TEMA 2: TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONDUCCIÓN

PROBLEMA 1

La pared vertical de la cámara de combustión de un horno está constituida por una capa de ladrillo refractario de 10 cm (k_{LR} = 1,49 kcal h^{-1} m^{-1} ºC^{-1}) y una capa de ladrillo aislante de 7,5 cm (k_{LA} = 0.30 kcal h^{-1} m^{-1} ºC^{-1}). La temperatura de la atmósfera interior del horno es de 1300 ºC y la del aire exterior es de 25 ºC.

a) ¿Qué diferencia habrái en el planteamiento del problema si la temperatura fuera conocida en la pared interna del ladrillo refractario o en la pared externa del ladrillo aislante?

Para reducir las pérdidas de calor de la cámara de combustión un 40 % y mejorar así el rendimiento del horno, se quiere aplicar una nueva capa de plástico aislante (k_{PA} = 0.104 kcal h^{-1} m^{-1} ºC^{-1}) en la parte exterior del ladrillo aislante. Calcule:

b) Espesor de aislante necesario.

c) Valor de la temperatura en la pared del ladrillo refractario en contacto con el gas del horno antes y después de añadir la capa de plástico aislante.

Datos:

- Coeficiente de transmisión de calor individual del gas del horno: h_I = 12 kcal h^{-1} m^{-2} ºC^{-1}
- Coeficiente de transmisión de calor individual del aire: h_E = 55 kcal h^{-1} m^{-2} ºC^{-1}

PROBLEMA 2

Una corriente de vapor de agua con una calidad de 0,98 fluye a través de una tubería de acero (diámetro interno, Di = 2,1 cm y externo, De = 2,7 cm) a una presión de $1,4 \cdot 10^5$ Pa y con una velocidad de 1 m s^{-1}. La tubería está aislada con una capa de 3,5 cm de aislante de magnesio.

Si el aire ambiente está a 20 ºC, calcule:

a) Las pérdidas de calor por metro de longitud de tubería.

b) La temperatura del aislante en contacto con el aire exterior.

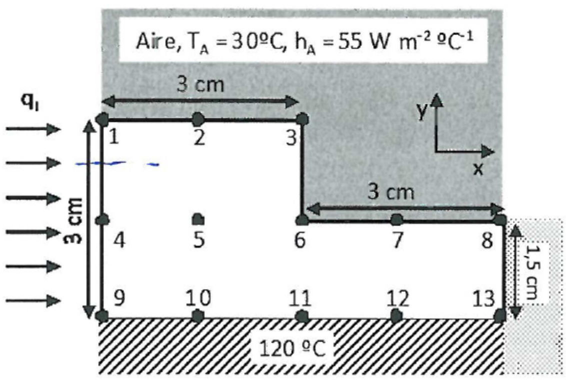
c) Calidad del vapor una vez que ha recorrido 3 m de tubería.

Datos y notas:

- Conductividad: acero, k_{AC} = 40 W m^{-1} K^{-1}; magnesio, k_{MG} = 0,04 W m^{-1} K^{-1};
- Coeficiente de transmisión de calor individual: vapor, h_V = 560 W m^{-2} K^{-1}; aire, h_A = 10 W m^{-2} K^{-1}
- Vapor saturado a $1,4 \cdot 10^5$ Pa: temperatura de saturación, T_{sat} = 117 ºC; calor latente de evaporación, λ = 2237 kJ kg^{-1}; volumen específico vapor, v_{sat} = 1,39 m^3 kg^{-1}
- Suponer despreciable la pérdida de presión en 3 metros de tubería.

PROBLEMA 3

Considérese un sólido en forma de L cuya sección transversal se muestra en la figura y con las siguientes condiciones de contorno: la superficie derecha está aislada, la inferior se mantiene a una temperatura constante y uniforme de 120 ºC, la superior está sujeta a convección con el aire ambiental a T_A = 30 ºC y la izquierda recibe un flujo de calor de q_I = 2000 W m^{-2}. Además, en el sólido se genera calor con una velocidad G = $5 \cdot 10^5$ W m^{-3}. Si la transmisión de calor en le eje z se considera despreciable, calcule la distribución interna de temperaturas mediante el método de incrementos finitos.



Datos y notas:

- Aplique el método de incrementos finitos con la red nodal representada en la figura.
- Conductividad térmica del sólido, k = 45 W m^{-1} ºC^{-1}
- Coeficiente de transporte de calor por convección del aire, h_A = 55 W m^{-2} ºC^{-1}

PROBLEMA 4

En el interior de un grano macizo de radio R_0 de un mineral radiactivo se genera una cantidad de calor por unidad de volumen constante, G. La partícula está completamente rodeada por un fluido que puede considerarse a temperatura constante, T_F, con un coeficiente individual de transmisión de calor individual, h_F. Suponiendo estado estacionario y utilizando el método de los incrementos finitos con una distancia radial entre nodos de Δr, obtenga:

a) Las expresiones generales de las ecuaciones nodales para los diferentes tipos de nodos (centrales y extremos) que aparecen en la definición del sistema por incrementos finitos.

b) El parfil de temperatura en el interior de la partícula y el caudal de calor transferido desde la partícula hacia el fluido con los siguientes datos particulares:

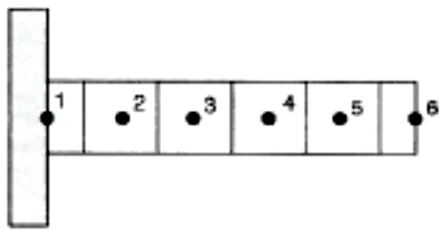
- Grano de mineral: $G = 10^6$ W m^{-3}, k = 3 W m^{-1} K^{-1}; R_0 = 3 cm; Δr = 0,5 cm.
- Fluido externo: h_F = 500 W m^{-2} K^{-1}; T_F = 300 ºC.

