IIQ1003 - Termodinámica

Nombre: _____

Número de Lista: _____

Fecha: 4 de mayo 2022

Pauta Interrogación I

Profesor:

Sólo puede utilizar el formulario, tablas y calculadora. Este instrumento está regido por el código de honor de la escuela de Ingeniería UC. **Responda las preguntas de la siguiente forma:**

- **Cuadernillo 1: Preguntas 1-5**
- **Cuadernillo 2: Preguntas 6 y 7**

---

1. **(2 puntos)** Del balance de energía, determine y justifique los términos que se van a cero/se eliminan (puede ser mas de uno). Muestre el balance final, para un compresor centrifugo de aire que opera de manera estacionaria y adiabática.

$$\frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_i u_i + \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_i (Pv)_i + \dot{Q} + \dot{W}_s - P\frac{dV}{dt}$$

Solución

$$\cancel{\frac{dU}{dt}}^{0} = \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_i u_i + \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_i (Pv)_i + \cancel{\dot{Q}}^{0} + \dot{W}_s - P\cancel{\frac{dV}{dt}}^{0}$$

- Como es adiabático $Q = 0$
- Como el compresor usa trabajo, existe trabajo de eje $W_s \neq 0$
- El compresor es estacionario por lo que $\frac{dU}{dt}$ se elimina.
- El compresor es estacionario por lo que $P\frac{dV}{dt}$ se elimina.

0.5 pts por cada justificación correcta. Descontar 0.5 pts por cada termino incorrectamente eliminado.

2. **(3 puntos)** Considere el siguiente gráfico P-V que muestra distintos procesos. Indique cuales afirmaciones son verdaderas y cuales son falsas. Justifique las falsas

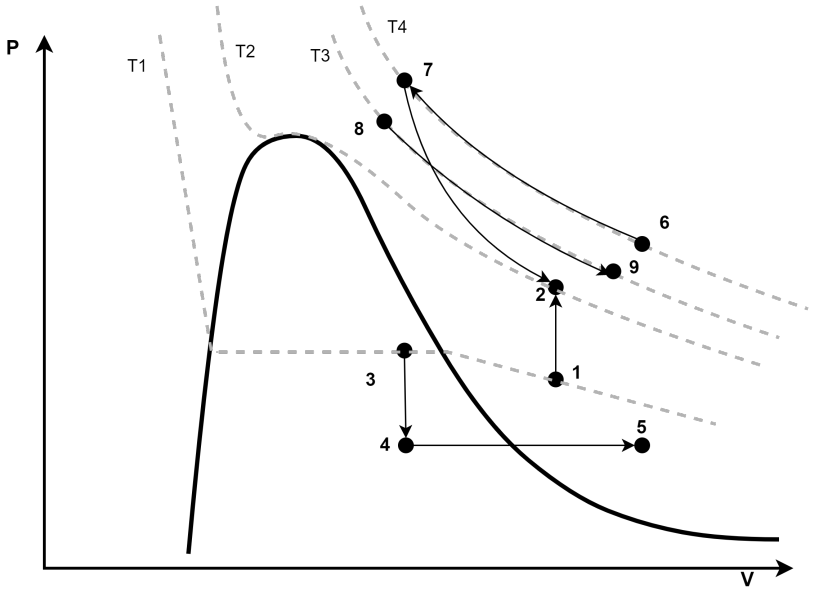


Figura 1: Diagrama P-V para un compuesto cualquiera

a) $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$

b) El proceso 6-7 corresponde a una compresión adiabática.

c) La T_2 es la temperatura crítica.

d) En el proceso 8-9 el cambio de energía interna es 0.

e) Los procesos 1-2 y 3-4 son calentamientos y enfriamientos isocóricos y por ende no generan trabajo.

f) El proceso 7-2 corresponde a un enfriamiento adiabático.

g) El proceso 4-5 es una calentamiento isobárico.

Solución

a) Falso. Es al contrario, las isotermas aumentan en temperatura.

b) Falso es una compresión isotérmica.

c) Verdadero.

d) Falso, eso es solo para gas ideal

e) Verdadero.

f) Verdadero

g) Verdadero.

0.6 pts por falsa justificada correctamente (si no justifica dar 0.3 pts). 0.3 pts por las verdaderas correctamente.

3. **(2 puntos)** Enumere los supuestos de la ecuación del gas ideal. Explique como las EOS cubicas como SRK y PR ”corrige” estos supuestos, indicando que intenta corregir cada parámetro de estas EOS.

