

EJERCICIO 3

Los siguientes datos corresponden al diámetro de las burbujas obtenidas al inyectar aire en agua a 20°C a través de capilares de diversos diámetros:

D_c (μm)	1.5	3.5	4.2	6.3	11.1	13.5	15.5	56.5	121	332	728	1275	2880
D_b (mm)	0.41	0.57	0.54	0.70	0.77	0.84	0.84	1.34	1.74	2.34	2.86	3.63	4.89

Datos obtenidos de la Figura P2.30 presentada en Middleman (1998), "An Introduction to Fluid Dynamics", Ed. Wiley, que a su vez cita a Blanchard y Syzdek (1977), *Chem. Eng. Sci.*, **32**, p. 1109.

donde D_c es el diámetro del capilar y D_b es el diámetro de las burbujas producidas. Se cree que el diámetro de burbuja adimensional $D^* = D_b / D_c$ es función del número de Bond $\text{Bo} = D_c^2 \rho g / \gamma$, donde ρ es la densidad del agua, g es la gravedad y γ es la tensión superficial del agua.

- A partir de los datos de la tabla, generar una gráfica de D^* en función de Bo . Generar una segunda gráfica de D^* en función de Bo pero ahora en escala logarítmica. En estas dos gráficas, los datos deben aparecer con símbolos sin línea, ya que son datos experimentales discretos.
- En base a la segunda gráfica, se puede asumir que la relación entre estos dos números adimensionales es de la forma $D^* = a \cdot \text{Bo}^b$, donde a y b son dos constantes. Para verificar esta suposición, en la segunda gráfica, agregar una línea de tendencia de potencia, para encontrar los valores de las constantes y expresar la correlación buscada de D^* en función de Bo .

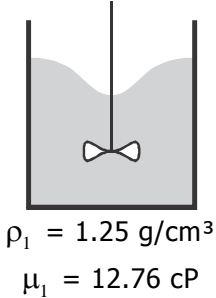
Para el agua tomar $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ y $\gamma = 0.072 \text{ N/m}$.

$$\text{RESPUESTA: } D^* = 1.705 \text{Bo}^{-0.339}$$

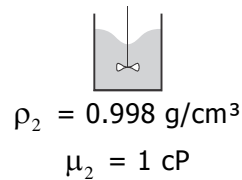
EJERCICIO 4

Se desea evaluar las características de agitación en un tanque industrial que va a contener un jarabe de azúcar, mediante el estudio de un modelo a escala reducida que utilizará agua. Ya que se produce un vórtice que puede succionar aire hacia el líquido, se requiere que el número de Froude del modelo sea igual al del tanque industrial (esto es necesario para tener similitud dinámica porque en este caso la fuerza de interés es la gravedad que actúa sobre la superficie del líquido). Determinar la relación de tamaño del tanque al modelo (D_1 / D_2) y la relación de velocidades angulares del agitador (Ω_1 / Ω_2). Si con el modelo se encuentra que el vórtice se vuelve demasiado profundo para una velocidad angular de 250 rpm, calcule la velocidad angular máxima que se podrá emplear en el tanque industrial.

① Tanque industrial (jarabe)



② Modelo reducido (agua)



EJERCICIO 5

Ejercicio libre – Cada estudiante debe buscar un ejercicio pertinente al contenido de la unidad en alguna de las referencias bibliográficas (no internet) y presentar su solución. Indispensable incluir la copia de la página donde aparece el ejercicio (no se aceptan ejemplos resueltos) y los datos bibliográficos del libro.

EJERCICIO 6

Estimar la viscosidad del vapor de cloroformo a 200°C y 1 atm aplicando (A) la teoría cinética de Chapman-Enskog y (B) el método de Stiel y Thodos. Comparar ambos resultados.

Respuesta: (A) $1.614 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (B) $1.634 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

EJERCICIO 7

El vapor de fenol a 750°C y 1 atm tiene una viscosidad de 247 μP . ¿Cuál será su viscosidad si la presión aumenta a 450 atm?

