

DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA

SERIE 3 DE EJERCICIOS

(Basada en reactivos de exámenes colegiados)

Propiedades de las Sustancias Puras y Balances de Masa y Energía

Semestre 2024-1

1. Entran $10 \left[\frac{kg}{s} \right]$ de vapor en una turbina adiabática a $3\,398.675 \text{ [kPa]}$ manométricos y $350 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Se extrae el 15 % del gasto másico total en un punto donde el vapor está a 1 [MPa] y $250 \text{ [}^\circ\text{C]}$, mientras que el vapor restante se expande y sale de la turbina a 30 [kPa] , con una calidad del 90 %. Si la turbina se encuentra en Cancún, determine la potencia que entrega la turbina.

$$\dot{W} = -6\,310.28 \text{ [kW]}$$

2. Un sistema cilindro-pistón contiene 1 [kg] de una sustancia a 100 [kPa] . El volumen inicial es de $0.5 \text{ [m}^3\text{]}$. Se transfiere calor a la sustancia en una cantidad necesaria para provocar una expansión lenta a temperatura constante. Este proceso termina cuando el volumen final es el doble del volumen inicial. Determine la magnitud del calor transferido si la sustancia es agua.

$$Q = 666.417 \text{ [kJ]}$$

3. Un kilogramo de agua se mantiene en un cilindro con émbolo, al cual se le colocan unas pesas; el agua está a 29.23 [bar] manométricos y $250 \text{ [}^\circ\text{C]}$. La sustancia eleva su temperatura lentamente a presión constante hasta $350 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Determine:

a) El trabajo, en cada unidad de masa, necesario para elevar el pistón y las pesas.

b) El calor, en cada unidad de masa, proporcionado al agua.

$$\text{a) } {}_1W_2 = -59.79 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{b) } {}_1q_2 = 259.6 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

4. Un contenedor cilíndrico cerrado con un émbolo de peso despreciable y de movimiento libre (sin fricción) tiene un volumen inicial de $0.1 \text{ [m}^3\text{]}$ y contiene 0.5 [kg] de vapor de agua a 0.4 [MPa] . Se transfiere energía al vapor en forma de calor hasta que éste alcanza la temperatura de $300 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Sabiendo que el proceso ocurre a presión constante, determine la cantidad de calor transferida al vapor y el trabajo realizado por el vapor.

$$Q_{12} = 771.33 \text{ [kJ]}$$

5. Una planta geotérmica utiliza vapor producido en un pozo recién perforado, el cual entra a una turbina adiabática a 4.5 [bar] y $200 \text{ [}^\circ\text{C]}$. El vapor sale de dicha turbina con una calidad de 0.8 y una presión absoluta de 112.43 [mmHg] , produciendo 12.5 [MW] de potencia. Sabiendo que la planta está a nivel del mar, calcule el flujo de vapor en $\left[\frac{kg}{s} \right]$.

$$\dot{m} = 17.017 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

6. Entra vapor a una turbina con una rapidez muy baja a 8 [MPa] y $600 \text{ [}^\circ\text{C]}$ y sale a 30 [kPa] y una calidad de 0.95, el vapor abandona la turbina a través de un área de $0.3 \text{ [m}^2\text{]}$ con una rapidez de $200 \left[\frac{m}{s} \right]$. Calcule la potencia generada por la turbina suponiendo que está perfectamente aislada térmicamente.

$$\dot{W}_{eje} = -13.463 \text{ [MW]}$$

7. Un tanque rígido de $0.2 \text{ [m}^3\text{]}$ contiene volúmenes iguales de líquido y vapor de **R134a** a $0 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Si la temperatura aumenta a $20 \text{ [}^\circ\text{C]}$, calcule el volumen de vapor.

$$V_{vap} = 0.0955 \text{ [m}^3\text{]}$$

8. El radiador de un sistema de calefacción por vapor de agua de $78 \text{ [dm}^3\text{]}$, emplea vapor saturado a $180 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Al cerrar las válvulas de entrada y salida del radiador, la temperatura del vapor disminuye hasta la del ambiente a $25 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Determine la masa de vapor confinado en el radiador.

$$m_g = 402.4 \text{ [g]}$$

9. Una cantidad de agua a 2 [MPa] y $250 \text{ [}^\circ\text{C]}$ se enfría a volumen constante hasta que su presión es 0.5 [MPa] . Determine su energía interna específica en el estado final.

$$u_2 = 1\,207.062 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

10. Por una tubería fluye refrigerante **134a** a 800 [kPa] y $40 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Si se estrangula por medio de una válvula adiabática hasta 60 [kPa] , calcule la temperatura después del estrangulamiento.

$$T_2 = 24.16 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

11. A un condensador ingresan $25 \times 10^3 \left[\frac{kg}{h} \right]$ de vapor de agua a $15 [kPa]$ y calidad del 90 %. Por otra sección ingresa agua a $100 [kPa]$ y $25 [^{\circ}C]$ para provocar el condensado, saliendo a $35 [^{\circ}C]$. Si el vapor sale como líquido saturado, calcule el flujo de agua que ingresó al condensador.

