



TERMODINÁMICA

Departamento de Física
Carreras: Ing. Industrial y Mecánica

Trabajo Práctico N° 7: ENTROPÍA

1) Un cilindro-pistón contiene inicialmente 0.8 kg de O_2 a 100 kPa y $27^\circ C$. Luego es comprimido en un proceso politrópico ($PV^{1.3} = \text{constante}$) hasta la mitad del volumen inicial. Determinar el cambio de entropía del sistema.

R: 0.0370 kJ/K

2) Determine la entropía específica de los siguientes sistemas:

- agua, $P = 2.5 \text{ MPa}$, $T = 400^\circ C$.
- agua, $P = 2.5 \text{ MPa}$, $T = 200^\circ C$.
- agua, $P = 2.5 \text{ MPa}$, $u = 1500 \text{ kJ/kg}$.

3) Calcular la variación de entropía durante la vaporización del agua a 1 bar (líquido saturado a vapor saturado) a partir de datos u , v , P y T obtenidos de la tabla de vapor saturado.

R: 6.056 kJ/kgK.

4) Un bloque de 20 kg de aluminio a $200^\circ C$, se pone en contacto con otro bloque de hierro de 20 kg a $100^\circ C$, en un recipiente aislado térmicamente. Determinar:

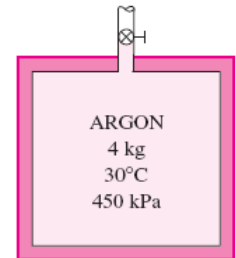
- Temperatura de equilibrio final.
- Cambio de entropía del universo.

Dato: $c_{\text{aluminio}} = 0.233 \text{ kcal/kgK}$, $c_{\text{hierro}} = 0.107 \text{ kcal/kgK}$

R: a) $168.7^\circ C$, b) 0.038 kcal/K .

5) Un tanque rígido aislado contiene 4 kg de gas argón a 450 kPa y $30^\circ C$. Se abre ahora una válvula y se permite a argón escapar hasta que la presión interna cae a 200 kPa. Suponiendo que el argón que queda dentro del tanque ha sufrido un proceso reversible adiabático, determine la masa final en el tanque.

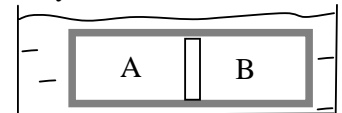
R: 2.46 kg



6) Un cilindro térmicamente aislado, cerrado en ambos extremos, está provisto de un pistón conductor del calor, que lo divide en dos partes. Inicialmente se sujeta el pistón en el centro, quedando a un lado 1 L de aire (gas ideal) a 1 bar y al otro lado 1 L de aire a 2 bar. Todo el sistema está sumergido en un baño de 5 L de agua. La temperatura inicial en cada parte del sistema es de 300 K. Cuando se quitan las trabas, el sistema alcanza el equilibrio. Hallar:

- La presión final de equilibrio.
- La generación de entropía (variación de entropía del universo).

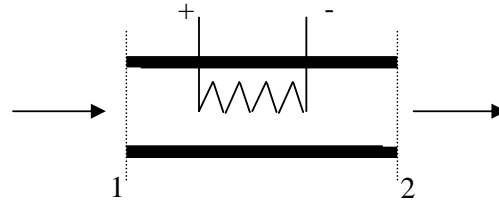
R: a) 1.5 atm, b) 0.0137 cal/K.



7) La Fig. muestra una resistencia eléctrica de 30 ohmios insertada en el interior de una tubería aislada térmicamente, por la cual circula aire. En régimen estacionario, pasa por la resistencia una corriente eléctrica de 15 amperios. El aire entra a la tubería con $T_1 = 15\text{ }^\circ\text{C}$ y sale con $T_2 = 25\text{ }^\circ\text{C}$. Suponiendo circulación isobárica y despreciable la variación de energía cinética, calcular:

- El flujo másico del aire, en kg/s.
- La velocidad de generación de entropía, en kW/K.

R: 0.675 kg/s, b) 0.024 kW/s.



8) 90 kg/s de dióxido de carbono (CO_2 , gas ideal) entra a una tobera a 2.4 bar, $760\text{ }^\circ\text{C}$ y 76 m/s y sale a 0.82 bar y $650\text{ }^\circ\text{C}$.

Asumiendo que la tobera es adiabática y que el medio ambiente está a 1 bar y $18\text{ }^\circ\text{C}$, determine:

- La velocidad del gas a la salida.
- La generación de entropía del proceso, en kW/K.
- Graficar los estados (1) y (2) en el plano T-s.

Datos: $c_{p\text{CO}_2} = 0.846\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, $M_{\text{CO}_2} = 44$

9) En una turbina entra aire a 6 bar y $277\text{ }^\circ\text{C}$ y sale a 1 bar. El flujo másico es 50 kg/min y la potencia de salida es 180 kW. Si el calor cedido al ambiente, que está a $22\text{ }^\circ\text{C}$, es igual a 28.5 kJ/h, obtenga

- La temperatura final en grados Celsius
- La variación de entropía del aire en kJ/kgK.
- La generación de entropía en la región compuesta por la corriente del fluido y la zona de transferencia de calor.

