



PROBLEMARIO No. 3

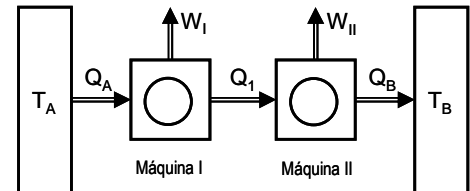
Veinte problemas con respuesta sobre los Temas 5 y 6 [Segunda Ley de la Termodinámica. Entropía]

PROBLEMA 1

En el arreglo mostrado en la figura, dos máquinas térmicas reversibles están conectadas en serie entre dos depósitos a 700°C y 200°C , respectivamente. El rendimiento térmico de ambas máquinas es el mismo. Si la máquina A produce 1 kW de potencia, calcule:

- Temperatura a la cual la máquina I descarga calor.
- Calor absorbido por la máquina I.
- Potencia generada por la máquina II.

Resp: a) $405,4^{\circ}\text{C}$; b) 3,3 kW; c) 0,7 kW



PROBLEMA 2

Un congelador doméstico opera en un cuarto a 20°C . Debe retirarse calor desde el espacio frío a una velocidad de 2 kW para mantener su temperatura en -30°C . ¿Cuál es la menor potencia del motor requerida para operar este congelador?

Resp: 0,41 kW

PROBLEMA 3

Se tiene aire a 100 kPa y 27°C en un sistema cerrado que opera en un ciclo teórico, que consta de los siguientes procesos:

- Compresión isotérmica hasta una presión 1000 kPa con transferencia de calor q_{12} al exterior.
- Calentamiento isocórico, en donde el aire recibe un calor $q_{23}=836$ kJ/kg.
- Expansión isentrópica hasta la presión inicial.
- Retorno al estado inicial mediante enfriamiento isobárico, cediendo un calor q_{41} al exterior.

El aire puede considerarse gas ideal con un C_p igual a 1,0025 kJ/kg K.

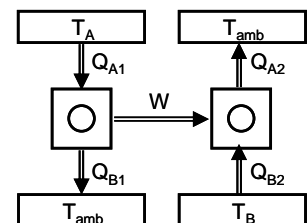
- Representar el ciclo en un diagrama P-v.
- Determinar los calores q_{12} y q_{41} .
- Eficiencia térmica del ciclo y compararla con la eficiencia de un ciclo de Carnot que opere entre los mismos niveles de temperatura.

Resp: b) -198 kJ/kg; -183 kJ/kg; c) 0,544; 0,796

PROBLEMA 4

Se desea producir refrigeración a -30°C . Hay un reservorio caliente a 200°C y la temperatura ambiental es 30°C . De esta manera se puede generar trabajo por una máquina térmica que opera entre el reservorio caliente y el ambiente. Este trabajo se usa para operar el refrigerador. Determine la razón de calor transferido desde la fuente a 200°C entre el calor transferido desde el reservorio a -30°C (es decir, Q_{A1}/Q_{B2}), suponiendo que todos los procesos son reversibles.

Resp: 0,687



PROBLEMA 5

Considere una máquina térmica que opera en ciclo de Carnot donde el fluido de trabajo es agua. La transferencia de calor al agua ocurre a 300°C , proceso durante el cual el agua cambia de líquido saturado a vapor saturado. El agua cede calor a 40°C .

- Represente el ciclo en diagramas P-v y T-s
- Encuentre la calidad del agua al principio y al final del proceso de rechazo de calor
- Determine la eficiencia térmica del ciclo.
- Determine el trabajo neto que se obtiene por kg de agua

Resp: b) 0,668; 0,349; c) 45,4%; d) 637,3 kJ/kg

PROBLEMA 6

Un cilindro que contiene R-134a a 10°C y 150 kPa tiene un volumen inicial de 20 L. Un pistón comprime el gas en un proceso isotérmico reversible hasta que alcanza el estado de vapor saturado. Calcule

- la transferencia de calor para llevar a cabo este proceso.
- El trabajo requerido.

Resp: a) -3,84 kJ; b) -3,52 kJ

PROBLEMA 7

Un kg de amoníaco que está contenido en un conjunto pistón cilindro a 50°C y 1000 kPa se expande hasta 100 kPa en un proceso adiabático reversible. Encuentre el trabajo para este proceso.