Solución

Se consideran supuestos validos:

- Las moléculas no tienen volumen o es despreciable
- No existen interacciones moleculares
- Las moléculas son perfectamente esféricas
- Las moléculas tienen colisiones perfectamente elásticas
- El movimiento de las moléculas es aleatorio

Las eos como SRK y PR corrigen algunos de estos supuestos mediante sus parametros. Por ejemplo, el parámetro b corrige el volumen de la molecula. El termino $a/(v(v+b)$ en SRK corrige las interacciones moleculares, mientras que el parametro ω corrige la no esfericidad.

1 pto por plantear al menos 3 supuestos. 1 pto por la explicación de las EOS.

4. **(2 puntos)** Un tanque de 10 m^3 contiene etileno a 100 bar y 127 °C. Calcule la masa en el estanque utilizando el método de Lee-Kesler. Considere que PM = 28 g/mol, $P_C = 50.32$ bar, $T_C = 282.4$ K y $\omega = 0.085$.

Solución

$P_R = 1.98 \quad T_R = 1.42$

Luego viendo el gráfico:

$$Z^{(0)} = 0.78 \quad Z^{(1)} = 0.19$$
$$Z = Z^{(0)} + \omega Z^{(1)} = 0.796$$

$$v = \frac{ZRT}{P} = 0.2647 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$n = 37.76 \text{ kmol}$$

$$m = n\dot{P}M = 1057 \text{ kg}$$

5. **(3 puntos)** Un radiador calienta una habitación de 4m X 5m X 7m a través de un sistema de calentamiento por vapor. El radiador de vapor transfiere calor a una tasa de 10000 kJ/h, y se usa un ventilador de 100 W para distribuir el aire caliente de la habitación. La tasa de pérdida de calor en la habitación se estima en unos 5000 kJ/h. Si la temperatura inicial del aire dentro de la habitación es de 10°C. Determine cuánto tiempo tomará para que la temperatura del aire aumente hasta 20°C. Considere el aire como un gas ideal, con PM = 29 g/mol y $C_V = 0.718$ kJ/kg K.

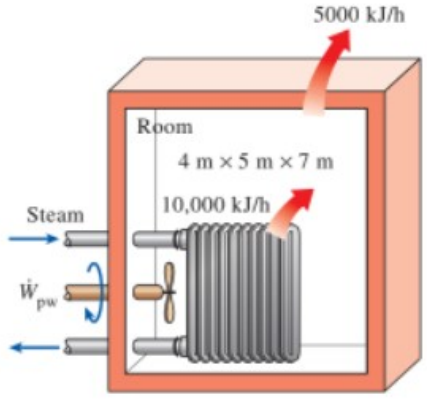


Figura 2: Calefacción de una habitación

Solución

Primero se calcula la cantidad de masa dentro de la habitación. Para esto se necesita el volumen especifico, la que se puede sacar por gas ideal:

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{8.314 \cdot 283.15}{101.325} = 23.23 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$n = \frac{V}{v} = \frac{4 \times 5 \times 7}{23.23} = 6.025 \text{ kmol}$$

$$m = PM \cdot n = 29\dot{6}.025 = 174.75 \text{ kg}$$

0.7 pts

Luego por medio del balance de energía para un sistema cerrado y rígido y con trabajo de eje:

$$\frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_i h_i + \dot{Q} + \dot{W}_s - P\frac{dV}{dt}$$

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out} + \dot{W}_s$$

0.5 pts

Integrando en el tiempo:

$$\Delta U = (\dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out} + \dot{W}_s)\Delta t$$

0.5 pts

Luego para un gas ideal para un calentamiento a volumen constante:

$$\Delta U = mC_V(T_2 - T_1) = (\dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out} + \dot{W}_s)\Delta t$$

0.8 pts

Finalmente (recordar dividir el calor por 3600 para pasarlo a J/s y dividir el trabajo por 100 para pasarlo a kJ/s)

$$174.75 \cdot 0.718(20 - 10) = (10000/3600 - 5000/3600 + 0.1)\Delta t \Longrightarrow \Delta t = 842.7 \text{ sec} = 14 \text{ min}$$

0.5 pts

6. **(4 puntos)** Una olla abierta que se encuentra sobre un quemador de una cocina, contiene 0.5 litros de agua a 20°C y 1 bar. Una vez que se enciende el quemador, el agua se calienta gradualmente a razón de 0.85 kW mientras la presión se mantiene constante. Después de un período de tiempo, el agua comienza a hervir y continúa haciéndolo hasta que toda el agua se haya evaporado. Determinar

   a) El tiempo, en segundos, que se demora en comenzar a evaporar el agua.

   b) El tiempo, en segundos, que se demora en evaporarse todo el agua de la olla, una vez que comienza la evaporación.

