

Ejercicio 5

Profesor: Tomás Vargas.
 Auxiliar: Melanie Colet.
 Ayudante: Igor Guzmán – Maurice Menadier.

1.- Usted como ingeniero experto en transferencia de calor ha sido contratado en la NASA. Su trabajo consiste en determinar la temperatura que se establece en la superficie de una nave espacial producto de la radiación térmica solar. Como primer paso en su investigación necesita determinar la cantidad de calor emitida por el sol. Para ello usted cuenta con la siguiente información:

$$\lambda_{\max} \text{ (radiación solar)} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Emisividad del sol: 1,0 (cuerpo negro)

- a) Determine la temperatura de la superficie del sol
- b) Calcule el calor emitido por el sol (en Watts) en función del radio solar

DATOS: Considere $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

Utilizando la ley de desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{\max} T = 2,884 \times 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{K]} \rightarrow T = 5768 \text{ K}$$

El calor emitido es:

$$Q = A \cdot \sigma \cdot \epsilon \cdot T^4 \rightarrow Q = 4\pi R^2 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot 1 \cdot 5768^4$$

$$Q(R) = R^2 [\text{m}] \cdot 7,887 \cdot 10^8 \text{ [w]}$$

2.- Considere una persona que está parada en un cuarto mantenido a 22 °C en todo momento. Se observa que las superficies interiores de las paredes, pisos y el techo de la casa se encuentran a una temperatura promedio de 10 °C, en invierno, y de 25 °C, en verano. Determine la velocidad de transferencia de calor por radiación entre esta persona y las superficies circundantes, si el área superficial expuesta y la temperatura promedio de la superficie de ella son de 1,4 m² y 30 °C, respectivamente. ¿Qué puede concluir con respecto a sus resultados?

DATOS: Considere que la emisividad de una persona es de aproximadamente 0,95

Como la persona esta más “caliente” que las paredes existe un flujo neto de calor desde la persona hacia los alrededores, por radiación.

La velocidad de transferencia por radiación es:

Q = calor irradiado desde paredes que es absorbido – calor emitido por persona

$$Q = (\sigma T_{\text{pared}}^4) \alpha_{\text{persona-pared}} A_{\text{persona}} - ((\sigma T_{\text{persona}}^4) \epsilon_{\text{persona}} A_{\text{persona}})$$

Considerando a la persona como cuerpo gris $\alpha = \epsilon$

$$Q = A_{\text{persona}} \cdot \sigma \cdot \epsilon_{\text{persona}} (T_{\text{pared}}^4 - T_{\text{persona}}^4)$$

Verano:

$$Q_{\text{verano}} = 1,4 \text{ [m}^2\text{]} \cdot 5,67 \times 10^{-8} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K}^4\text{]} \cdot 0,95 \cdot (298^4 \text{ [K}^4\text{]} - 303^4 \text{ [K}^4\text{]})$$

$$Q_{\text{verano}} = -40,93 \text{ [W]}$$

Invierno:

$$Q_{\text{verano}} = 1,4 \text{ [m}^2\text{]} \cdot 5,67 \times 10^{-8} \text{ [W/m}^2\text{}\cdot\text{K}^4\text{]} \cdot 0,95 \cdot (283^4 \text{ [K}^4\text{]} - 303^4 \text{ [K}^4\text{]})$$

$$Q_{\text{verano}} = -151,93 \text{ [W]}$$

Se puede decir que a pesar de que la pieza se mantiene a una temperatura ambiente constante durante todo el año, se siente más frío en invierno debido a que en esta época se pierde más calor que en verano (debido a la radiación)

3.- En un día de primavera la intensidad de la radiación solar en Santiago puede suponerse igual a 1.200 W/m^2 . Imagine que ha salido usted tarde desde su casa para rendir su ejercicio del IQ46B, por lo que debe viajar hasta la Universidad en su auto, el cual deja estacionado a pleno sol porque no tiene tiempo para buscar un mejor lugar. Suponga que el techo de su vehículo está opaco y sucio de manera que la emisividad de esta superficie se pueda aproximar con un valor de 0,7.