Resp: 263,9 kJ

PROBLEMA 8

Un kg de amoníaco está contenido en un conjunto pistón-cilindro activado mediante un resorte. El amoníaco se encuentra en forma de líquido saturado a -20°C . Se agrega calor desde una fuente a 100°C hasta alcanzar la condición final de 800 kPa y 70°C . Sabiendo que el proceso es internamente reversible, encuentre:

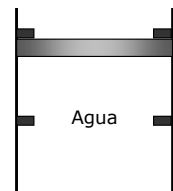
- El trabajo y la transferencia de calor
- La generación de entropía,

Resp: a) $W=97,7$ kJ; $Q=1447,2$ kJ; b) $\sigma=1,3$ kJ/K

PROBLEMA 9

El agua contenida en un conjunto pistón-cilindro está a 1 MPa y 500°C . Existen dos soportes, uno inferior en donde $V=1$ m³ y uno superior donde $V=3$ m³. El pistón se carga con una masa y con la atmósfera exterior de modo que flota cuando la presión es 500 kPa. Este conjunto se enfría hasta 100°C por ceder calor al entorno a 20°C . Encuentre la entropía total generada en el proceso.

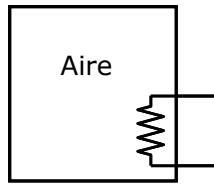
Resp: 26,3 kJ/K

**PROBLEMA 10**

Una masa de 1 kg of aire, contenida en un sistema pistón-cilindro a 1,5 MPa, 1000 K, se expande en un proceso reversible isotérmico hasta un volumen 10 veces mayor. Calcular la transferencia de calor durante el proceso y el cambio de entropía del aire. Suponga que el aire se comporta como un gas ideal, con calores específicos constantes.

Resp: 661 kJ; 0,661 kJ/K

PROBLEMA 11

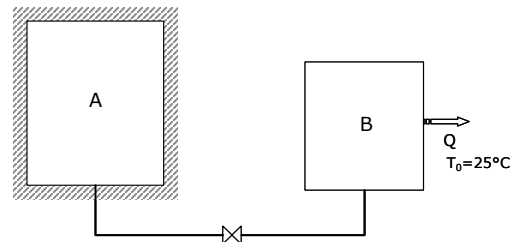


Un tanque rígido contiene 2 kg de aire a 200 kPa y a la temperatura ambiente de 20°C. Una corriente eléctrica pasa ahora a través de una resistencia dentro del tanque. Después de que un total de 100 kJ de trabajo eléctrico ha cruzado la frontera, la temperatura del aire dentro del tanque es 80°C. Calcular la generación de entropía para establecer si el proceso indicado es posible. Suponer que el aire se comporta como un gas ideal y que su calor específico C_v es constante e igual a 0.717 kJ/kg K.

Resp: 0,315 kJ/K (proceso es posible)

PROBLEMA 12

Se tiene el proceso que se muestra en la figura, que consiste de dos tanques rígidos unidos por una línea con una válvula. El tanque A está aislado, tiene un volumen de 0.6 m³ y está inicialmente lleno con vapor de agua a 1,4 MPa, 300°C. El tanque B no tiene aislamiento, tiene un volumen de 0,3 m³ y está inicialmente lleno con vapor de agua a 0,2 MPa y 200°C. La válvula que conecta los dos tanques se abre y el vapor fluye hasta que la temperatura en A es 250°C, y en ese momento se cierra la válvula. Durante el proceso, se transfiere calor hacia el ambiente (que está a 25°C) de tal manera que se mantenga en B una temperatura de 200°C. Puede suponerse que el vapor que queda en A ha sufrido una expansión adiabática y reversible. Determinar:

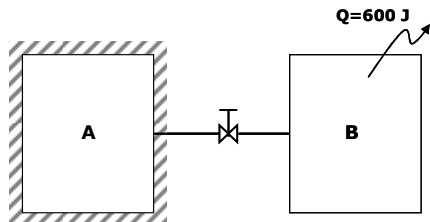


- a) La presión final en cada tanque.
- b) La masa final en cada tanque.
- c) El cambio de entropía del universo.

Resp: a) 950 kPa; 800 kPa; b) 2,42 kg; 1,15 kg; c) 0,77 kJ/K

PROBLEMA 13

Dos tanques rígidos están conectados por una válvula. El tanque A está aislado y contiene 0,2 m³ de vapor de agua a 400 kPa y 80% de calidad. El tanque B no está aislado y contiene 3 kg de vapor de agua a 200 kPa y 250°C. Se abre la válvula y fluye vapor del tanque A al B hasta que la presión del tanque A llega a 300 kPa. Durante el proceso se transfieren 600 kJ de calor de B hacia los alrededores, que están a 0°C. Suponiendo que el vapor que queda en A ha sufrido un proceso adiabático reversible, determinar:

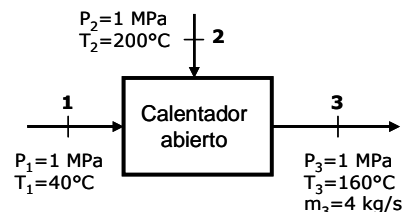


- a) La temperatura final en cada tanque.
- b) La entropía generada durante el proceso.

