Universidad de Concepción

Código: 542330, S2-2025

Fenómenos de Transporte

Certamen 3

Estudiantes: Erick Raasch, Terence O'Mahonny, Benjamín Junemann

Profesor: Christian Hernández

Ayudante: Deyanira Carrillo

Problema 1

Estime la conductividad calorifica de la siguiente mezcla gaseosa a 1 $[atm]$ y 293 $[K]$, a partir de los datos que se indican para sus componentes puros a 1 $[atm]$ y 293 $[K]$.

Componente	**i**	x_i	M_i $(g\ mol^{-1})$	$\mu_i \cdot 10^7$ $(g\ cm^{-1}s^{-1})$	$k_i \cdot 10^7$ $(cal\ cm^{-1}s^{-1}K^{-1})$
CO_2	1	0.039	44	1462	383
O_2	2	0.133	32	2031	612
N_2	3	0.828	28	1754	627

Solución: De la teoria vista en clases, sabemos que podemos calcular lo pedido usando

$$k_{mezcla} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i k_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j \phi_{ij}} \quad ; \phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left(1 + \frac{M_i}{M_j}\right)^{-1/2} \left(1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j}\right)^{1/2} \left(\frac{M_j}{M_i}\right)^{1/4}\right)^2$$

Para ello tabularemos los datos para simplificar el calculo, como sigue:

i	**j**	M_i/M_j	u_i/u_j	ϕ_{ij}	$x_j\,\phi_{ij}$	$\sum_j x_j\phi_{ij}$
1	1	1.0000	1.0000	1.0000	0.0390	0.657
1	2	1.3750	0.6258	0.6871	0.0914	
1	3	1.5714	0.6108	0.6357	0.5264	
2	1	0.7273	1.5979	1.5095	0.0589	0.957
2	2	1.0000	1.0000	1.0000	0.1330	
2	3	1.1429	0.9761	0.9236	0.7647	
3	1	0.6364	1.6371	1.6354	0.0638	1.035
3	2	0.8750	1.0245	1.0148	0.1438	
3	3	1.0000	1.0000	1.0000	0.8280	

Usando los valores obtenidos, concluimos que:

$$k_{mezcla} = \frac{0{,}039 \cdot 383 \cdot 10^{-7}}{0{,}657} + \frac{0{,}133 \cdot 612 \cdot 10^{-7}}{0{,}957} + \frac{0{,}828 \cdot 627 \cdot 10^{-7}}{1{,}035} = 6{,}094 \cdot 10^{-5} \left[\frac{cal}{cm\,s\,K}\right]$$

$$\boxed{k_{\text{mezcla}} = 6{,}094 \cdot 10^{-5} \left[\frac{cal}{cm\,s\,K}\right]}$$

Problema 2

Para mantener un edificio a una temperatura media de $69\,[F]$, un sistema de aire acondicionado se ve obligado a extraer calor a una razon de $0,555\ \left[\frac{Kcal}{s}\right]$, siendo su consumo de trabajo equivalente a $3500[kWh]$. Determinar el incremento por segundo que sufre el universo debido al acondicionamiento de la temperatura del airea al interior del edificio, suponga que la temperatura de fuera alcanza los $95\,[F]$.

Solución: Comenzamos convirtiendo todas las magnitudes a unidades del SI.

$$\dot{Q}_L = 0{,}555\ \left[\frac{\text{kcal}}{\text{s}}\right] \cdot 4184\ \left[\frac{\text{J}}{\text{kcal}}\right] = 2322{,}12\,[\text{W}].$$

Las temperaturas en Kelvin son:

$$T_{\text{int}} = (69-32)\frac{5}{9} + 273{,}15 = 293{,}70\,[\text{K}],$$
$$T_{\text{ext}} = (95-32)\frac{5}{9} + 273{,}15 = 308{,}15\,[\text{K}].$$

Aplicando la Primera Ley de la Termodinámica al ciclo del aire acondicionado sabemos que se cumple:

$$\Delta U = 0 \implies Q - W = 0$$

y para nuestro caso en particular, teniendo en cuenta el calor que entra y sale:

$$\dot{Q}_H - \dot{Q}_L - \dot{W}_B = 0 \implies \dot{Q}_H = \dot{Q}_L + \dot{W}_B$$

Consideramos que el trabajo consumido por el equipo es

$$\dot{W}_B = 3500\,[\text{kWh}].$$

entonces en 1 hora tenemos

$$\dot{Q}_H = 2322{,}12\,[W] + 3500 \cdot 10^3\,[W] = 3{,}502 \cdot 10^6\,[\text{W}].$$

