

JUEVES 7 DE JUNIO DEL 2018

08:00 h, SEM 2018-2

Nombre del alumno: _____ Firma: _____

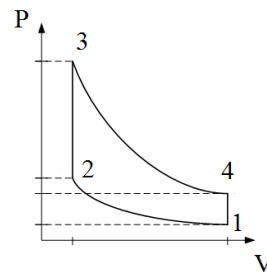
Instrucciones: Lea cuidadosamente los seis problemas que se ofrecen y resuelva cinco en dos horas. Se permite la consulta de cualquier documento propio. **Se prohíbe el uso de cualquier otro dispositivo que no sea la calculadora.**

1. Un fluido se encuentra contenido en un cilindro pistón como el que se muestra en la figura, donde el pistón tiene un radio de 10.5 [cm], posee una masa de 20 [kg] y está en equilibrio. Si el dispositivo se encuentra al nivel del mar ($P_{\text{atm}} = 760$ [mmHg]), determine la presión absoluta de dicho fluido.



2. Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene inicialmente 1.4 [kg] de agua líquida saturada a 200 [°C]. Se transmite calor al agua, hasta que se alcanza 10 veces el volumen inicial y el vapor sólo contiene vapor saturado. Determine la temperatura final del proceso y el cambio de energía interna del agua.
3. En un ciclo, como el que se muestra en la figura, se tienen dos procesos isométricos y dos adiabáticos, todos ellos reversibles. Se sabe para el ciclo, que utiliza aire y que en el estado 1, éste se encuentra a 101.365 [kPa] y 294 [K]. Durante el proceso isométrico, que ocurre entre el estado 2 y el 3, el fluido recibe en forma de calor 800 [kJ] por cada kilogramo y se sabe que $V_1/V_2 = 8$. Determine las propiedades en cada estado mostradas en la tabla.

estado	P [kPa]	v [m ³ /kg]	T [K]
1	101.35		294
2			
3			
4			

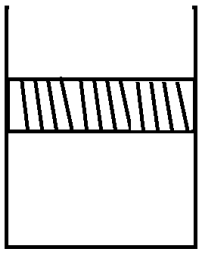


Considere para el aire

$$\text{aire: } \{R = 286.7 [J / (kg \cdot K)], c_v = 717 [J / (kg \cdot K)], c_p = 1003.7 [J / (kg \cdot K)], k = 1.4, M = 29 [g / mol]\}$$

4. Para el ciclo del problema anterior, determine la eficiencia del mismo.
5. En una turbina adiabática se expande refrigerante 134a desde 1.2 [MPa] y 100 [°C] hasta 0.18 [MPa] y 50 [°C]. Si el flujo másico en la misma es 1.25 [kg/s], determine la potencia desarrollada por la turbina.
6. 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 líquido 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 $\Delta S = 12.034$ [J/K] y en el tercero $\Delta S = 13.136$ [J/K]. Considerando que el experimento se hace a nivel del mar y que para el agua: $h_{\text{fus}} = 333$ [kJ/kg], $c_{\text{hielo}} = 2220$ [J/(kg·°C)], $c_{\text{líquido}} = 4186$ [J/(kg·°C)], determine:
- El cambio total de entropía del hielo.
 - Los valores de las temperaturas X y Z en [°C].

1.



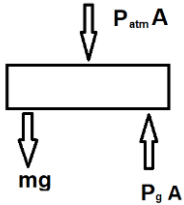
$$r = 10.5 [cm]$$

$$m = 20 [kg]$$

$$P_{atm} = 760 [mmHg]$$

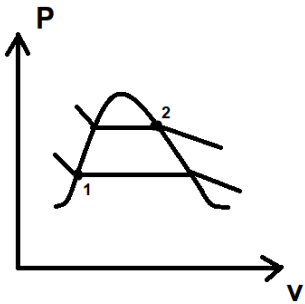
$$P_{atm} = \rho_{Hg} g h_{bar} = \left(13600 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \right) \left(9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \right) (0.76 [m]) = 101396.16 [Pa]$$

$$\Sigma F = 0; \quad P_{atm} A + mg - P_g A = 0$$



$$P_g = P_{atm} + \frac{mg}{A} = P_{atm} + \frac{mg}{\pi r^2} = 101396.16 [Pa] + \frac{(20 [kg]) \left(9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \right)}{\pi (0.105 [m])^2} = \underline{107060.78 [Pa]}$$

2.



$$m = 1.4 [kg]$$

$$x_1 = 0$$

$$T_1 = 200 [^{\circ}C]$$

$${}_1Q_2 > 0$$

$$v_2 = 10v_1$$

$$x_2 = 1$$

$$\text{En 1: } T_1 = 200 [^{\circ}C], v_1 = v_{f1} = 0.001157 \left[\frac{m^3}{kg} \right], u_1 = u_{f1} = 850.46 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$\text{En 2: } v_2 = 10v_1 = 0.01157 \left[\frac{m^3}{kg} \right] = v_{g2}$$

