

**DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA****SERIE 5 DE EJERCICIOS**

(Basada en reactivos de exámenes colegiados)

**Segunda Ley de la Termodinámica****Semestre 2024-1**

1. Se tiene una masa de 36 [g] de hielo los cuales experimentan tres procesos. En el primer proceso el hielo recibe energía a presión atmosférica desde una temperatura desconocida  $X$  hasta  $0$  [°C]; durante el segundo proceso el hielo experimenta un cambio de fase hacia líquida en un proceso a  $0$  [°C] y, finalmente, durante el tercer proceso el agua recibe energía hasta una temperatura desconocida  $Z$ . Se sabe también que la variación de entropía en el primer proceso fue  $\Delta S = 12.034$  [ $\frac{J}{K}$ ] y en el tercero  $\Delta S = 13.136$  [ $\frac{J}{K}$ ]. Considerando que el experimento se hace a nivel del mar y que para el agua:  $h_{fus} = 333$  [ $\frac{kJ}{kg}$ ],  $c_{hielo} = 2220$  [ $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ ],  $c_{liquido} = 4186$  [ $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ ], determine:

- a) El cambio total de entropía del hielo.  
b) Los valores de las temperaturas  $X$  y  $Z$  en [°C].

$$a) \Delta S = 69.058 \left[ \frac{J}{K} \right]$$

$$b) x = -38.18 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$z = 24.88 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

2. Una planta geotérmica utiliza vapor producido de un pozo recién perforado, cuya presión y temperatura son de 4.5 [bar] y 175 [°C] respectivamente. El vapor sale de la turbina a 100 [mmHg] de presión absoluta. El rendimiento isoentrópico de la turbina es 0.75. Calcule el flujo de vapor y la eficiencia real de la planta, si la unidad produce 12.5 [MWe].

$$\dot{w} = 30.248 \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$$\eta_{real} = 14.73 \%$$

3. Un bloque de 50 [kg] de un metal ( $c = 450$  [ $\frac{J}{kg \cdot K}$ ]), inicialmente a 226.85 [°C], se introduce en una masa enorme de agua, inicialmente a 11.85 [°C]. El bloque se introduce en el agua tan lentamente, que ésta no alcanza en ningún momento su temperatura de ebullición. El bloque y el agua quedan al final a 11.85 [°C]. Calcule cuánta entropía se produce durante el proceso.

$$S_{prod} = 4326 \left[ \frac{J}{K} \right]$$

4. A un intercambiador de calor a contraflujo entra agua fría de un sistema a 15 [°C] y flujo igual a 5 [ $\frac{kg}{s}$ ]. Al mismo tiempo, se calienta hasta 45 [°C] con otra corriente de agua a 100 [°C], y sale del dispositivo a 15 [°C]. Determine:

- a) El calor transferido en cada unidad de tiempo al agua fría.  
b) La entropía generada en el intercambiador de calor, expresando el resultado en [ $\frac{kJ}{K \cdot s}$ ].

$$a) {}_1\dot{Q}_2 = 627.9 \text{ [kW]}$$

$$b) \dot{S}_{total} = 0.163 \left[ \frac{kJ}{s \cdot K} \right]$$

5. Una corriente de agua entra a un compresor cuyas condiciones de entrada son 1.5 [bar] y 120 [°C], a razón de 4 [ $\frac{kg}{min}$ ]. Posteriormente, aplicando una potencia de 26.293 [kW], se realiza una compresión hasta alcanzar 1.5 [MPa] y 210 [°C]. Si la temperatura ambiente es 27 [°C], calcule la entropía generada por unidad de tiempo.

$$\dot{S}_{gen} = 0.0120 \left[ \frac{kW}{K} \right]$$

6. En un refrigerador se utiliza refrigerante **134a** como fluido de trabajo, y opera en un ciclo ideal de refrigeración por la compresión de un vapor entre 60 [kPa] y 1 [MPa]. Si el flujo másico del refrigerante es 0.05 [ $\frac{kg}{s}$ ], determine:

- a) El flujo de calor en la región de enfriamiento y la potencia del compresor.  
b) El flujo de calor al medio ambiente.  
c) El coeficiente de operación del refrigerador.

$$a) \dot{Q}_{evap} = 6.0235 \text{ [kW]}$$

$$\dot{W}_{comp} = 2.942 \text{ [kW]}$$

$$b) \dot{Q}_{cond} = -8.96 \text{ [kW]}$$

$$c) COP = 2.047$$

7. A una turbina adiabática que produce 3.5 [MW] le entra vapor de agua a 10 [MPa] y 500 [°C], saliendo de la turbina vapor saturado a 5 [kPa]. Si el gasto másico es 15471.51 [ $\frac{kg}{h}$ ], determine la rapidez de variación de entropía del agua en la turbina, en [ $\frac{kW}{K}$ ].

