

TEMA 2. CONDUCCIÓN CALORÍFICA

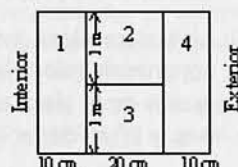
1. Una habitación a la temperatura de 20°C está separada del exterior, a 5°C , por un muro de 12 cm de espesor y dimensiones $2,5 \times 3,5 \text{ m}^2$ formado por un material de conductividad $\kappa = 0,8 \text{ kcal/m h K}$. a) Determinar la potencia calorífica perdida a través del muro en kW. b) ¿Cuál debe ser el espesor de una capa aislante, de conductividad, $\kappa = 0,055 \text{ kcal/h m K}$, para que las pérdidas de calor a través del muro queden divididas por 4?

(Sol: a) $\phi = 1,02 \text{ kW}$; b) $2,5 \text{ cm}$)

2. La pared exterior de una casa está formada por una capa de 10 cm de espesor de ladrillo común ($\kappa = 0,7 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) seguida de una capa de 4 cm de enlucido de yeso ($k = 0,487 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$). ¿Qué espesor de aislante (lana mineral de conductividad $= 0,0657 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) debe añadirse para reducir las pérdidas (o ganancias) caloríficas en un 80%?

(Sol: $5,88 \text{ cm}$)

3. Una pared plana está compuesta por cuatro materiales distintos situados como se indica la figura. Si la temperatura interior es de 25°C y la exterior de 5°C , calcular el calor que por unidad de tiempo se transmite por conducción a través de la pared.



Datos en el SI: $k_1 = 1$; $k_2 = 5$; $k_3 = 10$; $k_4 = 12$; $S = 10$ (Sol: $\phi = 1481,5 \text{ W}$)

4. Un bloque de vidrio de 30 cm de longitud y 15 cm de anchura, contiene hielo a 0°C . Calcular la masa de hielo que se funde por minuto cuando se le sumerge hasta 10 cm de profundidad en un baño de agua a 30°C . El espesor del vidrio es de 4 mm y su conductividad $\kappa = 0,0025 \text{ cal/s cm K}$. El calor de fusión del hielo es $L_f = 80 \text{ cal/g}$. (Sol: 190 g/min)

5. Una tubería cilíndrica de acero, de radios interior y exterior 0,2 y 0,22 m respectivamente, y conductividad térmica de $50 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, está cubierta con dos capas de material aislante. El espesor de la primera capa es de 50 mm y el de la segunda de 80 mm, y las conductividades térmicas son $0,2 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ para la primera y $0,1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ para la segunda. La temperatura de la superficie interior de la tubería es de 327°C y la de la parte exterior de la última capa de aislante, 45°C . Averiguar las temperaturas en las dos superficies de separación de los materiales de la tubería. (Sol: $\Phi/l = 489,3 \text{ W/m}$; $t_1 = 326,8^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 247,1^{\circ}\text{C}$)

6. Se tiene una placa plana de 0,5 m de espesor e indefinida en las otras dos direcciones. Calcular las temperaturas del plano medio de la placa y el calor que, por unidad de tiempo y superficie, atraviesa el plano medio y las caras externas de la placa, sabiendo que el régimen es estacionario, en los tres supuestos siguientes:

a) Las temperaturas de las dos caras externas de la placa son 500 K y 300 K , respectivamente, la conductividad térmica de la placa es constante y vale $k = 200 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ y no existen fuentes internas de calor. b) La conductividad térmica varía con la temperatura absoluta T , según la ecuación $k = T/3$ y no existen fuentes internas de calor. c) Existen fuentes internas de calor con una intensidad de 105 W/m^3 , las temperaturas de las caras externas de la placa pasan a ser 500 K cada una y la conductividad térmica permanece constante y vale $k = 200 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

(Sol: a) $T = 400 \text{ K}$; $q = 80000 \text{ W/m}^2$; b) $T = 412 \text{ K}$; $q = 53333 \text{ W/m}^2$; c) $T = 515,6 \text{ K}$; $q = 25000 \text{ W/m}^2$)