Solución

a) El proceso 1-2 (desde el inicio hasta que se comienza a evaporar), la transferencia de calor provoca un aumento de temperatura de 20 °C hasta los 99.63 °C (temperatura de saturación que corresponde a 1 bar). Como aun no comienza la evaporación, se asume que no hay flujo de masa de agua. Planteando el balance de energía para sistemas cerrado:

$$\Delta U = Q + W$$

$$m(u_2 - u_1) = \dot{Q}\Delta t + W$$

$$\Delta t = \frac{m(u_2 - u_1) - W}{\dot{Q}}$$

0.5 pts por plantear correctamente el balance para el sistema cerrado.

La masa se determina a partir del volumen específico del agua líquida a $T_1 = 20°C$ y $p_1 = 1bar$. Obteniendo los datos de la tabla A2, asumiendo que $v_1 \approx v_{f1} = 0.0010018 \text{m}^3/\text{kg}$.

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3}(m^3)}{0.0010018(\frac{m^3}{kg})} = 0.5kg$$

0.3 pts por obtener la masa de agua para el proceso 1-2.

Luego, la energía interna para el estado 1 según la tabla A2, es $u_1 \approx u_{f1} = 83.95$ kJ/kg. La energía interna para el agua saturada del estado 2 según la tabla A3 es, $u_2 \approx u_{f2} = 417.36$ kJ/kg.

0.2 pts por obtener las entalpías específicas de las tablas.

Como la presión en el proceso 1-2 no varía, se cumple que:$v_2 \approx v_{f2} = 0.0010432 \text{m}^3/\text{kg}$.

$$W = -\int_1^2 P \cdot dV = -mp(v_2 - v_1)$$

0.4 pts por obtener la expresión de trabajo.

$$W = -0.5 \cdot 10^5 \cdot (0.0010432 - 0.0010018)$$
$$W = -2.07(J)$$

0.2 pts por obtener el de trabajo.

Luego, sustituyendo las variables para Δt,

$$\Delta t = \frac{0.5 \cdot (417.36 - 83.95) + 0.00207) + 0.00207}{0.85}$$
$$\Delta t = 196.1s$$

0.4 pts por el resultado.

b) En el proceso 2-3, vapor de agua sale del sistema producto de la evaporación. Planteando el balance de masa.

$$\frac{dm}{dt} = -\dot{m}_s$$

0.2 pts por balance de materia.

Luego, el balance de energía

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} - \dot{m}_s h_s$$

0.2 pts por balance de energía.

Combinando ambos balances,

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} - \frac{dm}{dt}h_s$$

0.3 pts por combinar balances.

Asumiendo que la entalpía de salida es constante y que la masa en el estado 2 es 0.5 kg y en $m_3 = 0$ se tiene:

$$\delta U = \dot{Q}\Delta t + \dot{W}\Delta t + \Delta m h_s$$
$$m_3 u_3 - m_2 u_2 = \dot{Q}\Delta t + W + (m_3 - m_2)h_s$$
$$-m_2 u_2 = \dot{Q}\Delta t + W - m_2 h_s$$

Despejando Δt

$$\Delta t = \frac{m_2(h_s - u_2) - W}{\dot{Q}}$$

0.5 pts por expresión de Δt.

Luego, la entalpía especifica para el vapor saturado se obtiene de la tabla A3, $h_s = 2675.5$ kJ/kg.
Dado que la presión no varía en el proceso y el volumen final es 0, se tiene que:

$$W = -\int_2^3 P \cdot dV = -P(V_3 - V_2)$$
$$W = -PV_2 = -m_2 P v_2$$

0.3 pts por expresión del trabajo.

Sustituyendo los valores,

$$W = -0.5 \cdot 10^5 \cdot 0.0010432$$
$$W = 52.16(J) = 0.05216(kJ)$$

0.1 pts por el trabajo.

Por lo tanto, el tiempo que se demora en evaporarse toda el agua desde que comienza la evaporación es:

$$\Delta t = \frac{0.5(2675.5 - 417.36) - 0.05216}{0.\dot{8}5}$$
$$\Delta t = 1328.3s$$

0.4 pts por el resultado.