$$\dot{m} = 354.39 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

12. En una turbina adiabática se expande refrigerante **134a** desde $1.2 [MPa]$ y $100 [^{\circ}C]$ hasta $0.18 [MPa]$ y $50 [^{\circ}C]$. Si el flujo másico en la misma es $1.25 \left[\frac{kg}{s} \right]$, determine la potencia desarrollada por la turbina.

$${}_1\dot{W}_2 = -44.688 [kW]$$

13. A un compresor adiabático ingresan $83.1 \left[\frac{g}{s} \right]$ a $200 [kPa]$ de vapor saturado del refrigerante **134a**, y salen a $0.8 [MPa]$. Si la potencia eléctrica consumida por el compresor durante el proceso es $4.36 [kW]$, calcule la temperatura del refrigerante a la salida del compresor.

$$T_2 = 60 [^{\circ}C]$$

14. Un sistema cerrado contiene una mezcla de agua líquida y vapor a $200 [^{\circ}C]$. La energía interna del líquido saturado es el 25 % de la energía interna total, en $[kJ]$, de la mezcla. ¿Cuál es la calidad del sistema?

$$x = 0.4958$$

15. Una mezcla de líquido-vapor de agua a $2000 [kPa]$ fluye por un tubo y se estrangula con una válvula hasta $100 [kPa]$ y $150 [^{\circ}C]$. Calcule la calidad de la mezcla antes de ser estrangulada.

$$x_1 = 98.85 \%$$

16. Un sistema esférico y elástico se comporta de modo tal que la presión en su interior es proporcional al cuadrado de su diámetro. El sistema contiene $1 [kg]$ de **R134a** a $-10 [^{\circ}C]$ y 50 % de humedad. El sistema se calienta hasta que el refrigerante alcanza $500 [kPa]$. Calcule el trabajo en $[kJ]$ empleado durante el proceso.

$${}_1W_2 = -53.1718 [kJ]$$

17. En un proceso industrial se requiere que una turbina genere $20 [MW]$ de potencia; para esto, se introduce a la turbina vapor de agua a $10 [MPa]$ y $600 [^{\circ}C]$. Si el vapor sale de la turbina a $300 [kPa]$ con una calidad del 96 % por una sección de $30 [cm]$ de diámetro, calcule la rapidez del vapor en esta sección.

$$\bar{V}_2 = 166.62 \left[\frac{m}{s} \right]$$

18. Se introduce a un compresor $1.2 \left[\frac{kg}{s} \right]$ de **R134a** a $1 [bar]$ y $0 [^{\circ}C]$ por una tubería de $10 [cm]$ de diámetro y lo descarga a $8 [bar]$ y $150 [^{\circ}C]$ por una tubería de $3 [cm]$ de diámetro. Si durante el proceso se presentó una disipación de calor al ambiente de $14 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$, calcule la potencia del compresor.

$$\dot{W} = 180.1 [kW]$$

19. Por una sección de un mezclador adiabático ingresan $0.16 \left[\frac{kg}{s} \right]$ de agua a $80 [^{\circ}C]$, por otra sección ingresa agua a $15 [^{\circ}C]$. Se requiere obtener a la salida del mezclador adiabático una mezcla de agua a $42 [^{\circ}C]$. Si el proceso de mezclado se realiza a $1 [bar]$, calcule en $\left[\frac{kg}{s} \right]$, el flujo de agua requerido que ingresa a $15 [^{\circ}C]$ para obtener dicha mezcla. Desprecie los cambios en la variación de la energía cinética y potencial gravitatoria.

$$\dot{m}_2 = 0.2255 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

20. Se mezclan dos corrientes de agua adiabáticamente: una de ellas, proveniente de un recalentador, tiene un flujo másico de $250 \left[\frac{g}{s} \right]$ a $7 [bar]$ y $300 [^{\circ}C]$; la otra corriente se encuentra a $7 [bar]$ y con una calidad de 0.9. Si el fluido a la salida es vapor saturado a $7 [bar]$, determine el flujo másico de esta corriente.

$$\dot{m}_3 = 607.62 \left[\frac{g}{s} \right]$$

21. Un recipiente con volumen de $1.2 [m^3]$ contiene $6 [kg]$ de una mezcla de agua líquida y vapor de agua a $8 [bar]$. Para el agua líquida, calcule su temperatura y su volumen en $[m^3]$.

$$T_{sat} = 170.41 [^{\circ}C]$$

$$V_{H_2O} = 1.13 \times 10^{-3} [m^3]$$

22. Un tanque rígido de $5 \text{ [m}^3\text{]}$ contiene vapor de agua saturado a $150 \text{ [}^\circ\text{C]}$. El fluido se agita por medio de una hélice hasta que se llega a 0.723 [MPa] manométricos. Durante el proceso se transmiten 4.5 [kJ] de calor al entorno. Calcule el trabajo aplicado durante el proceso.