Respuesta: 796.76 μP

EJERCICIO 8

Construir una gráfica de la viscosidad de mezclas $\text{NH}_3 - \text{H}_2$ a 33°C en función de la fracción mol de NH_3 . A dicha temperatura, las viscosidades de los componentes puros son 90.6 μP para el hidrógeno y 105.9 μP para el amoníaco. Desarrollar un cálculo a mano a una cierta composición como ejemplo, y los demás puntos de la gráfica obtenerlos con ayuda de una hoja de cálculo.

EJERCICIO 9

Estimar la viscosidad a temperatura ambiente de una mezcla líquida que contiene un 33% de acetonitrilo y un 67% de acetato de butilo (en base molar). Las viscosidad de los componentes puros a temperatura ambiente es 0.37 y 2.98 cP, respectivamente.

EJERCICIO 10

Ejercicio libre – Cada estudiante debe buscar en la bibliografía la viscosidad en fase gaseosa de alguna sustancia pura, y estimar la viscosidad con el método de Chapman-Enskog y el método de Stiel-Thodos, a las mismas condiciones de temperatura y presión que reporte su fuente bibliográfica. Calcular en cada caso el error porcentual respecto al valor experimental. Indispensable anexar copia de la página donde aparece el dato experimental, con los datos bibliográficos correspondientes.

EJERCICIO 11

Estimar la conductividad térmica del benceno en los siguientes casos: (A) como gas a 20°C y 0.05 atm, (B) como gas a 740°C y 340 atm, y (C) como líquido a 20°C.

EJERCICIO 12

El ciclopentano hierve a 49°C y tiene una densidad de líquido de 0.745 g/cm³. Estimar la conductividad térmica del vapor de ciclopentano a 150°C.

EJERCICIO 13

Estimar la conductividad térmica de una mezcla de 20% metanol, 50% etanol y 30% éter dietílico (porcentajes en base masa) a 20°C. A esa temperatura, la conductividad térmica de los fluidos puros (reportada en Perry, Manual del Ingeniero Químico) es 0.203, 0.173, y 0.134 W/m·K, respectivamente.

EJERCICIO 14

Considérese un material compuesto formado por microesferas de vidrio de 100 μm de diámetro dispersas en una matriz de polipropileno. Si la conductividad térmica del material compuesto es 0.347 W/m·K, y la conductividad térmica del vidrio y del polipropileno son 1.1 y 0.25 W/m·K, respectivamente, estimar la fracción volumen de esferas, y cuántas esferas hay en 1 mm³ del material compuesto.

EJERCICIO 15

Ejercicio libre – Cada estudiante debe buscar en la bibliografía la conductividad térmica en fase gaseosa de alguna sustancia pura, y estimarla con el método de Chapman-Enskog a las mismas condiciones de temperatura (y presión) que reporte su fuente bibliográfica. Calcular el error porcentual respecto al valor experimental. Indispensable anexar copia de la página donde aparece el dato experimental, con los datos bibliográficos correspondientes.

EJERCICIO 16

Estimar la difusividad del amoníaco en argón, a 255 K y 1 bar, aplicando (A) la teoría cinética de Chapman-Enskog, (B) el método de Fuller, y (C) la extrapolación de Hirshfelder sabiendo que la difusividad es 0.256 cm²/s a 333 K y 1 atm. En los tres casos, calcular el porcentaje de error sabiendo que el valor experimental de la difusividad a 255 K y 1 bar es 0.152 cm²/s (dato experimental de Srivastava y Srivastava, *Journal of Chemical Physics*, 36:2616, 1962; citado por Reid, Prausnitz y Poling, "The Properties of Gases and Liquids", 1987).

EJERCICIO 17

Estimar el coeficiente de difusión del yodo (1% peso) en dióxido de carbono a 100 bar y 400 K.

