



TERMODINÁMICA

Departamento de Física
Carreras: Ing. Industrial y Mecánica

Trabajo Práctico N° 4: PRIMER PRINCIPIO

Lo que se debe aprender a hacer se aprende haciéndolo.

Aristóteles.

1) Se enfría a volumen constante vapor de agua a 2 MPa y 280 °C hasta que la presión alcanza el valor de 0.5 MPa. Determine la energía interna en el estado final y haga un esquema del proceso en un diagrama Pv.

R: 1254.57 kJ/kg

2) Una masa de refrigerante 134^a experimenta un cambio de estado a presión constante desde 3.2 bar y 20 °C hasta un estado final de 0.030 m³/kg. Determine:

a) la variación de energía interna en kJ/kg.

b) la variación de entalpía en kJ/kg.

Represente ambos estados en un diagrama P-v.

R: a) -107.4, b) -117.85

3) Determine la temperatura del vapor de agua en un estado de P = 0.5 MPa y h = 2890 kJ/kg y la temperatura del vapor saturado a la misma presión. Represente ambos estados en un diagrama P-v.

R: 216 °C, 151.86 °C.

4) Responder: a) ¿La relación $\Delta u = m c_v \Delta T$ está restringida sólo a procesos de volumen constante o es posible usarla para cualquier clase de procesos de un gas ideal?

b) En la relación $\Delta U = m c_v \Delta T$, ¿cuál es la unidad correcta para c_v : kJ/kg.°C o kJ/kg.K?

5) Determine el cambio de entalpía Δh del nitrógeno, en kJ/kg, cuando es calentado de 600 a 1000 K, por medio de:

a) La ecuación empírica para el calor específico como una función de la temperatura:

$$c_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{T en K, } c_p \text{ en kJ/kmol.K})$$

Para el nitrógeno: $a = 28.90$, $b = -0.1571 \times 10^{-2}$, $c = 0.8081 \times 10^{-5}$, $d = -2.873 \times 10^{-9}$

b) El valor de c_p a la temperatura promedio

T (K)	c_p (kJ/kg.K)
600	1.075
650	1.086
700	1.098
750	1.110
800	1.121
900	1.145
1000	1.167

c) El valor de c_p a la temperatura ambiente.

R: a) 447.8 kJ/kg, b) 445.6 kJ/kg, c) 415.6 kJ/kg.

6) Determine el cambio de energía interna Δu del hidrógeno, en kJ/kg, cuando es calentado de 300 a 800 K, por medio de:

c) La ecuación empírica para el calor específico como una función de la temperatura:

$$\bar{c}_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{T en K, } \bar{c}_p \text{ en kJ/kmol.K})$$

Para el hidrógeno: $a = 29.11$, $b = -0.1916 \times 10^{-2}$, $c = 0.4003 \times 10^{-5}$, $d = -0.8704 \times 10^{-9}$

d) El valor de c_v a la temperatura promedio

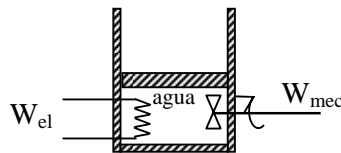
T (K)	C_v (kJ/kg.K)
200	10.183
350	10.302
400	10.352
450	10.377
500	10.389
550	10.405
600	10.422
650	10.447
700	10.480
750	10.521
800	10.570

c) El valor de c_v a la temperatura ambiente.

R: a) 5168.92 kJ/kg, b) 5202 kJ/kg, c) 5091.5 kJ/kg.

7) Un dispositivo cilindro-émbolo aislado térmicamente, contiene 5 L de agua al estado de líquido saturado a 150 kPa. El agua se agita con un agitador de paletas y simultáneamente fluye una corriente eléctrica de 8 A durante 45 min a través de una resistencia colocada en el agua. Si se evapora la mitad del líquido durante este proceso a presión constante y la cantidad de trabajo hecha por el agitador es de 300 kJ, determine el voltaje de la fuente eléctrica.

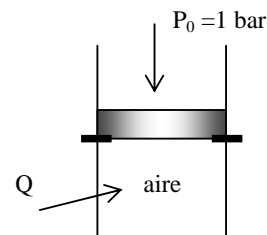
R: 231 V



8) En un mecanismo cilindro-pistón provisto de un juego de topes (sobre los cuales se apoya el pistón), contiene 3 kg de aire a 200 kPa y 27 °C. La masa del pistón es tal que se requiere una presión manométrica de 400 kPa para moverlo. Se entrega calor al aire hasta que su volumen se duplica. Calcular:

- Trabajo realizado por el aire.
- Calor total transferido al aire.

R: a) 644 kJ, b) 3204.5 kJ.



9) Dentro de un mecanismo cilindro-embolo sin rozamiento, hay un resorte R que actúa sobre el émbolo, oponiéndose a su avance con una fuerza constante de 227 kgf. El cilindro contiene 0,045 kg de aire ocupando un $V_1 = 0.014 \text{ m}^3$ y a una temperatura $T_1 = 28^\circ \text{C}$ la presión del medio exterior es de 1.013 bar.