Resp: a) 133,5°C; 113°C; b) 0,91 kJ/K

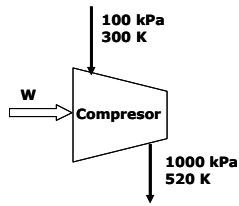
PROBLEMA 14

Cierto calentador que se utiliza para precalentar el agua antes de entrar a una caldera funciona según el principio de mezclar el agua líquida con vapor que ha sido extraído de la turbina. Para los estados que se representan en la figura, calcule la rapidez neta de incremento de entropía para el proceso, suponiendo que el proceso es a flujo estable y adiabático.



Resp: 0,81 kJ/K s

PROBLEMA 15

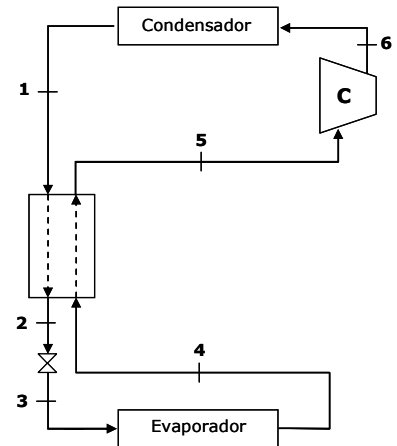


A un compresor adiabático entra dióxido de carbono (CO₂) a 100 kPa y 300 K, y sale a 1000 kPa y 520 K. Encuentre la eficiencia isentrópica del compresor y la generación de entropía (específica) de este proceso.

Resp: 92,1%; 0,028 kJ/kg K

PROBLEMA 16

Se tiene el ciclo de refrigeración de la figura. Refrigerante R-134a sale del evaporador como vapor saturado a 1,4 bar y se calienta a presión constante hasta 20°C antes de entrar al compresor C. Después de una compresión isentrópica hasta 12 bar, el refrigerante pasa por un condensador de donde sale a 44°C y a 12 bar. El líquido pasa entonces por el intercambiador para luego entrar a la válvula de expansión a 12 bar. Si el flujo de refrigerante es de 6 kg/min, determine:

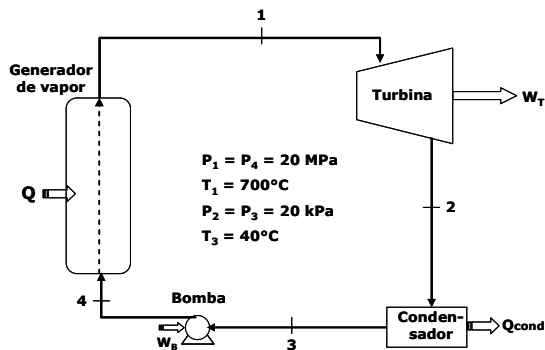


- a) La potencia del compresor
- b) La capacidad de refrigeración (el calor del evaporador)
- c) El coeficiente de funcionamiento del ciclo.
- d) Dibuje el ciclo en un diagrama T-s

Nota: Las tablas TF no llegan a los intervalos de condiciones de este problema. Se sugiere usar las que están en el Apéndice del Cengel.

Resp: a) -5,3 kW; b) 15,7 kW; c) 2,96

PROBLEMA 17



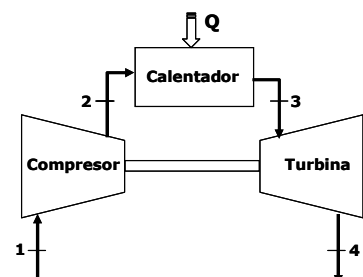
Considere una planta generadora de energía con una turbina de vapor, como se muestra en la figura. Suponga que los procesos en la turbina y en la bomba son reversibles y adiabáticos. Si se ignoran los cambios de energía cinética y potencial,

- a) Calcule el trabajo específico que produce la turbina y el estado de salida de la turbina.
- b) Determine el trabajo suministrado a la bomba.
- c) ¿Cuál es la eficiencia térmica del ciclo?
- d) Dibuje el diagrama T-s del ciclo.