$$\Delta \dot{S} = 7.711 \left[ \frac{kW}{K} \right]$$

8. Ingresan  $0.85 \left[ \frac{kg}{s} \right]$  de  $CO_2$  a un compresor a  $100 [kPa]$  y  $22 [^{\circ}C]$ , comprimiéndose isoentrópicamente hasta  $800 [kPa]$ , calcule la potencia del compresor. Considere que para el  $CO_2$  :  $c_p = 0.846 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$  y  $k = 1.289$ .

$$\dot{W} = 126.065 [kW]$$

9. Un calentador de agua eléctrico suministra  $0.166 \left[ \frac{kg}{s} \right]$  de agua caliente a  $150 [kPa]$  y  $70 [^{\circ}C]$ . La temperatura del agua en la entrada es  $15 [^{\circ}C]$ . Debido al mal aislamiento se pierden  $2 \left[ \frac{kJ}{s} \right]$  de calor a la atmósfera circundante que se encuentra a  $25 [^{\circ}C]$ . Calcule la generación de entropía del universo debido al calentador, en  $\left[ \frac{W}{K} \right]$ . Considere el  $c_p$  del agua de  $4.186 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$ .

$$\dot{S}_{gen. universo} = 128.093 \left[ \frac{W}{K} \right]$$

10. Una corriente de agua entra en una turbina a razón de  $4 \left[ \frac{kg}{min} \right]$ . Las condiciones del agua a la entrada son:  $1.6 [MPa]$  y  $225 [^{\circ}C]$ ; las condiciones a la salida son  $2 [bar]$  y  $150 [^{\circ}C]$ . La turbina entrega una potencia de flecha igual a  $26.3 [kW]$ . Si el ambiente está a  $25 [^{\circ}C]$ , calcule la entropía generada en cada unidad de tiempo e indique si el proceso es posible.

$$\dot{S}_{gen} = -0.019 \left[ \frac{kW}{K} \right]$$

No es posible

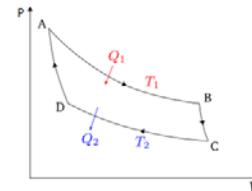
11. Un sistema cerrado experimenta un proceso politrópico según la relación  $PV^{1.3} = cte$ . La temperatura y la presión inicial son de  $327 [^{\circ}C]$  y  $2 [bar]$ , respectivamente. La sustancia de trabajo es una masa de  $3 [kg]$  de aire. Calcule el cambio de entropía en el proceso si la temperatura final es de  $900 [K]$ .

$$s_2 - s_1 = -0.2906 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$$

12. Una central carboeléctrica produce  $350 [MW]$  con una eficiencia del  $33 \%$ . Sabiendo que el poder calorífico del carbón es  $28 \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$ , calcule en toneladas, la cantidad de carbón que se consume en un periodo de  $20 [h]$ .

$$m = 2727.3 [ton]$$

13. Suponga que un cilindro-émbolo cerrado y sin fricción que contiene agua ejecuta un ciclo de Carnot. El agua se encuentra al iniciarse el ciclo (estado A) a  $250 [^{\circ}C]$  y tiene una calidad de  $80 \%$ . El agua se expande de manera isotérmica (proceso A – B) hasta que su presión alcanza  $2 [MPa]$  (estado B). Este proceso es seguido por una expansión adiabática (proceso B – C) hasta una temperatura de  $175 [^{\circ}C]$  (estado C). Posteriormente, el agua experimenta una compresión isotérmica (proceso C – D) y finalmente, experimenta una compresión adiabática (proceso D – A). Determine:



- La eficiencia térmica del ciclo
- El calor transferido durante la expansión isotérmica reversible.
- El trabajo asociado con la expansión adiabática reversible.
- El calor transferido durante la compresión isotérmica reversible.
- El trabajo total del ciclo.

$$a) n = 0.1433$$

$$b) q_{23} = 0 [kJ]$$

$$c) w_{23} = -132.0 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$$

$$d) q_{41} = 0 [kJ]$$

$$e) w_{neto} = -84.7 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$$

14. Un recipiente rígido, de paredes adiabáticas, contiene  $5 [kg]$  de un vapor húmedo de agua a  $150 [kPa]$ . Inicialmente tres cuartas partes de agua se encuentran en fase líquida. Un calentador de una resistencia eléctrica colocado en el recipiente se enciende y se mantiene así hasta que todo el líquido se evapora. Determine el cambio de entropía durante el proceso.

$$\Delta S_{12} = 19.243 \left[ \frac{kJ}{K} \right]$$