Solución problema teórico 3

a) Calcule la temperatura en la interfase entre el cobre y la alúmina.

Como el flujo de calor a través del cobre debe ser igual al de la alúmina tenemos

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{Cu} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{A}$$

donde

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{Cu} = k_{Cu} \cdot A \cdot \frac{(T_i - 77\mathrm{K})}{e_{Cu}}$$

y

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{A} = k_{A} \cdot A \cdot \frac{(100\mathrm{K} - T_i)}{e_{A}}$$

igualando y despejando T_i se obtiene

$$T_i = \frac{\dfrac{k_{cu} \cdot 77\mathrm{K}}{e_{Cu}} + \dfrac{k_A \cdot 100\mathrm{K}}{e_A}}{\dfrac{k_{cu}}{e_{Cu}} + \dfrac{k_A}{e_A}}$$

Reemplazando k_{Cu}= 600 W/(m K); k_A= 26 W/(m K); e_{Cu}= 0.01 m *y* e_A= 0.03 m se obtiene

$$T_i = 77.327\,5 \ \ \mathrm{K}$$

b) Calcule el flujo de calor a través de las dos tapas del cilindro interior.

El flujo de calor total es igual al existente en la tapa superior más el de la tapa inferior.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_{Cu} \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot \frac{(T_i - 77K)}{e_{Cu}} + k_{Cu} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \frac{(T_i - 77K)}{e_{Cu}}$$

donde R = 0.05 m *y* r = 0.01 m

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 302.488 \ \mathrm{W}$$

c) Calcule la masa de Nitrógeno líquido que se evapora en la unidad de tiempo

La masa que se evapora por unidad de tiempo es

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\lambda_V}$$

como λ_v = 198.38 kjoule/kg resulta

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0.001\,525\,\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

d) Calcule el cambio del nivel de Nitrógeno líquido por unidad de tiempo.

El volumen de nitrógeno líquido que se evapora por unidad de tiempo es

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\delta_L}$$

dado que δ_L = 808.607 kg/m^3 obtenemos

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 1.885\,7 \times 10^{-6}\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1.885\,7\,\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

como el radio del termo es R_T = 15 cm el nivel de nitrógeno descenderá con una velocidad de

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \frac{1}{A_T} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\pi \cdot R_T{}^2}$$

evaluando se obtiene

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = 2.667\,7 \times 10^{-5}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.002\,667\,7\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

e) Determine cuántos moles de gas escapan por el dispositivo por unidad de tiempo

Para calcular cuantos moles de gas salen por la válvula por unidad de tiempo debemos calcular cuantos moles de nitrógeno pasan del estado líquido al gaseoso por unidad de tiempo y luego restar a este número el que es necesario para que el volumen nuevo de gas permanezca a una presión de 1 atmósfera.
Por unidad de tiempo se vaporizan

$$\frac{\Delta n_{evap}}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{1}{m_N}$$

Como m_N = 28.013 4 g/mol tenemos

$$\frac{\Delta n_{evap}}{\Delta t} = 0.054438233 \, \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

Pero la cantidad de nitrógeno que es necesario para que el nuevo volumen permanezca a la presión de 1 atmósfera es

$$\frac{\Delta n_{res}}{\Delta t} = \frac{1 \,\text{atm} \, \frac{\Delta V}{\Delta t}}{R \cdot 77 \text{ K}}$$

resultando

$$\frac{\Delta n_{res}}{\Delta t} = 2.986\,5 \times 10^{-4} \, \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

entonces

$$\frac{\Delta n_{val}}{\Delta t} = \frac{\Delta n_{evap}}{\Delta t} - \frac{\Delta n_{res}}{\Delta t} = 0.054\,14 \, \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

es el número de moles que salen por la válvula por unidad de tiempo.