Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ingeniería
Departamento de Físico-Química/Cátedra Física II

FÍSICA II

Guía De Problemas Nº5:

Transmisión del Calor

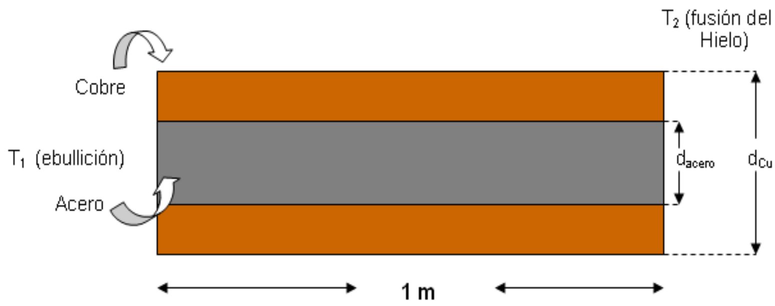
PROBLEMAS RESUELTOS

1 - Una barra de cobre de 2 cm de diámetro exterior tiene en su interior un núcleo de acero de 1 cm de diámetro. El conjunto tiene una longitud de 1 m. Uno de sus extremos está en contacto con agua en ebullición mientras que el otro extremo está en contacto con hielo en fusión. Si el conjunto se encuentra aislado del exterior. Cuál será el flujo total de calor en la barra y el porcentaje transportado por cada sustancia. Los coeficientes de conductibilidad son: $\lambda_{cu} = 0{,}92 cal / cm.seg^{o}C$ y $\lambda_{acero} = 0{,}12 cal / cm.seg^{o}C$.

<u>SOLUCIÓN</u>

Datos del problema:

$T_1 = 100$ ºC
$T_2 = 0$ ºC
$d_{Cu} = 2cm$
$d_{acero} = 1cm$
l = 100 cm
$\lambda_{cu} = 0{,}92 cal / cm.seg^{o}C$
$\lambda_{acero} = 0{,}12 cal / cm.seg^{o}C$



El problema se plantea como un caso de dos materiales entre dos superficies expuestas a distintas temperaturas, por lo tanto :

$\dot{Q} = \dot{Q}_{cobre} + \dot{Q}_{acero}$ donde $\dot{Q}$ es el flujo total transmitido y $\dot{Q}_{cobre}, \dot{Q}_{acero}$ el flujo de calor del cobre y del acero respectivamente.

Como por la ley de Fourier: $\dot{Q} = -\lambda.S.\Delta t/e$ $\Rightarrow$ calculamos $\dot{Q}_{cobre}$ y $\dot{Q}_{acero}$

$\dot{Q}_{cobre} = -\lambda_{cobre}.S_{cobre}.\Delta t / e$ donde $S_{cobre} = \frac{\pi}{4}(d_e^2 - d_i^2) = \frac{3{,}14}{4}\left[(2cm)^2 - (1cm)^2\right] = 2{,}35cm^2$

Y reemplazando :

$$\dot{Q}_{cobre} = -\lambda_{cobre}.S_{cobre}.\Delta t / e = \frac{0{,}92 cal / cm.seg.^{o}C.2{,}35cm^2 (100-0)^{o}C}{100cm} = 2{,}16\frac{cal}{seg}$$

Luego :

$\dot{Q}_{acero} = -\lambda_{acero}.S_{acero}.\Delta t / e$ donde $S_{acero} = \frac{\pi}{4}(d^2) = \frac{3{,}14}{4}.1cm^2 = 0{,}78cm^2$

$$\dot{Q}_{acero} = -\lambda_{acero}.S_{acero}.\Delta t / e = \frac{0{,}12 cal / cm.seg.^{o}C.0{,}78cm^{2}.(100-0)^{o}C}{100cm} = 0{,}094\frac{cal}{seg}$$

$\Rightarrow$ el flujo total de calor será: $\dot{Q}_{T} = \dot{Q}_{cobre} + \dot{Q}_{acero} = 2{,}16\frac{cal}{seg} + 0{,}094\frac{cal}{seg} = 2{,}254\frac{cal}{seg}$

A continuación se calcula el porcentaje de flujo de calor transportado por cada sustancia:

Porcentaje transmitido por el cobre: $\%Cu = \frac{\dot{Q}_{Cu}.100}{\dot{Q}_{T}} = 95{,}83\%$