Ahora bien, para hallar la producción de entropía en el universo, recordamos que el sistema opera entre dos focos térmicos: el interior del edificio (foco frío) y el exterior (foco caliente). Aplicando nuestros conocimientos sobre termodinámica utilizamos su segunda Ley que nos proporciona el valor de la entropía a un dispositivo térmico que entrega o recibe flujo de calor:

$$S = \frac{Q}{T}$$

En particular como el aire acondicionado extrae calor se tendrá $-\dot{Q}_L$ y $+\dot{Q}_h$ ya que se corresponde con que el exterior recibe este calor. Luego el cambio de entropía por segundo del universo vendrá dada por la suma de las entropías:

$$\dot{S}_{\text{univ}} = -\frac{\dot{Q}_L}{T_{\text{int}}} + \frac{\dot{Q}_H}{T_{\text{ext}}}$$

Luego reemplazando en lo anterior obtenemos:

$$\dot{S}_{\text{univ}} = -\frac{2322{,}12\,[W]}{293{,}70\,[K]} + \frac{3,502 \cdot 10^{6}\,[W]}{308{,}15\,[K]} = 1{,}136 \cdot 10^{4}\ \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K} \cdot \mathrm{s}}\right].$$

$$\boxed{\dot{S}_{\text{univ}} = 1{,}136 \cdot 10^{4}\ \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K} \cdot \mathrm{s}}\right]}$$

Problema 3

Si la temperatura media de la Tierra es de $27\,[°C]$ y suponemos que emite como un cuerpo negro, determinar:

a) La longitud de onda correspondiente al máximo de la emitancia.

b) La potencia de radiación emitida.

c) Si la temperatura se elevara $10\,[K]$, ¿cuánto aumentaría la potencia de la radiación emitida?

Solución: En primer lugar convertimos la temperatura a escala Kelvin, como sigue:

$$T = 27 + 273 = 300\,[K].$$

a) **Longitud de onda correspondiente al máximo de la emitancia.**
Suponiendo que la Tierra se comporta como un cuerpo negro, la ley de desplazamiento de Wien establece que

$$\lambda_{\text{máx}} T = b,$$

donde $b = 2{,}898 \times 10^{-3}\,[\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}]$ es la constante de Wien. Despejando la longitud de onda correspondiente al máximo de emitancia, se obtiene

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{b}{T} = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{300} = 9{,}66 \times 10^{-6}\,[\mathrm{m}].$$

Por lo tanto, la longitud de onda buscada es

$$\boxed{\lambda_{\text{máx}} = 9{,}66 \times 10^{-6}\,[\mathrm{m}]}$$

b) **Potencia total de radiación emitida.**
Para un cuerpo negro, el flujo de energía radiante por unidad de área viene dado por la ley de Stefan–Boltzmann:

$$q = \sigma T^4,$$

donde $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\,[\mathrm{W/m^2K^4}]$. Así, la potencia total emitida por la Tierra es

$$P = A_T\,\sigma T^4,$$

siendo A_T el área superficial terrestre. Modelando la Tierra como una esfera de radio $R_T = 6{,}371 \times 10^6\,[\mathrm{m}]$, se tiene

$$A_T = 4\pi (R_T)^2 = 4\pi (6{,}371 \times 10^6)^2 = 5{,}10 \times 10^{14}\,[\mathrm{m^2}].$$

Sustituyendo en la expresión de la potencia:

$$P = 5{,}10 \times 10^{14}\,[\mathrm{m^2}] \cdot 5{,}67 \times 10^{-8}\,[\mathrm{W/m^2K^4}] \cdot 300^4\,[\mathrm{K^4}]$$

$$\Rightarrow \boxed{P = 2{,}346 \times 10^{17}\,[\mathrm{W}]}.$$

c) **Variación de la potencia ante un aumento de** $10\,[K]$**.**
Con un incremento de temperatura de $10\,[K]$, la nueva temperatura es

$$\tilde{T} = 300 + 10 = 310\,[\mathrm{K}].$$

De acuerdo con Stefan–Boltzmann, la nueva potencia emitida es

$$\tilde{P} = A_T\,\sigma\,\tilde{T}^4 = 5{,}10 \times 10^{14} \cdot 5{,}67 \times 10^{-8} \cdot 310^4 = 2{,}67 \times 10^{17}\,[\mathrm{W}].$$

El incremento de potencia resulta entonces

$$\Delta P = \tilde{P} - P = 2{,}67 \times 10^{17} - 2{,}346 \times 10^{17} = 3{,}24 \times 10^{16}\,[\mathrm{W}].$$

$$\boxed{\Delta P = 3{,}24 \times 10^{16}\,[\mathrm{W}]}$$

Finalmente, el aumento relativo es

$$\frac{\Delta P}{P} \times 100\,\% \approx 14\,\%.$$