EJERCICIO 18

Estimar la difusividad a dilución infinita de la butanona en agua líquida a 35°C.

EJERCICIO 19

Estimar la difusividad del cloruro de calcio en solución acuosa diluida a 47°C.

EJERCICIO 20

Ejercicio libre – Cada estudiante debe buscar en la bibliografía la difusividad en fase gaseosa de algún compuesto orgánico en aire, y también estimar la difusividad con un método apropiado, a las mismas condiciones de temperatura (y presión) que reporte su fuente bibliográfica. Calcular el error porcentual respecto al valor experimental. Hacer lo mismo con un dato reportado de difusividad en fase líquida de un compuesto orgánico (puede ser el mismo o diferente) en agua. Indispensable anexar copia de las páginas donde aparecen los datos experimentales, con los datos bibliográficos correspondientes.

EJERCICIO 21

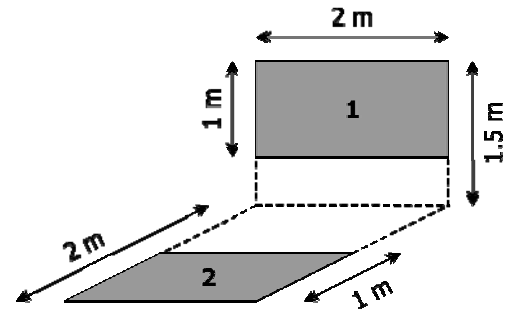
(Simulador de radiación de cuerpo negro).

EJERCICIO 22

Considérese los dos rectángulos idénticos de $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ que se muestran en la figura:

- (A) Calcular el factor de visión F_{12} .
- (B) Calcular la rapidez de transferencia de calor por radiación Q_{12} .

Las temperaturas de las dos superficies son $T_1 = 270^\circ\text{C}$ y $T_2 = 47^\circ\text{C}$, respectivamente.



EJERCICIO 23

Un estudiante de ingeniería química desea hacer una demostración de la transferencia de calor por radiación. Para ello emplea dos superficies cuadradas de 4 plg de lado (que pueden asumirse como cuerpos negros) y las coloca verticalmente una frente a otra a una distancia de 7 plg. Las temperaturas de las superficies son $T_1 = 200^\circ\text{C}$ y $T_2 = 20^\circ\text{C}$ respectivamente

- (A) ¿Cuánto calor se está transfiriendo por radiación de la superficie 1 a la 2?
- (B) Por un descuido, la placa 2 se cae y queda horizontal. ¿Cuánto calor se transfiere ahora?

EJERCICIO 24

Se disipa calor de una pared por medio de una serie de aletas rectas de sección transversal constante. Todas las aletas son idénticas, están hechas de cobre ($k = 400\text{ W/m}\cdot\text{K}$) y tienen una longitud de 25 mm y una sección transversal cuadrada (constante) de 5 mm de lado. El coeficiente de transferencia de calor por convección es $1470\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (también constante). La temperatura de la pared es 80°C y la temperatura del aire circundante es 25°C . Para los cálculos siguientes, considerar una sola de las aletas.

- (A) Calcular el número de Biot para la aleta (Bi).
- (B) Calcular la rapidez con la que la aleta pierde calor (Q en watts).

EJERCICIO 25

Se desea disipar calor de un tubo cuya pared exterior se encuentra a 90°C agregándole aletas de enfriamiento circulares de espesor constante. El tubo tiene un diámetro exterior de 2 plg, y su superficie externa se mantiene a una temperatura constante de 90°C . Las aletas son de bronce ($k = 109\text{ W/m}\cdot\text{K}$) y tienen un diámetro externo de 3 plg y un espesor de $1/8$ plg. El aire circundante se encuentra a 25°C . Asumir $h = 32\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ constante. **Determinar cuántas aletas de enfriamiento se requieren para disipar 1.5 kW de calor por cada metro de longitud del tubo.**