Un recipiente de latón de forma esférica, de 10 cm de diámetro interior y 5 mm de grosor, está recubierto exteriormente por una capa de corcho de 1 mm de espesor y contiene en su interior agua a 90°C . Suponiendo que la temperatura del agua no varíe y que la temperatura ambiente se mantenga a 20°C , calcular: a) el número de kilocalorías que pierde el agua cada 5 minutos; b) la temperatura de la superficie de contacto entre el latón y el corcho. Datos: $k_{\text{latón}} = 98,7 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$; $k_{\text{corcho}} = 0,041 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. (Sol: a) $Q = 7,9 \text{ kcal}$; b) $t = 89,84^{\circ}\text{C}$)

Calcular en kW/m^3 de uranio, la potencia máxima de un reactor nuclear, sabiendo que las barras cilíndricas de uranio, de 5 cm de radio, poseen en la superficie una temperatura constante de 300°C y en el eje del cilindro pueden alcanzar un máximo de 800°C . ($\kappa_u = 0,2 \text{ cal/s cm }^{\circ}\text{C}$) (Sol: $66,88 \times 10^3 \text{ kW/m}^3$)

7. Un cable eléctrico está constituido por un conductor de cobre de sección recta $S_1 = 2,5 \text{ mm}^2$ y resistividad $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, revestido de un material aislante de diámetro exterior $d_2 = 3,2 \text{ mm}$ y conductividad térmica $\kappa = 3,5 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$. Si la temperatura del hilo de cobre no debe pasar de 50°C cuando la temperatura exterior del aislante sea 20°C , ¿Cuál es la densidad de corriente (A/mm^2) máxima que puede soportar el cable con estas restricciones? (Sol: $J = 5,16 \text{ A/mm}^2$)

8. Por una barra cilíndrica de diámetro d circula una corriente eléctrica I . La barra es de un material de resistividad eléctrica ρ y conductividad térmica κ . a) Calcular la potencia calorífica disipada por efecto Joule por unidad de volumen. b) Calcular la diferencia de temperaturas entre la superficie exterior y el eje del cilindro en función de d , I , ρ y κ . (Considerar un cilindro macizo con fuentes internas de calor). c) Aplicarlo al caso de una barra de cobre (ρ

$=1,7 \mu\Omega \text{ cm}$, $\kappa = 0,1 \text{ kcal/s m } ^\circ\text{C}$) y al de una barra de grafito, ($\rho = 6 \times 10^3 \mu\Omega \text{ cm}$, $\kappa = 4 \times 10^{-3} \text{ kcal/s m } ^\circ\text{C}$) ambas con un diámetro $d = 1 \text{ cm}$, por las que circula $I = 500 \text{ A}$. Comparar y comentar los resultados.

(Sol: a) $(\rho^2 16) / (\pi^2 d^4)$; b) $\Delta t = (\rho^2) / (\pi^2 d^2 \kappa)$; c) $\Delta t_{\text{cobre}} = 0,01^\circ\text{C}$; $\Delta t_{\text{grafito}} = 908,98^\circ\text{C}$)

9. Una esfera de radio $r_0 = 5 \text{ mm}$ se encuentra inicialmente a 400°C dentro de un horno. Se le extrae del mismo y se la somete a un proceso de enfriamiento en aire a 20°C durante un tiempo, τ , hasta que la temperatura en su centro alcanza el valor $t_c(\tau) = 335^\circ\text{C}$. El coeficiente de transmisión de calor por convección, $h = 10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y las propiedades físicas del material de que está hecho la esfera: $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$; $\kappa = 20 \text{ W/m K}$; $c_p = 1000 \text{ J/kg K}$; $\alpha = 6,66 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Calcular: a) el tiempo necesario para que la esfera alcance la temperatura indicada; b) la temperatura cuando han transcurrido 30s desde que se sacó del horno; c) la energía perdida por la esfera.

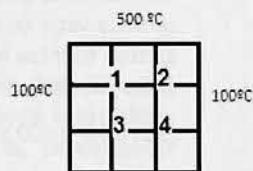
(Sol: a) $\tau = 94 \text{ s}$; b) $t \approx 378^\circ\text{C}$; c) $Q = 102 \text{ J}$)