Porcentaje transmitido por el acero: $\%Acero = \frac{\dot{Q}_{acero}.100}{\dot{Q}_{T}} = 4{,}17\%$

2 – Un tubo vertical que conduce vapor, de 7,5 cm de diámetro exterior y 4 m de altura, tiene su superficie exterior a una temperatura de 95 ºC. El aire que lo rodea se encuentra a la presión atmosférica y a 20 ºC. Calcular: a) Cuánto calor es cedido al aire por convección natural en una hora $h_{c\,aire} = 7{,}33x10^{-4} cal / seg.cm^{2\,o}C$; b) la temperatura del vapor si el espesor del tubo es de 16 mm y su $\lambda = 0{,}92 cal / seg.cm^{o}C$.

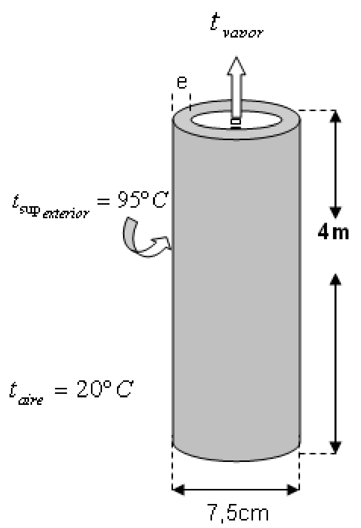
SOLUCIÓN

a) La cantidad de calor transmitida por convección es:

$$\dot{Q} = h_c.S.\Delta t = h_c.\pi.d_e.h.\Delta t$$

$$\dot{Q} = 7{,}33\times10^{-4}\frac{cal}{seg.cm^{2}.^{o}C}.3{,}14.7{,}5cm.400cm.75^{o}C =$$

$$\dot{Q} = 518\frac{cal}{seg}.\frac{3600seg}{h}.\frac{kcal}{1000cal} = 1864 kcal / h$$



b) A régimen térmico estacionario:

$$\dot{Q} = \frac{t_i - t_e}{R} \quad \therefore \quad t_i = \dot{Q}.R + t_e$$

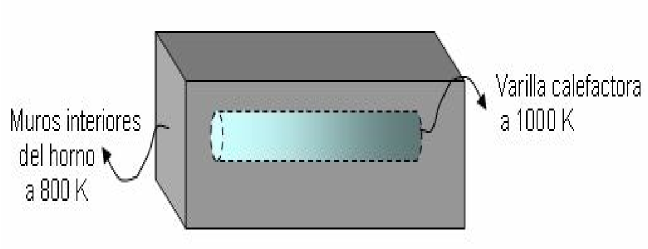
$$R = \frac{1}{2.\pi.\lambda.h}.\ln\frac{r_e}{r_i} = \frac{1}{2.3{,}14.0{,}92 cal/seg.cm^{o}C.400cm}\ln\frac{3{,}75cm}{2{,}15cm} = 2{,}40\times10^{-4}\ \frac{^{o}C.seg}{cal}$$

$$R = 2{,}40\times10^{-4}\ \frac{^{o}C.seg}{cal}.\frac{1000cal}{kcal}\ \frac{1h}{3600seg} = 6{,}66\times10^{-5}\ \frac{^{o}C.h}{kcal}$$

Finalmente: $t_i = 1864{,}8\frac{kcal}{h}.6{,}66\times10^{-5}\ \frac{^{o}C.h}{kcal} + 95^{o}C = 95{,}124^{o}C$

3 - Una varilla larga cilíndrica de 2 cm de diámetro y 1 m de largo, calentada mediante electricidad, se instala en un horno de vacío. La superficie de la varilla tiene una emisividad de 0,9 y se mantiene a 1000 K, mientras que las paredes internas del horno son negras y están a 800 K. Calcular el flujo calorífico neto de la varilla emitido por radiación y el coeficiente de transferencia de calor por radiación.