$${}_1W_2 = 5.408 \text{ [kJ]}$$

23. Un refrigerador funciona con el ciclo de compresión de vapor del refrigerante **R134a**. El compresor adiabático recibe el fluido como vapor saturado y seco a 185.37 [kPa] y lo entrega a 800 [kPa] y $50 \text{ [}^\circ\text{C]}$. El refrigerante entra a una válvula adiabática como líquido saturado. Si el compresor tomase 2 [kW] de la red eléctrica, calcule la potencia calorífica en el evaporador.

$$\dot{Q} = 6800 \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} \right]$$

24. A una turbina ingresa agua a 6000 [kPa] , $500 \text{ [}^\circ\text{C]}$ y $100 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$; sale como vapor saturado a 60 [kPa] . El tubo de entrada del vapor es de 60 [cm] de diámetro mientras que el de salida es de 4.5 [m] . Determine la rapidez del vapor, en $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$, a la salida.

$$\bar{v}_2 = 88.81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

25. Tres kilogramos de agua a 498.15 [K] se encuentran en un recipiente rígido de $0.18 \text{ [m}^3\text{]}$. Calcule la masa de vapor en el interior.

$$m_v = 2.2848 \text{ [kg]}$$

26. Determine la masa de $0.15 \text{ [m}^3\text{]}$ de vapor húmedo a una presión de 5.5 [bar] y calidad de 0.7 ; indique también su temperatura y entalpía.

$$m = 0.62443 \text{ [kg]}$$

$$T = 155.46 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$H = 1326.48 \text{ [kJ]}$$

27. Un recipiente rígido de $3 \text{ [m}^3\text{]}$ contiene 4 [kg] de agua, inicialmente a $120 \text{ [}^\circ\text{C]}$. El agua recibe energía en forma de calor hasta alcanzar $250 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Calcule la cantidad de energía en forma de calor suministrada en [kJ] .

$$Q = 2083.7 \text{ [kJ]}$$

28. En un tanque rígido se tienen 600 [g] de **R134a** a una presión de 0.5 [MPa] y $20 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Una hélice pequeña proporciona energía a la sustancia hasta que ésta alcanza 0.8 [MPa] . Determine el volumen del tanque, así como la temperatura del fluido al final del proceso.

$$V_1 = 0.02527 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$T_2 = 158.47 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

29. Una olla de presión de 4 [L] contiene 250 [g] de una mezcla de agua líquida y de su vapor en equilibrio. Si la olla funciona a $12584 \text{ [mmHg]}_{man}$, calcule la calidad en el interior de la olla. Considere $\left(9.78 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right], 20 \text{ [}^\circ\text{C}] \text{ y } 77.17 \text{ [kPa]} \right)$.

$$x = 1.68 \%$$

30. Una mezcla líquido-vapor de agua se mantiene en un recipiente rígido a $55 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Al sistema se le suministra energía en forma de calor hasta que su estado final es el punto crítico. Calcular la calidad inicial de la mezcla.

$$x = 0.02237 \%$$

31. A una turbina adiabática ingresan $12 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$ de vapor de agua con una entalpía específica de $3658.8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$ y $90 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$, en la salida, las condiciones son 40 [kPa] , 94% de calidad y $42 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$. Calcule la potencia desarrollada por la turbina.

$$\dot{W} = -13980.58 \text{ [kW]}$$

32. Determine el volumen específico del agua que se encuentra a 225 [kPa] y con una entalpía específica de $2000 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$.

$$v = 0.53609 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

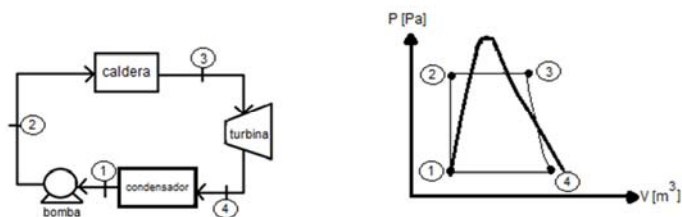
33. Un difusor adiabático recibe una corriente de vapor de agua saturado, a $110 \text{ [}^\circ\text{C]}$ y $220 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$. Si el fluido sale a 150 [kPa] y $120 \text{ [}^\circ\text{C]}$ por un ducto de 8 [cm] de diámetro, calcule el gasto másico, en $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$ que fluye por el difusor.

$$\dot{m} = 392.13 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

34. Un tanque de $4 \text{ [m}^3\text{]}$ de capacidad, rígido y adiabático, contiene vapor de agua saturado a $100 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Por medio de una hélice se agita el agua hasta que se alcanza 1.5 [bar] . Halle el trabajo, en $[\text{kJ}]$, aplicado durante el proceso.

$$\{W\} = 626.18 \text{ [kJ]}$$

35. En un ciclo como el que se muestra a continuación:



La potencia de salida neta es 20 [MW] , el vapor de agua entra a la turbina a 140 [bar] , $550 \text{ [}^\circ\text{C]}$ y sale a 0.05 [bar] y una calidad del 85% . Del condensador sale líquido saturado a 0.06 [bar] y la variación de temperatura en la bomba adiabática es despreciable. Determine el trabajo de la bomba y la turbina, ambos en $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$.

$$w_{bomba} = 14.065 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$$

$$w_{turbina} = -1\,263.54 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$$