10) Una bomba alimentadora de agua a una caldera, en una planta productora de energía eléctrica, recibe agua líquida a 300 K y 0.01 MPa, elevando su presión hasta 3 MPa.

- Determine el trabajo mínimo requerido si se supone que el proceso es adiabático.
- Represente el proceso en el plano P-v.

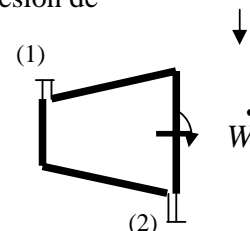
Dato: $v_{\text{agua}} = 0.001\text{ m}^3/\text{kg}$.

R: -3 kJ/kg.

11) Un inventor diseña una turbina adiabática a la que ingresa aire (gas ideal) a 3 bar y $20\text{ }^\circ\text{C}$.

- Si el aire en su paso por la turbina se enfría y sale a 1 bar. Verificar si es posible alcanzar una temperatura de salida de $-80\text{ }^\circ\text{C}$ para el salto de presiones dado.
- Si se realiza otro ensayo con la misma turbina en iguales condiciones iniciales, conociendo que el rendimiento isoentrópico es de 0.8 y la presión de salida es 2 bar, hallar la temperatura final del proceso.

Dato: $c_{p\text{aire}} = 1.005\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$



12) Una turbina aislada térmicamente recibe un $\dot{m} = 3 \text{ kg/s}$ de vapor de agua a 8 MPa y 500 °C. La potencia obtenida en el eje de la turbina es de 3052 kW. La presión del vapor en el escape es de 30 kPa.

Determinar:

- Rendimiento isoentrópico de expansión.
- La entropía generada en el proceso, en kJ/(kg.K).

R: a) 0.90

13) Se comprime refrigerante R 134a adiabáticamente en régimen estacionario desde vapor saturado a -4 °C hasta una presión final de 9 bar. Si el rendimiento isoentrópico del compresor es del 70%, determine:

- la temperatura de salida, en grados Celsius.
- El aumento de temperatura causado por las irreversibilidades, en grados Celsius.
- El trabajo de entrada real, en kJ/kg.
- La generación de entropía en el proceso real, en kJ/kgK.

R: a) 50, b) 10, c) 37.64, d) 0.0353

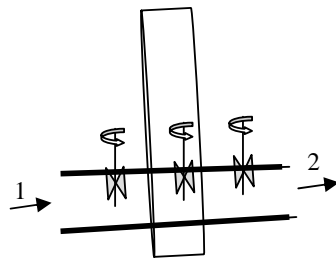
14) Una corriente de aire se puede calentar de 17 °C a 52 °C, en forma isobárica por medio de dos alternativas:

- La temperatura del aire aumentará por medio de la agitación de una serie de ruedas de paletas.
- La temperatura del aire se incrementará a su paso por los tubos interiores de un intercambiador de calor a contracorriente. En el conducto exterior condensará vapor de agua a una presión de 1 bar, desde vapor saturado a líquido saturado.

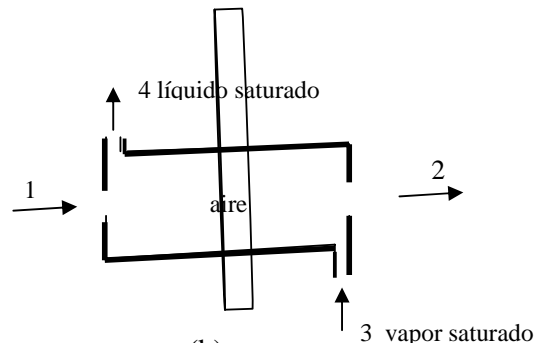
Suponiendo irrelevante el intercambio de calor con el medio en ambos casos, calcular la entropía generada por kg de aire calentado.

Datos: $\lambda_{\text{cond. a 1 bar}} = -2258 \text{ kJ/kg}$, $T_{\text{cond. a 1 bar}} = 99.63 \text{ °C}$.

R: a) 0.114 kJ/kg.K, b) 0.02 kJ/kg.K



(a)



(b)

15) Un flujo de aire que circula por un conducto horizontal aislado térmicamente es objeto de medición en una práctica de laboratorio. Un grupo de estudiantes ha anotado los valores medidos de presión, temperatura y velocidad en dos puntos del conducto a y b.

$$P_a = 0.95 \text{ bar}, T_a = 67 \text{ °C}, c_a = 75 \text{ m/s.}$$

$$P_b = 0.80 \text{ bar}, T_b = 22 \text{ °C}, c_b = 310 \text{ m/s.}$$

Sin embargo, no han tomado nota de la dirección del flujo. Usando los datos disponibles ¿podría establecerse con certidumbre cual es la dirección?