Resp: a) 1568 kJ/kg; b) -20,1 kJ/kg; c) 42,8%

PROBLEMA 18

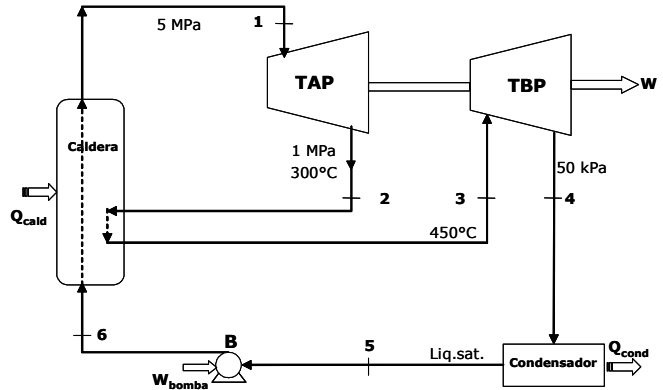
Un compresor de aire impulsado por calor está formado por tres componentes: (a) un compresor adiabático, (b) un calentador a presión constante, y (c) una turbina adiabática. El compresor y la turbina tienen eficiencia isentrópica de 85%. El aire ambiental entra al compresor a 100 kPa y 300 K y se comprime hasta 600 kPa. Toda la potencia de la turbina entra al compresor y la salida de la turbina es el suministro de aire comprimido. Si se requiere que esta presión sea 200 kPa, ¿cuál debe ser la temperatura a la salida del calentador?



Resp: 1031 K

PROBLEMA 19

Considere el ciclo Rankine de generación de potencia con recalentamiento que se muestra en la figura. La presión del vapor que sale de la caldera es de 5 MPa. Este vapor se alimenta a la turbina de alta presión TAP y se expande hasta 1 MPa y 300°C, y luego se recalienta hasta 450°C antes de entrar a la turbina de baja presión, donde se expande hasta la presión de 50 kPa.



El líquido que sale de condensador, que es saturado, es bombeado de nuevo a la caldera. La potencia total producida por ambas turbinas es de 10 MW. La eficiencia de cada etapa de la turbina es de 80%.

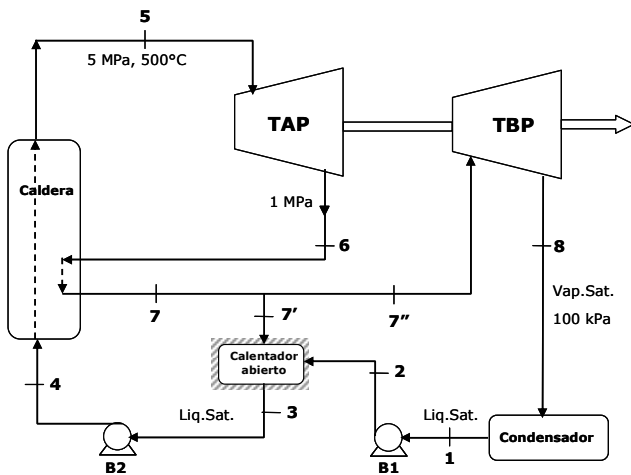
- a) ¿Cuál es la temperatura de la corriente que entra a la turbina de alta presión?
- b) Determinar el flujo de vapor, la potencia suministrada a la bomba y el calor retirado en el condensador
- c) ¿Cuál es la eficiencia térmica del ciclo?
- d) Dibujar el diagrama T-s del proceso.

Suponer que la bomba es adiabática y reversible, y que cada etapa de la turbina es adiabática. Suponer también que no hay caídas de presión en la caldera, ni en el condensador, ni en las tuberías.

Resp: a) 493°C; b) 10.63 kg/s; 54,2 kW; 26,11 MW; c) 27.6%

PROBLEMA 20

El ciclo Rankine de generación de potencia mostrado en la figura opera con un calentador abierto (adiabático) de agua de alimentación. El vapor que sale de la caldera está a 5 MPa y 500°C. La turbina de alta presión descarga a una presión de 1 MPa, y el condensador opera a una presión de 100 kPa.



Las corrientes de entrada a las bombas son de líquido saturado, y la turbina de baja presión descarga vapor saturado. Suponiendo que las bombas y turbinas son ideales (es decir, adiabáticas y reversibles), calcule:

- a) ¿Cuál es la temperatura del vapor recalentado (corriente 7)?
- b) Calcular la fracción del flujo de vapor recalentado (7) que se envía al calentador abierto.
- c) ¿Cuál es la eficiencia térmica del ciclo?
- d) Dibujar el diagrama T-s del proceso.

Suponer que no hay caída de presión en la caldera, ni en el condensador, ni en las tuberías.

Resp: a) 367°C; b) 0,124; c) 31,4%