10. Una placa plana indefinida en dos dimensiones, posee un espesor e en la otra dimensión. Carece de fuentes internas de calor y las temperaturas de sus caras son 0 y T_0 . El régimen de propagación del calor por conducción a través de la placa es estacionario, pero la conductividad κ no es constante, sino que varía con la temperatura según la relación $\kappa = 20 T$. Averiguar la temperatura en el plano medio de la placa. (Sol: $T_0 / \sqrt{2}$)
11. La conductividad térmica de un ladrillo refractario varía con la temperatura de acuerdo con la expresión $\kappa = 0,03 + 3 \times 10^{-5} t$, donde t se expresa en $^\circ\text{C}$ y κ en $\text{kcal/h m } ^\circ\text{C}$. Se utilizan ladrillos de este tipo para construir una pared de 25 cm de espesor para un horno. a) Calcular las pérdidas por m^2 de pared si la temperatura de funcionamiento del horno será de 1000°C y la exterior de 50°C . b) Si no se tiene en cuenta el término de variación de κ con la temperatura, ¿en qué porcentaje se subestiman las pérdidas?. (Sol: a) $q/S = 202 \text{ W/m}^2$; b) $34,5\%$)
12. Un cilindro hueco de radios interior y exterior, r_1 y r_2 , respectivamente, y de temperaturas T_1 y T_2 en las superficies interior y exterior, respectivamente, posee una conductividad térmica, κ , dada por la fórmula $\kappa = \kappa_0(1+bT)$, donde κ_0 y b son constantes y T es la temperatura. Suponiendo que el flujo calorífico es estacionario (o permanente, calcular el flujo por unidad de longitud del cilindro.

Solución
$$\frac{q}{l} = \frac{-2\pi\kappa_0(T_2 - T_1)}{\ln r_2/r_1} \left[1 + \frac{b}{2}(T_2 + T_1) \right]$$

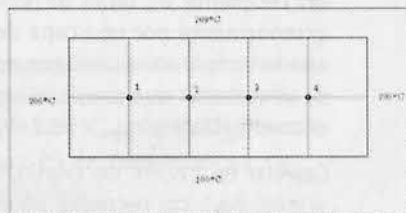
13. La conductividad del óxido de uranio viene dada por la expresión: $k = (4908 / T) \text{ kcal/h m K}$, donde T es la temperatura absoluta. En una placa de altura indefinida y $4,31 \text{ cm}$ de espesor, se mantienen sus caras extremas a las temperaturas de 100°C y 1492 K . a) ¿A qué distancia de la pared fría se alcanza la temperatura de 746 K ?; b) ¿Qué superficie es necesaria para disipar 5 kcal/min ? (Sol: a) $2,15 \text{ cm}$; b) 19 cm^2)

14. Considerar el cuadro de la figura de conductividad térmica $10 \text{ W/m}^2\text{K}$, cuya cara superior se mantiene a 500°C y las restantes a 100°C . Utilizando algún procedimiento numérico, calcular las temperaturas de los puntos 1, 2, 3 y 4, así como el flujo calorífico. (Sol: $t_1 = t_2 = 250^\circ\text{C}$; $t_3 = t_4 = 150^\circ\text{C}$; 5000 W)

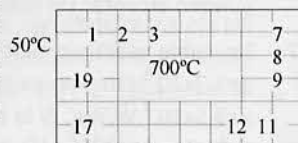


15. Calcular el calor transmitido en vatios por metro en condiciones estacionarias en el material representado en la figura, cuya conductividad es $\kappa 3,81 \text{ W/m.K}$. Determinar las temperaturas en los nodos mediante algún método numérico.

(Solución: $T_1 = T_4 = 163^\circ\text{C}$; $T_2 = T_3 = 154^\circ\text{C}$;))



16. Una chimenea de ladrillo macizo, de sección rectangular y de dimensiones interiores $0,5 \times 1 \text{ m}^2$, cuyo espesor es de $0,5 \text{ m}$, se encuentra a una temperatura de 700°C en toda su superficie interior y 50°C en toda su superficie exterior, cuando trabaja en régimen permanente. Calcular la temperatura en los puntos medios del espesor de la chimenea a intervalos de 25 cm , como se indica en la figura.



Sol: $t_1 = t_7 = t_{11} = t_{17} = 186^\circ\text{C}$; $t_2 = t_{16} = t_{12} = t_6 = 324^\circ\text{C}$; $t_3 = t_{15} = t_{13} = t_5 = 360^\circ\text{C}$; $t_4 = t_{14} = 367^\circ\text{C}$; $t_{20} = t_{18} = t_{10} = t_8 = 321^\circ\text{C}$; $t_{19} = t_9 = 348^\circ\text{C}$.