16) Aire a 260 kPa, 747 °C y con una velocidad $C_1 = 80$ m/s, ingresa a una tobera de un motor de reacción y sale de la misma a 85 kPa. El rendimiento isoentrópico de la tobera es del 92 %. Calcular:

- Velocidad de salida.
- Temperatura de salida.

R: a) 722 m/s, b) 490 °C.

17) Tres turbinas de alta presión de vapor de agua (X, Y, Z) se someten a un ensayo. En la admisión de cada turbina se utiliza vapor a 200 bar y 520 °C. Las propiedades del vapor en la salida de cada turbina y el calor perdido al medio exterior por cada una de ellas son:

Turbina	P (bar)	T (°C)	q (kJ/kg)
X	60	360	-16
Y	60	400	-28
Z	60	440	-5

A través de un balance de entropía, si tuviera que comprar una de ellas, ¿por cuál optaría?

18) En una bomba centrífuga entra agua a 1 bar, con una velocidad de 2.6 m/s, a través de una tubería de 22 cm² de sección. El agua sale de la bomba con una presión de 6 bar.

Si la potencia consumida por la bomba es de 4 kW y si no hay intercambio de calor con los alrededores, determinar:

- Rendimiento isoentrópico de la bomba.
- Variación de temperatura del agua.

Rta: a) 0.72, b) 0.047 °C.

19) Vapor de agua saturado a 50 °C, es necesario condensarlo totalmente. Para ello se utiliza un condensador aislado térmicamente. Se usa un $\dot{m} = 101$ kg/s de agua de enfriamiento a 18 °C, proveniente de un lago cercano, saliendo del equipo a 27 °C. Determinar:

- El \dot{m} de vapor condensado.
- Variación de entropía del universo, en kW/K.

R: a) 1.59 kg/s, b) 1.10 kW/K.

20) En una turbina de gas que opera en forma estacionaria, entran al compresor 3895.6 g/s de aire a 0.95 bar y 22 °C y salen a 5.7 bar. Luego el gas ingresa a un intercambiador de calor, calentándose en forma isobárica hasta 827 °C y por último el aire se expande en la turbina hasta la presión atmosférica (0.95 bar). Si el compresor y la turbina son adiabáticos y pueden despreciarse los cambios de energía cinética y potencial en todos los equipos, calcúlese la potencia neta producida por la planta, en MW si:

- El compresor y la turbina operan sin irreversibilidades internas.
- El compresor y la turbina tienen rendimientos isoentrópicos del 82 % y 85 % respectivamente.

R: a) 1 MW, b) 0.56 MW

21) A una turbina adiabática de alta presión, ingresan gases de combustión ($c_p = 0.90$ kJ/kgK y $M = 34$ kg/kmol) a $T_1 = 500$ °C y $P_1 = 40$ bar, saliendo a $T_2 = 300$ °C y $P_2 = 10$ bar. Luego los gases son conducidos a un calentador, donde elevan su temperatura hasta $T_3 = 500$ °C, sin pérdida de presión.

El calor necesario lo proporciona una fuente térmica de $T_{\text{fuente}} = 700$ °C. A continuación los gases entran a una segunda turbina, también adiabática, de baja presión, saliendo a $T_4 = 180$ °C y $P_4 = 1$ bar.

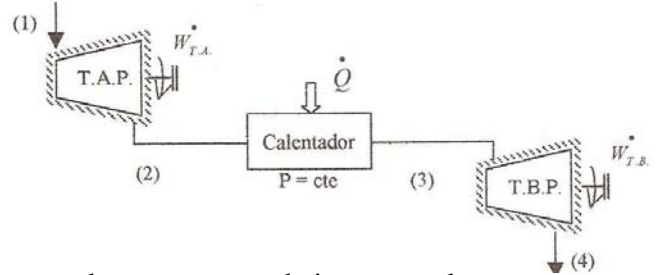
La potencia total obtenida en los ejes de las dos turbinas es de 2 MW. Considerando comportamiento ideal de los gases y c_p constante con la temperatura, calcular:

a) Rendimiento isoentrópico de la turbina de alta presión.

b) Destrucción de exergía, en kW, en:

- i) Turbina de alta presión.
- ii) Calentador.

c) Representar los procesos en el plano T-s.



Datos: $T_0 = 27$ °C y $P_0 = 1$ bar.

22) La Fig. muestra una central térmica de vapor de agua que trabaja en estado estacionario. La turbina suministra la potencia necesaria para accionar la bomba y otra potencia adicional para movilizar un generador. Suponiendo intercambios de calor nulos en la bomba y turbina, y despreciando variaciones de energía cinética y potencial, calcular:

- a) El trabajo consumido por la bomba, en kJ/kg.
- b) El trabajo neto producido por la instalación, en kJ/kg.
- c) Calor recibido por el fluido en la caldera, en kJ/kg.
- d) Representar en el plano T-s.

