Guía de problemas # 4

1. Gas Argón entra en una trubina adiabática estacionariamente a 900 kPa y 450^{o}C, con una velocidad de 80 m/s y sale a 150 kPa con una velocidad de 150 m/s. El área de entrada a la turbina es 60 cm^2. Si la potencia que entrega la turbina es 250 kW, determinar la temperatura de salida del Arg'on.

   Rta.: $T_{salida} = 267.3^oC$

2. Helio es comprimido desde 120 kPa y 310 K hasta 700 kPa y 430 K. Existe una pérdida de calor de 20 kJ/kg durante la compresión. Despreciando los cambios de energía cinética, determinar la potencia necesaria para un flujo de masa de 90 kg/min.

   Rta.: $P_{entrada} = 965\ kW$

3. En plantas de potencia a vapor, el agua de alimentación suele ser calentada mezclándola con vapor derivado de la turbina, en alguna etapa intermedia. Considerar que el mezclador de agua opera a 1000 kPa. El agua a 50^{o}C y 1000 kPa se mezcla con vapor de agua a 200^{o}C y 1000 kPa. La mezcla deja en calentador de agua como líquido saturado a la presión de trabajo. Determinar el cociente de flujos de masa de agua y de vapor para este caso.

   Rta.: $\dot{m}_{agua}/m_{vapor} = 3.73$

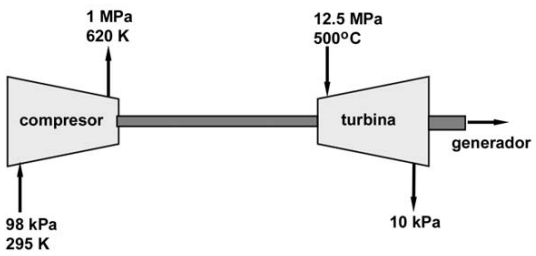
4. Un secador de pelo es básicamente un tubo en el cual se colocan algunas resistencias. Un pequeño ventilador empuja el aire oblogándolo a pasar por entre las resistencias. El aire entra a un secador de 1200 W a 100 kPa y 22^{o}C y sale a 47^{o}C. La sección transversal del tubo del secador a la salida es 60 cm^2. Despreciando la potencia consumida por el ventilador y las pérdidas de calor por la pared del tubo, determinar la el flujo de volumen de aire y la velocidad del aire a la salida.

   Rta.: $\dot{V}_{aire} = 0.0404\ m^3/s;\ v_s = 7.31\ m/s$

5. Un tanque rígido de 0.3 m^3 está lleno con agua líquida saturada a 200^{o}C. Una válvula al fondo del tanque se abre y el líquido comienza a salir. Se agrega calor al tanque tal que la temperatura en el tanque permanece constante. Determinar la cantidad de calor que se transfirió al tanque durante el intervalo de tiempo en que se vació la mitad del tanque.

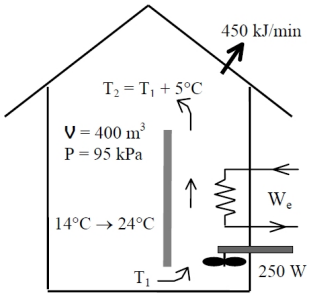
   Rta.: $Q_{entrada} = 2308\ kJ$

6. Un compresor adiabático es operado directamente por una turbina a vapor, que también provee, de manera simultánea, potencia a un generador. El vapor entra y sale de la turbina en las condiciones que indica la figura, con una calidad a la salida de 0.92, y un flujo de 25 kg/s. El aire entra y sale del compresor en las condiciones que muestra la figura, con un flujo de 10 kg/s. Determine la potencia neta que entrega la turbina al generador.



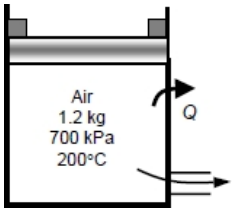
   Rta.: $\dot{W}_{turbina} = 20448\ kW$

7. Una casa con un volumen interno de 400 m^3 está climatizada por un calentador de resistencia eléctrica de 30 kW, colocado en un ducto dentro del edificio. Inicialmente, el aire de la csa está a 14^{o}C y la presión atmosférica es 95 kPa. La casa pierde calor a razón de 450 kJ/min. El aire es forzado a fluir estacionariamente por el ducto mediante un ventilador de 250 W y experimenta un aumento de temperatura de 5^{o}C al pasar por el ducto, al cual consideraremos adiabático. Determinar el flujo de masa de aire a través del ducto. ¿Cuánto tiempo demorará el aire de la casa para alcanzar una temperatura promedio de 24^{o}C?.



