Termodinámica y Mecánica Estadística I

Guía 4 - 5 de abril de 2011

Problema 1: Se dispone de dos recipientes: uno con agua hirviendo y otro con hielo y agua en equilibrio. Cada recipiente está encerrado por una pared rígida, impermeable y diatérmica, y se desea aprovechar al máximo el flujo de calor como energía mecánica. Por cada Joule de trabajo que puede ser extraído, ¿cuánto calor debe ser extraído del recipiente con agua hirviendo? ¿Cuántos gramos de hielo deben fundirse? (Por cada 80 calorías entregadas al recipiente frío se funde un gramo de hielo, en tanto que por cada 540 calorías extraídas del recipiente caliente se condensa un gramo de vapor).

Problema 2: En un día de verano, con una temperatura de 26°C, se dispone de un pozo artesiano a una temperatura de 13°C. Se usa una máquina termodinámica operando entre estos dos reservorios para levantar agua del pozo.

a) Si la máquina es ideal y se levantan 25 ℓ de agua a 6 m, ¿cuánto calor debe ingresar al pozo?

b) Si el rendimiento de la máquina es de sólo un 30 % de la máquina ideal termodinámica, ¿cómo cambia la solución del problema?

Problema 3: Una locomotora que pesa 90 toneladas puede ascender por una pendiente de ángulo θ a una velocidad de 80 km/h. La locomotora quema 900 kg de carbón cada hora y mantiene la temperatura de la caldera a 100°C. La temperatura del aire es 21°C. Suponiendo que la locomotora opera al 25 % del rendimiento termodinámico, ¿cuál es el ángulo θ de la pendiente?

El equivalente calorífico de la combustión de carbón es 7800 kcal/kg.

Problema 4: Un sistema mantenido a volumen constante presenta una capacidad calorífica $C_V \equiv N c_V$, independiente de la temperatura. El sistema se encuentra inicialmente a una temperatura T_1 y se dispone de un reservorio de calor a una temperatura menor T_o. Muestre que el máximo trabajo que puede aprovecharse, al llevar al sistema a la temperatura del reservorio es

$$W = C_V \left[(T_1 - T_o) - T_o \ln\left(\frac{T_1}{T_o}\right) \right]$$

Problema 5: Un cuerpo con la ecuación de estado $U = NCT$ se calienta desde la temperatura T_1 hasta T_2 mediante un conjunto de reservorios continuamente distribuidos entre T_1 y T_2. El cuerpo es devuelto a su estado inicial poniéndolo en contacto con un único reservorio a temperatura T_1. Calcule el cambio de entropía del cuerpo y los reservorios. ¿Cuál es el cambio de entropía de todo el sistema?

Si el cambio de temperatura fuera realizado simplemente llevando al cuerpo en contacto con un único reservorio a temperatura T_2, ¿cuáles serían los correspondientes cambios de entropía?

Problema 6: Se dispone de dos cuerpos idénticos de capacidad calorífica C a temperatura T_o. Con el objeto de reducir a la mitad la temperatura de uno de ellos (aumentando la del otro), sin utilizar ninguna fuente de calor, sólo se dispone de máquinas térmicas cíclicas. Calcule el rango de valores posibles para el trabajo W realizado *sobre* el sistema. Explique.

Problema 7: Tres cuerpos idénticos satisfacen la ecuación de estado $U = NCT$, con NC=2 cal/K. Sus temperaturas iniciales son 200 K, 250 K y 540 K, respectivamente. ¿Cuál es la máxima cantidad de trabajo que puede ser extraída en un proceso en el cual estos tres cuerpos se llevan a una temperatura final común?

Problema 8: Dos cuerpos tienen una misma capacidad calorífica a volumen constante dada por

$$C_v = N c_v = A + 2BT \ ,$$

con A=2 cal/K y B=0,005 cal/K^2.

Si los cuerpos se hallan inicialmente a temperaturas de 200 K y 400 K y se dispone de una fuente de trabajo reversible, ¿cuáles serán las temperaturas comunes finales máxima y mínima a las que podrán llevarse los dos cuerpos? ¿Cuál es la cantidad máxima de trabajo que puede transferirse a la fuente de trabajo reversible? En todos los casos debe suponerse que ambos cuerpos se mantienen a volumen constante.