Si se modele el automóvil como una caja de paredes de vidrio (ventanas del auto), techo descrito como en el párrafo anterior y superficie inferior aislante, como se muestra en la figura 1:

- Determine la temperatura que alcanza el techo en el estado estacionario
- Determine la temperatura que alcanzan los vidrios en el estado estacionario
- Determine la temperatura que se alcanza al interior del auto en el estado estacionario
- ¿Qué solución propone usted para reducir la temperatura que se alcanza al interior del auto en el estado estacionario?

DATOS:

- Área del techo: 2 m^2
- Área de los vidrios: 3 m^2
- Coeficiente de convección aire – vidrio (exterior): $10 \text{ W/m}^2\text{}\cdot\text{K}$
- Coeficiente de convección aire – vidrio (interior): $5 \text{ W/m}^2\text{}\cdot\text{K}$
- Coeficiente de convección aire – metal (exterior): $20 \text{ W/m}^2\text{}\cdot\text{K}$
- Coeficiente de convección aire – metal (interior): $10 \text{ W/m}^2\text{}\cdot\text{K}$
- Temperatura del aire (fuera del auto): $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Considere además que los vidrios no presentan transferencia de calor por radiación y que la transferencia de calor por conducción es despreciable en vidrios y techo.



Figura 1

El calor debido por radiación se recibe netamente sobre el techo del auto.

Se plantea el balance energético para el techo, en interior y los vidrios del auto.

Techo: (se considera como cuerpo gris)

Q = calor absorbido por radiación - calor emitido por radiación -/+ (calor perdido/ganado por convección)

$$Q = 2[m^2] \cdot 0,7 \cdot 1200 \left[\frac{W}{m^2} \right] - (2 \cdot 2[m^2]) \cdot 5,67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \cdot 0,7 \cdot T_{techo}^4 + 2[m^2] \cdot 20 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (293 K - T_{techo}) + 2[m^2] \cdot 10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (T_{interior} - T_{techo})$$

Interior:

Q = calor absorbido por radiación desde el techo -/+ calor (perdido/absorbido por convección desde el techo) -/+ (calor perdido/absorbido por convección desde los vidrios)

$$Q = 2[m^2] \cdot 5,67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \cdot 0,7 \cdot T_{techo}^4 + 2[m^2] \cdot 20 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (T_{techo} - T_{interior}) + (2 \cdot 3[m^2]) \cdot 5 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (T_{interior} - T_{vidrio})$$

Vidrios:

Q = -/+ (calor perdido/absorbido por convección desde interior) -/+ (calor perdido/absorbido por convección hacia ambiente)

$$Q = (2 \cdot 3[m^2]) \cdot 5 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (T_{interior} - T_{vidrio}) + (2 \cdot 3[m^2]) \cdot 10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \cdot (293 K - T_{vidrio})$$

Para todos los balances, el sistema se encuentra en estado estacionario, por lo que los flujos de calor neto es cero. Sistema de 3 incógnitas y 3 ecuaciones. Además, el sentido de los flujos de calor convectivo depende del sentido del gradiente de temperaturas, el signo y sentido es entregado inmediatamente por las ecuaciones.

El resultado obtenido es:

$$T_{techo} = 304,6 K (31,6 \text{ } ^\circ C)$$

$$T_{interior} = 312,1 K (39,1 \text{ } ^\circ C)$$

$$T_{vidrio} = 299,4 K (26,4 \text{ } ^\circ C)$$

El interior del auto alcanza la mayor temperatura. Con lo que el componente radiación es más importante que la convección en el balance en el interior del automóvil. Con esto, para disminuir la radiación hacia el interior, se debe disminuir la emisividad del techo, por lo que se debe opacar aún más de lo que está.