SOLUCIÓN



Por la ley de Stefan-Boltzmann: $\dot{Q} = e.\sigma_s.S.T^4$ por lo tanto

$$\dot{Q} = \sigma_s.e.S(T_1^4 - T_2^4) = \pi.D_1.L.e.\sigma_s(T_1^4 - T_2^4)$$

Donde $\sigma_s = 5{,}67\times10^{-8} W/m^2K^4$ (constante de Stefan-Boltzmann)

e = 0.9 (coeficiente de emisividad)

Reemplazando:

$$\dot{Q} = \pi(0{,}02m)(1m)(0{,}9)\left(5{,}67\times10^{-8}\ \frac{W}{m^2K^4}\right)(1000^4 - 800^4)K^4 = 1893W$$

Luego se calcula el coeficiente de transferencia de calor por radiación:

$$h_r = \frac{(T_1^4 - T_2^4)}{t_1 - t_2}.\sigma_s.e_1 = 151\frac{W}{m^2 K}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

1. Se aísla un cuerpo que tiene una superficie de 100 cm^2 con una lámina de amianto de 4 cm. de espesor. Si la diferencia de temperatura del cuerpo con el medio exterior es de 100 °C y el coeficiente de conductividad del ambiente: $\lambda = 1\times 10^{-4} kcal/seg.cm^o C$. Calcular cuántas calorías pasan a través de la lámina en 1 hora.

2. Una lámina de hierro de 100 cm^2 de superficie y 4 mm de espesor está cubierta con una hoja de plomo de 1 mm de espesor. Si la superficie exterior del plomo está a 80 °C y la del hierro a 30 ° C. Cuál será la temperatura de la superficie de contacto entre el plomo y el hierro? $\lambda_{Pb} = 0{,}083 cal/seg.cm.^o C$; $\lambda_{Fe}\, 0{,}14 cal/seg.cm.^o C$.

3. Se tiene una pared doble de 1 m^2 de superficie, siendo la primer placa de hierro de 2 cm. de espesor y la otra de cobre de 1 cm. de espesor. Si entre las caras de la pared existe una diferencia de temperatura de 300 ° C. Calcular el flujo calórico que lo atraviesa.
   Tomar $\lambda_{Fe} = \lambda_{acero}$.

4. Dos fluidos de temperatura 33° C y -3 ° C, respectivamente, se encuentran separados por una pared múltiple de 132 cm^2 de superficie cuyas capas tienen los siguientes espesores: 30 cm., 10 cm. y 8 cm. Sus coeficientes son en cada caso: $0{,}5 kcal/m.h.^o C$; $0{,}2 kcal/m.h.^o C$ y $0{,}08 kcal/m.h.^o C$, y los coeficientes peliculares son $20 kcal/m^2.h.^o C$ y $35 kcal/m^2.h.^o C$. Calcular los coeficientes de transmisión total K y las calorías que pasan a través de la pared en 1 hora.

5. Un horno de acero cuya pared es de 3 cm. se mantiene a 400 °C. Está recubierta por una capa de amianto de 20 cm. de espesor y la temperatura ambiente es de 20 °C. Calcular: a) el coeficiente de transmisión total K, b) el flujo calorífico por unidad de superficie (q''); Datos: $h_{c\,aire} = 0{,}008 cal/cm^2\,{}^o C$ (a 400 ° C) ; $h_{caire} = 7{,}33\times 10^{-4} cal/seg.cm^2.^o C$ (a 20 °C); $\lambda_{acero} = 0{,}12 cal/cm.seg.^o C$; $\lambda_{amianto} = 0{,}0001 cal/cm.seg.^o C$.

6. Sobre cada una de las caras de una pared plana circulan dos fluidos F_1 y F_2 en el mismo sentido. El fluido F_1 se enfría desde 100 ° C hasta 60 ° C y al mismo tiempo el fluido F_2 se calienta desde 20 ° C hasta 55 ° C. Calcular el valor de la diferencia media de temperatura como media aritmética y como media logarítmica y establecer el error entre ambos valores.

7. Sobre cada una de las caras de una pared plana circulan dos fluidos en contracorriente. El fluido F_1 se enfría desde 75ºC hasta 40ºC y el fluido F_2 se calienta desde 35ºC hasta 65ºC. La superficie de la pared es de 18 m^2 y el valor del coeficiente de transmisión total del calor es de $K = 320 kcal/h.m^2.^o C$. Calcular la cantidad de calor que se transmite por hora.

8. Encontrar el área superficial del filamento de tungsteno de una lámpara de 100 W. La emisividad es e = 0,25 y la temperatura T = 200 K. $\sigma_s = 4{,}96 \times 10^{-8}\, kcal / h.m^2.^{o}K^{-4}$. $(860 kcal = 1 kWh)$

9. La temperatura de la piel humana es aproximadamente 35ºC. ¿Cuál es la longitud de onda pico en la radiación que emite?