Problema 9: En el rango de temperaturas entre 0°C y 100°C, un sistema particular mantenido a volumen constante tiene una capacidad calorífica

$$C_v = Nc_v = A + 2BT \ ,$$

con A=1/300 cal/K y B=10^{-4}cal/K^2.

Se dispone de un reservorio de calor y de una fuente de trabajo reversible. ¿Cuál es la máxima cantidad de trabajo que puede transferirse a la fuente de trabajo reversible a medida que el sistema se enfría de 100°C a la temperatura del reservorio?

Problema 10: Un sistema tiene una capacidad calorífica (a volumen constante)

$$C_v = AT^2 \ ,$$

donde A=0,01 cal/K^3. El sistema se encuentra inicialmente a 200 K y se dispone de una fuente térmica a 100 K. ¿Cuál es la cantidad máxima de trabajo que se puede extraer cuando se enfría el sistema hasta la temperatura de la fuente?

Problema 11: Las temperaturas más bajas que han sido alcanzadas son del orden de 0,001 K. Si el precio del trabajo es \$0,025 por kW·hora, ¿cuál sería el costo mínimo de la extracción de 1 cal de un sistema a 0,001 K? Considere al "sistema caliente" como la atmósfera.

Problema 12: Una vivienda debe mantenerse a 21°C y la temperatura exterior es de 10°C. Un método de calefacción consiste en adquirir trabajo de la compañía eléctrica y convertirlo directamente en calor: éste es el método utilizado por los radiadores eléctricos comunes de las viviendas. Alternativamente, el trabajo adquirido puede utilizarse para hacer funcionar una bomba de calor. ¿Cuál es la relación de costes si la bomba de calor alcanza el coeficiente de eficiencia termodinámico ideal?

Problema 13: Una heladera se mantiene a una temperatura de 2°C. Cada vez que se abre la puerta de la heladera y se coloca en su interior algún elemento, se introduce en promedio una cantidad de calor equivalente a 50 kcal, produciéndose sólo un pequeño cambio en la temperatura. La puerta se abre quince veces en un día y la máquina opera a un 15 % de la eficiencia ideal. Suponiendo que el costo de la energía es de \$ 0,025 kW·hora y que la heladera no consume energía mientras está cerrada (una vez en régimen), ¿Cuál será el monto en la factura mensual correspondiente al funcionamiento de esta heladera?

Problema 14: Suponiendo que el sistema auxiliar en un ciclo de Carnot es un gas ideal monoatómico gobernado por la ecuación fundamental

$$S = \frac{N}{N_o} S_o + NR \ln \left[\left(\frac{U}{U_o} \right)^{3/2} \left(\frac{V}{V_o} \right) \left(\frac{N}{N_o} \right)^{-5/2} \right] \ ,$$

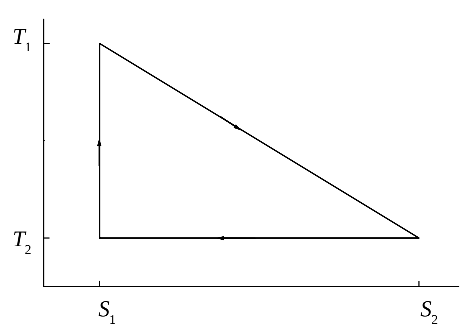
a) Encuentre la forma de las adiabatas en un diagrama T-V.

b) Dibuje un diagrama P-V del ciclo.

c) Describa la operación de un ciclo de Carnot como un refrigerador.

d) Describa el funcionamiento de un ciclo de Carnot como una bomba de calor.

Problema 15: Calcule la eficiencia de la máquina de calor que se muestra en la figura. Dibuje el diagrama correspondiente a un ciclo de Carnot en el plano S-T.



Problema 16: Encuentre la eficiencia de las máquinas térmicas correspondientes a los ciclos: **a)** de Otto, **b)** de Brayton y **c)** Diesel. Exprese la misma en función de los volúmenes para los casos **a)** y **c)**, y de la presión para **b)**. Suponga en todos los casos que el sistema auxiliar es un gas ideal monoatómico.