Al dispositivo se le suministra calor de una fuente externa, hasta que el volumen y la temperatura absoluta se duplican. El diámetro del émbolo es de 12.7cm.

Hallar:

- El incremento de la energía almacenada en el resorte, en kJ.
- El trabajo realizado contra la atmósfera, en kJ.
- El calor entregado por la fuente externa, en kJ.

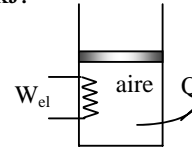


R: a) 2.458 kJ; b) 1.418 kJ; c) 13.51 kJ.

10) Se calienta una masa de 15 kg de aire, contenida en un dispositivo cilindro-pistón, desde 25°C hasta 77°C , haciendo pasar una corriente a través de un calentador de resistencia. Durante el proceso se mantiene constante la presión dentro del cilindro en 300 kPa y se presenta una pérdida de calor hacia el entorno de 60 kJ.

Determinar la energía eléctrica consumida, en kWh.

R: 0.233 kWh.



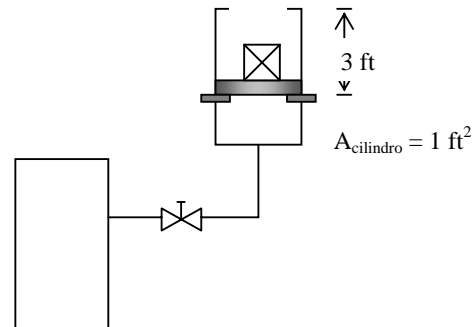
11) En la Fig. se representa un elevador neumático. Inicialmente con la válvula cerrada, en el tanque de 10 pie^3 de capacidad hay aire a 80°F y 100 psia. En el cilindro hay aire a 1 atm y 60°F con un volumen $V_1 = 0.5 \text{ pie}^3$.

Cuando se requiere elevar el pistón más la carga, se abre la válvula, ingresando aire al interior del cilindro. Cuando la presión en el interior del cilindro llega a 50 psia, el pistón empieza a moverse hasta que hace tope con el rebaje de la parte superior del cilindro. En ese momento, el pistón y su carga se detiene, pero el pasaje de aire al interior del cilindro continua, hasta llegar al equilibrio de presión. Gracias al suministro de calor de una fuente externa, el aire alcanza una temperatura final de 60°F .

Calcular:

- La presión final.
- La cantidad de calor recibida por el aire.

R: a) 71.80 psia, b) 10.30 BTU.



12) Un cilindro cerrado conteniendo aire en sus dos extremos, esta dividido en dos partes A y B,

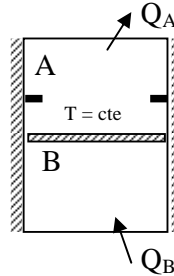
por un pistón adiabático. Las paredes laterales del cilindro están aisladas térmicamente, en cambio las tapas del cilindro son diatermas. Con el pistón en la posición (1), se conoce:

$$V_{A1} = V_{B1} = 0,05 \text{ m}^3, T_{A1} = T_{B1} = 15^\circ\text{C}, n_B = 6 \text{ mol.}$$

El gas en B recibe 83,68 kJ en forma de calor, mientras que el gas en A mantiene su temperatura constante en todo momento.

Calcular las presiones finales P_{A2} y P_{B2} , teniendo presente que existen unas trabas en A que impiden que el volumen sea inferior a $0,03 \text{ m}^3$. La masa del pistón es de 432,20 kg y el área del mismo es de $12,5 \text{ dm}^2$.

Rta: $P_{A2} = 4,17 \text{ atm}$; $P_{B2} = 6,35 \text{ atm}$.

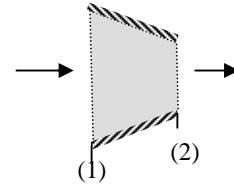


13) A una tobera aislada ingresa un cierto caudal masa de aire a 300 kPa y 200°C , con una velocidad de 30 m/s y egresa a 100 kPa y 180 m/s. El área de entrada de la tobera es de 80 cm^2 .

Determinar:

- Caudal masa de aire circulante, en kg/s.
- Temperatura a la salida.
- Área de salida, en cm^2 .

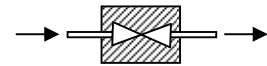
R: a) 0.531 kg/s, b) 184.30°C , c) 38.6 cm^2 .



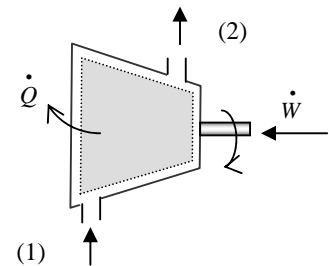
14) Vapor de agua entra a una válvula aislada a 4 MPa y sale a 0.006 MPa y 80°C .

Calcular la densidad del vapor en la entrada, suponiendo flujo continuo en régimen estacionario y energía cinética y potencial despreciables en (1) y (2).