Rtas.: $\dot{m} = 6.02$ *kg/s;* $\Delta t = 146$ *s*

8. Un dispositivo compuesto por un cilindro con pistón contiene 1.2 kg de aire a 700 kPa y 200^{o}C. En este estado, el pistón está tocando dos topes que tiene el cilindro. La masa del pistón es tal que se necesita una presión de 600 kPa para moverlo. Una válvula al fondo del tanque es abierta y el aire escapa hasta que se cierra la válvula cuando el volumen del cilindro disminuyo al 80 % del valor inicial. Si se estima que 40 kJ de calor se pierden desde el cilindro, determinar la temperatura final del aire en el cilindro y la cantidad de masa que escapó y el trabajo hecho. Usar calores específicos constantes y evaluados a la temperatura promedio.



Rtas.: $T_f = 415$ *K;* $m_{escapa} = 0.262$ *kg;* $W = 27.9$ *kJ*

9. Dos moles de un gas ideal diatómico realizan un ciclo termodinámico. El gas se encuentra inicialmente a la presión de 1×10^5 Pa, ocupando un volumen de 5×10^{-2} m^3. En la primera parte del ciclo experimenta un cambio de presión a volumen constante, que eleva la presión a 5×10^5 Pa. A continuación experimenta una expansión adiabática, recuperando la presión de 1×10^5 Pa. Finalmente el gas es comprimido isobáricamente, volviendo al estado original del ciclo.

   a. Represente gráficamente, en un diagrama $P-V$, el proceso experimentado por el gas.
   b. Encuentre el flujo de calor, el trabajo realizado por el gas y la variación de energía interna, en cada etapa del proceso, explicando el sentido físico de los signos asociados a los valores encontrados.
   c. Determine la eficiencia termodinámica del ciclo.
   d. Compare la eficiencia anterior con la eficiencia del ciclo de Carnot equivalente.

Rtas.: $\eta = 0.244$; $\eta_{Carnot} = 0.8$

10. El ciclo termodinámico representado por el diagrama $P-V$ de la figura lo realizan dos moles de un gas ideal monoatómico. El tramo $A \to B$ es isotérmico, el tramo $B \to C$ es adiabático, el tramo $C \to D$ es isobárico y el tramo $D \to A$ es isocórico. Los valores presión y volumen en el gráfico se suponen conocidos.

    a. Encuentre los valores de presión, volumen y temperatura en los puntos A, B, C y D del diagrama.

    b. Determine el flujo de calor en cada tramo del ciclo.

    c. Determine la eficiencia termodinámica del ciclo.

    d. Determine la eficiencia termodinámica del ciclo de Carnot equivalente.

    e. Encuentre el trabajo total realizado por el gas en el ciclo.

    f. Encuentre el cambio de entropía en el gas en cada tramo del ciclo.

    Exprese sus resultados en función de los valores conocidos y de la constante de los gases ideales.

    Rtas.: $\eta = 0.28$; $\eta_{Carnot} = 0.75$; $\Delta S_{AB} = 2R\ln 3$; $\Delta S_{BC} = 0$; $\Delta S_{CD} = -(3\ln 4 + 2\ln 3)R$; $\Delta S_{DA} = 3R\ln 4$; $\Delta S_{total} = 0$

11. Se propone el uso de una fuente geotérmica (digamos, un Geiser) para generar electricidad por medio de una turbina de vapor. Agua a alta presión $P_1 = 2.0$ MPa y 180^{o}C pasa a través de una válvula de expansión (proceso de Joule-Thomson, que mantiene la entalpía constante) a una cámara de evaporación *flash* que forma una mezcla saturada vapor-agua a 400 kPa. El líquido se deshecha y el vapor entra a la turbina a una presión de 10 kPa y una calidad $x_3 = 0.9$. Si queremos que la turbina produzca 1 MW de potencia, calcule el flujo de agua geotermal requerido en kg/h.

    Ayuda: Considere que la turbina está térmicamente aislada y relacione la cantidad de vapor que entra a la turbina con la calidad a la salida del evaporador *flash*. Obtenga los datos de las tablas termodinámicas correspondientes.

