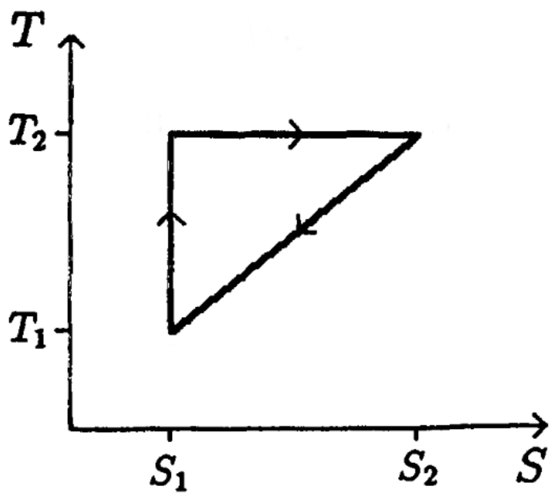
1. (**5 pts.**) Considere un 1 kg de agua cuya capacidad calorífica $C$ es de 4186 J/°K, la cual puede considerarse constante en un rango de temperaturas suficientemente amplio alrededor del valor de la temperatura ambiente. Inicialmente la temperatura de dicha sustancia es de 25°C, y es puesta en contacto térmico con una fuente de calor a 75°C. Cuando el agua alcanza el equilibrio térmico con la fuente de calor:
   (a) Diga cualitativamente cuál es el cambio de entropía total durante el proceso.
   (b) Calcule el cambio de entropía de la fuente de calor.
   (c) Use un proceso reversible para calcular el cambio de entropía de la sustancia [Indicio: suponga que la temperatura de la sustancia se puede aumentar cuasi-estáticamente].
   (d) Calcule el cambio total de entropía del proceso.

2. (**5 pts.**)
   (a) Dibuje el ciclo de Carnot en el plano $T - S$ (temperatura contra entropía).
   (b) Explique el significado físico del área contenida en dicho ciclo.
   (c) Considere ahora el ciclo mostrado en la figura y calcule su eficiencia en términos de $T_1$ y $T_2$.




**Solución**

1. (**5 pts.**)
   (a) El proceso es irreversible por lo que $\Delta S_{\text{Tot}} > 0$
   (b) La fuente de calor cede una cantidad de calor $Q > 0$ a temperatura constante por lo que $\Delta S_{\text{Fuente}} = -Q/T_{\text{Fuente}}$ por otra parte el agua recibe una cantidad de calor $Q = C(T_{\text{Fuente}} - T_{\text{Agua}})$ y por tanto $\Delta S_{\text{Fuente}} = -C(T_{\text{Fuente}} - T_{\text{Agua}})/T_{\text{Fuente}}$.
   (c) Si se elige un proceso en el que el agua se pone en contacto térmico con una fuente de calor a temperatura $T_{\text{Agua}} + dT$ con $dT$ un cambio infinitesimal en la temperatura, y se aumneta progresivamente la temperatura de la fuente de calor en $dT$ podemos escribir $\Delta S_{\text{Agua}} = \int_{T_{\text{Agua}}}^{T_{\text{Fuente}}} dt\,(C/T)dT$. Como $C$ puede considerarse independiente de la temperatura $\Delta S_{\text{Agua}} = C\ln(T_{\text{Fuente}}/T_{\text{Agua}})$

(d) El cambio total de entropía es

$$\Delta S_{\text{Fuente}} + \Delta S_{\text{Agua}} = C[\ln(T_{\text{Fuente}}/T_{\text{Agua}}) + (T_{\text{Agua}}/T_{\text{Fuente}}) - 1] > 0$$

siempre que $T_{\text{Fuente}} > T_{\text{Agua}}$.

2. (**5 pts.**)

(a) En el plano $T - S$ el ciclo de Carnot es un cuadrado de lados paralelos a los ejes, las horizontales corresponden a las isotermas ($T_2$, $T_1$, $T_2 > T_1$) y las verticales a las adibáticas ($S_1$, $S_2$, $S_2 > S_1$).

(b) Se puede demostrar que el área del ciclo corresponde a la diferencia de las áreas: $T_2(S_2 - S_1)$ y $T_1(S_2 - S_1)$ que respectivamente corresponden al calor absorbido y cedido por el ciclo. Por lo tanto el área del ciclo es el trabajo realizado por la máquina.

(c) La eficiencia es $\eta = 1 - Q_{\text{absorbido}}/Q_{\text{cedido}}$ para el ciclo motrado en la figura $Q_{\text{absorbido}} = T_2(S_2 - S_1)$ y $Q_{\text{cedido}} = T_1(S_2 - S_1) + \frac{1}{2}(T_2 - T_1)(S_2 - S_1)$ por lo tanto $\eta = \frac{1}{2}\eta_{\text{Carnot}}$ donde $\eta_{Carnot} = 1 - T_1/T_2$.