R: 21.98 kg/m^3



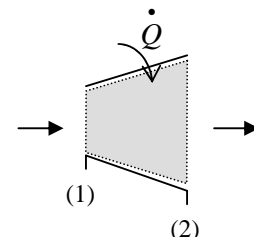
15) El aire entra a un compresor a una presión de 1 bar, a una temperatura de 290 K y a una velocidad de 6 m/s, a través de una sección de 0.1 m^2 . En la salida la presión es de 7 bar, la temperatura de 450 K y la velocidad de 2 m/s. Se transfiere calor del compresor al medio ambiente con una velocidad de 180 kJ/min. Calcule la potencia consumida por el compresor, en hp.



16) Refrigerante 134a entra a un difusor no aislado, como vapor saturado a 7 bar, con una velocidad de 140 m/s y sale a 8 bar y 40°C . El refrigerante recibe calor del medio exterior a razón de 3 kJ/s cuando fluye a través del difusor. Si el área de salida es un 80 % más grande que el área de entrada, calcular:

- Velocidad de salida, en m/s.
- Caudal masa del refrigerante.

R: a) 71.67 m/s, b) 0.655 kg/s.



17) Vapor de agua fluye a través de una turbina aislada. Las condiciones de entrada y salida son:

$$P_1 = 100 \text{ bar}, \quad T_1 = 440 \text{ }^\circ\text{C}, \quad C_1 = 80 \text{ m/s}$$

$$P_2 = 0.1 \text{ bar}, \quad C_2 = 50 \text{ m/s}, \quad x_2 = 0.92$$

El flujo másico del fluido es $\dot{m} = 12 \text{ kg/s}$

Determinar:

a) Δe_c , en kJ/kg

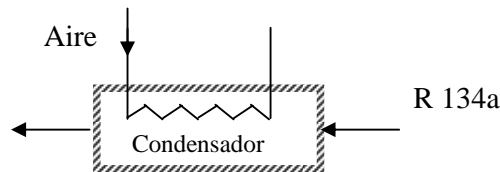
b) Potencia entregada por el eje de la turbina, en MW.

c) La sección de entrada, en m^2 .

R: a) -1.95 kJ/kg ; b) 10.195 MW ; c) 0.00446 m^2 .

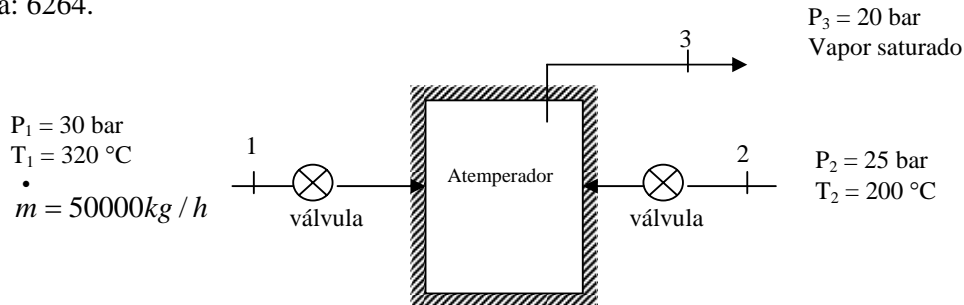
18) Refrigerante 134a, a 1 MPa y $80 \text{ }^\circ\text{C}$, es enfriado a $P = \text{cte}$ hasta $30 \text{ }^\circ\text{C}$ en un condensador por medio de una corriente de aire. El aire entra a 100 kPa y $27 \text{ }^\circ\text{C}$ y sale a 100 kPa y $60 \text{ }^\circ\text{C}$. El caudal volumétrico del aire en la entrada es de $\dot{V} = 800 \text{ m}^3/\text{min}$. Determinar el caudal masa del refrigerante.

R: 136 kg/min .



19) Un flujo de vapor de $50\,000 \text{ kg/h}$ entra a un atemperador a 30 bar y $320 \text{ }^\circ\text{C}$. En este equipo el vapor se enfría hasta vapor saturado a 20 bar en un proceso de mezcla con agua líquida a 25 bar y $200 \text{ }^\circ\text{C}$. La transferencia de calor entre el atemperador y su entorno y las variaciones de energía cinética y potencial pueden despreciarse. Para la operación en estado estacionario, determínese el flujo másico de agua, en kg/h .

Rta: 6264 .



20) Una turbina adiabática opera en situación estacionaria tal como muestra la Figura. El vapor entra a 3 MPa y $400 \text{ }^\circ\text{C}$ con un flujo volumétrico de $85 \text{ m}^3/\text{min}$. Parte del vapor se extrae de la turbina a una presión de 5 bar y una temperatura de $180 \text{ }^\circ\text{C}$. El

resto se expande hasta una presión de 0.06 bar y abandona la turbina con un flujo másico de 40000 kg/h y título del 90 %.

Las variaciones de energía cinética y potencial pueden despreciarse. Calcúlese:

- El diámetro, en m, del conducto por el que se extrae el vapor, si su velocidad es de 20 m/s.
- La potencia desarrollada, en kW.

Rta: a) 0.284; b) 11371.