    Rta.: $\dot{m} = 1.22 \times 10^5$ *kg/s*

12. Una planta geotérmica usa agua extraída a 160^{o}C a una tasa de 440 kg/s como la fuente de calor, y produce 22 MW de neta potencia. Si la temperatura ambiente es 25^{o}C, determine la efficiencia térmica real, la máxima eficiencia térmica posible y la tasa de calor liberado desde esta planta de potencia.

    Rtas.: $\eta = 8.8$ %; $\eta_{max} = 31.2$ %; $\dot{Q}_{sale} = 229.1$ *MW*

13. Un refrigerador de Carnot, cuyo CDF es 4.5, opera en una sala en la cual la temperatura es 25^{o}C y consumr 500 W. Determinar la tasa de calor extraído desde el espacio refrigerado y la temperatura del espacio refrigerado.

    Rta.: $\dot{Q} = 135$ *kJ/min*; $T_c =$ -29.2^o*C*

14. Un aire acondicionado funcionando con R-134a es usado para mantener una sala a 26^{o}C, extrayendo el calor hacia el aire exterior que está a 34^{o}C. El calor ingresa al cuarto a través de los muros y las ventanas a una tasa de 250 kJ/min, mientras el calor generado por el PC, la TV y las luces suman 900 W. El refrigerante entra al compresor a 500 kPa como vapor saturado a razón de 100 lt/min y sale a 1200 kPa y 50^{o}C. Determinar el CDF_{real}, el máximo CDF y la mínima tasa de flujo de volumen del refrigerante en la entrada del compresor para un flujo estacionario.

    Rtas.: 6.59, (b) 37.4, (c) 17.6 L/min

15. Demuestre que la eficiencia de un ciclo reversible es siempre mayor que la de un ciclo irreversible.

16. Encuentre la relación entre los coeficientes de operación de una bomba de calor y un refrigerador, operando en las mismas condiciones.

17. Un tanque rígido de 1/2 m^3 contiene refrigerante R-134a inicialmente a 200 kPa y calidad de 40 %. Luego se transfiere calor al refrigerante desde una fuente a 35^{o}C hasta que la presión sube a 400 kPa. Determinar

    a) el cambio en la entropía del regrigerante,

    b) el cambio en la entropía de la fuente de calor, y

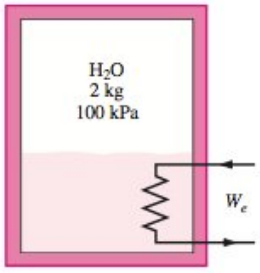
    c) el cambio en la entropía total del proceso.

    Rtas.: ΔS_{R-134a} = *3.880 kJ/K;* $\Delta S_{f.de.c}$ = *-3.439 kJ/K;* ΔS_{total} = *0.441 kJ/K.*

18. Un tanque rígido contiene 5 kg de vapor saturado a 100^{o}C. El vapor es enfriado hasta temperatura ambiente, 25^{o}C. Graficar el proceso con respecto a las líneas de saturación en un diagrama $T - v$. Determinar el cambio de entrop{ía del vapor en kJ/K. Para el vapor y su entorno, determinar el cambio total de entropía, S_{gen}, asociado con este proceso en kJ/K.

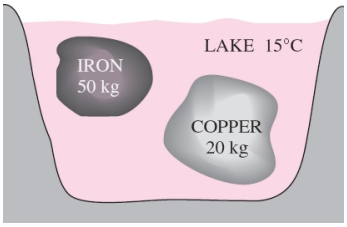
    Rtas.: ΔS_{vapor} = *-31.41 kJ/K;* S_{gen} = *7.39 kJ/K.*

19. Un tanque rígido bien aislado contiene 2 kg de una mezcla saturada de agua líquido-vapor a 100 kPa. Inicialmente, 3/4 de la masa están en fase líquida. Una resistencia eléctrica (calentador) es encendida hasta que toda la masa que está en estado líquido se evapora. Determine el cambio en la entropía del vapor durante el proceso.



    Rtas.: ΔS = *8.10 kJ.*

20. Un bloque de hierro de 50 kg y otro de cobre de 20 kg, ambos inicialmente a 80^{o}C, se dejan caer en un lago a 15^{o}C. El equilibrio térmico se establece después de un rato como resultado de la transferencia de calor entre los bloques y el agua del lago. Determine el cambio total de entropía para este proceso.



    Rta.: ΔS_{total} = *0.670 kJ/K.*