PROBLEMA 5

Con objeto de aumentar la velocidad de disipación de calor de un dispositivo electrónico de geometría cuadrada (1 m de ancho x 1 m de altura) se ha decidido disponer sobre su superficie una serie de aletas (k = 240 J s^{-1} m^{-1} K^{-1}). Se sitúan 100 aletas por metro y éstas son de sección rectangular, de 2,5 cm de largo y 0,25 cm de espesor. Suponiendo que el coeficiente de transmisión de calor por convección desde la base y desde las aletas es el mismo (h = 35 W m^{-2} K^{-1}), ¿cómo varía la disipación de calor debido a la presencia de aletas?

PROBLEMA 6

El aspa de una turbina de 5 cm de longitud tiene un área de sección transversal A = 4,5 cm^2 y un perímetro de 12 cm. Está fabricada con una aleación cuya conductividad térmica es k = 25 W m^{-1} K^{-1} y el punto de fijación al eje se encuentra a 500 ºC. Además, está expuesta a gases con una temperatura de 900 ºC cuyo coeficiente de transporte de calor por convección es de 500 W m^{-2} K^{-1}. Con la red nodal mostrada en la figura adjunta, calcule:



a) La distribución de temperaturas en el aspa.

b) La velocidad de transmisión de calor hacia el aspa.

c) La eficicencia del aspa.

d) Comparar esta eficiencia con la calculada a partir de la solución analítica.

PROBLEMA 7

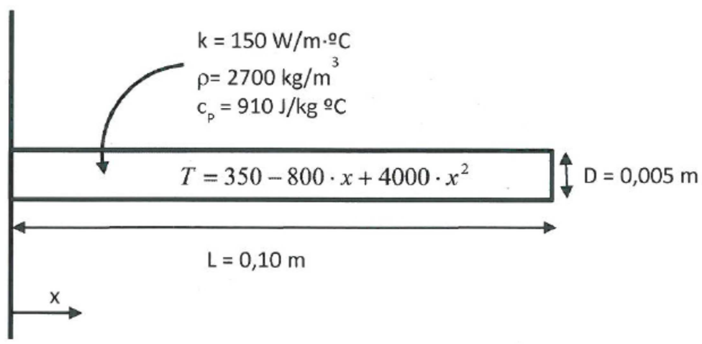
Considere una aleta de sección cilíndrica de 10 cm de longitud y 0,5 cm de diámetro (k = 150 W m^{-1} ºC^{-1}; ρ = 2700 kg m^3 y c_P = 910 J kg^{-1} ºC^{-1}. En un instante dado, la distribución de temperaturas en función de la distancia a la base a la que está unida, x, es $T = 350 - 800 \cdot x + 4000 \cdot x^2$, donde x viene expresada en metros y T en ºC. Calcule:

a) El flujo de calor por unidad de área en x = 0 y x = 10 cm.

b) ¿Se está enfriando o calentando la aleta? Justifique la respuesta.

c) Temperatura mínima y lugar donde se alcanza.

d) Tiempo necesario para que la temperatura en el lugar donde es mínima varíe 10 ºC desde el instante dado.



PROBLEMA 8

Un cilindro de cobre de 6 m de longitud y 0,6 m de diámetro se encuentra a una temperatura inicial de 40 ºC y se introduce en un baño de agua a 90 ºC. Calcule el tiempo necesario para que el centro del cilindro alcance 70 ºC:

a) Suponiendo que no hay gradiente de temperatura en el interior del cilindro.

b) Teniendo en cuenta la variación de temperatura en el interior del cilindro. En caso de que sea posible, emplee un método gráfico para resolver este apartado buscando la gráfica apropiada.

Datos y notas:

- Coeficiente de transporte de calor por convección entre el cilindro y el agua, $h = 1250\ W\ m^{-2}\ K^{-1}$
- Propiedades físicas del cobre: $k = 400\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$; $\rho = 8900\ kg\ m^{-3}$; $c_P = 380\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

PROBLEMA 9

Un lingote de acero se somete a un tratamiento térmico por inmersión en un baño de sal fundida. El lingote es un paralelepípedo de 1 m de largo y con sección cuadrada de 5 cm de lado. Antes de sumergirlo en el baño, el lingote se encuentra a una temperatura constante y uniforme de 20 ºC. el baño está a 600 ºC y el coeficiente individual de transporte de calor en su superficie es de $20\ W\ m^{-2}\ K^{-1}$.

Represente gráficamente la temperatura en el centro del lingote como una función del tiempo. ¿Cuánto tiempo se requiere para calentar el centro del lingote a 500 ºC?

Datos y notas:

- Conductividad térmica, $k = 40\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$; difusividad termica, $\alpha = 1\cdot10^{-5}\ m^2\ s^{-1}$