$T [^{\circ}C]$	$v_g \left[\frac{m^3}{kg} \right]$	$u_g \left[\frac{kJ}{kg} \right]$
335	0.011848	2483
T_2	0.01157	u_2
340	0.010783	2464.5

$$\text{Interpolando: } \frac{(340 - 335) [^{\circ}C]}{(0.010783 - 0.011848) \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = \frac{(T_2 - 335) [^{\circ}C]}{(0.01157 - 0.011848) \left[\frac{m^3}{kg} \right]}; T_2 = 331.084 [^{\circ}C]$$

$$\text{Interpolando: } \frac{(2464.5 - 2483) \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{(0.010783 - 0.011848) \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = \frac{(u_2 - 2483) \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{(0.01157 - 0.011848) \left[\frac{m^3}{kg} \right]}; u_2 = 2478.17 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$\text{Entonces: } T_2 = 331.084 [^{\circ}C]$$

$$\Delta U_{12} = m \Delta u_{12} = (1.4 [kg]) (2478.17 - 850.46) \left[\frac{kJ}{kg} \right] = \underline{2278.79 [kJ]}$$

3.

$$P_1 v_1 = RT_1; \quad v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{\left(286.7 \left[\frac{J}{kg} \right] \right) (294 [K])}{(101350 [Pa])} = 0.8317 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$v_2 = \frac{1}{8}v_1 = 0.104 \left[\frac{m^3}{kg} \right] = v_3$$

estado	P [kPa]	v $\left[\frac{m^3}{kg} \right]$	T [K]
1	101.35	0.8317	294
2	1862.73	0.104	675.7
3	4938.57	0.104	1791.46
4	268.705	0.8317	779.5

Para el proceso adiabático de 1 a 2:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k; \quad P_2 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k = (101350 [Pa]) (8)^{1.4} = 1862.729 [kPa]$$

$$P_2 v_2 = RT_2; \quad T_2 = \frac{P_2 v_2}{R} = \frac{(1862.729 \times 10^3 [Pa]) (0.104 \left[\frac{m^3}{kg} \right])}{286.7 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]} = 675.7 [K]$$

$${}_2q_3 + {}_2w_3 = \Delta u_{23}; \quad {}_2q_3 = c_v (\Delta T_{23}); \quad \Delta T_{23} = \frac{{}_2q_3}{c_v}$$

$$\Delta T_{23} = \frac{800 \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{0.717 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]} = 1115.76 [K]; \quad T_3 = (675.7 + 1115.76) [K] = 1791.46 [K]$$

$$P_3 v_3 = RT_3; \quad P_3 = \frac{RT_3}{v_3} = \frac{(286.7 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]) (1791.46 [K])}{0.104 \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = 4938.573 [kPa]$$

Para el proceso adiabático de 3 a 4:

$$\frac{P_4}{P_3} = \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^k; \quad P_4 = P_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^k = (4938.57 [kPa]) \left(\frac{1}{8} \right)^{1.4} = 268.705 [kPa]$$

$$P_4 v_4 = RT_4; \quad T_4 = \frac{P_4 v_4}{R} = \frac{(268.705 \times 10^3 [Pa]) (0.8317 \left[\frac{m^3}{kg} \right])}{286.7 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]} = 779.5 [K]$$

4.

$$\eta = \frac{w_{neto}}{q_{sum}}; \quad q_{sum} = {}_2q_3; \quad w_{neto} = {}_1w_2 + {}_3w_4$$

$${}_1w_2 = \frac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{k-1} = \frac{(1862.73 [kPa]) (0.104 \left[\frac{m^3}{kg} \right]) - (101.35 [kPa]) (0.8317 \left[\frac{m^3}{kg} \right])}{1.4-1} = 273.578 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$${}_3w_4 = \frac{P_4 v_4 - P_3 v_3}{k-1} = \frac{(268.705 [kPa]) (0.8317 \left[\frac{m^3}{kg} \right]) - (4938.57 [kPa]) (0.104 \left[\frac{m^3}{kg} \right])}{1.4-1} = -725.32 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$w_{neto} = -451.74 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad \eta = \frac{451.74 \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{800 \left[\frac{kJ}{kg} \right]} = 0.565$$

O bien:

$$q_{ciclo} + w_{neto} = {}_2q_3 + {}_4q_1 = 0 \quad {}_4q_1 + {}_4w_1 = \Delta u_{41}$$

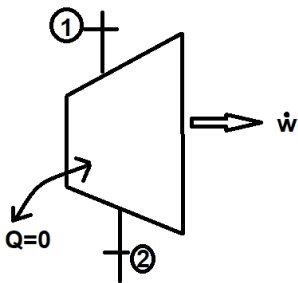
$${}_4q_1 = c_v \Delta T_{41} = \left(0.717 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right] \right) (294 - 779.5) [K] = -348.1 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$q_{ciclo} = \left(800 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \right) + \left(-348.1 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \right) = 451.9 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$w_{neto} = -q_{ciclo} = -451.9 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$\eta = \frac{451.9 \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{800 \left[\frac{kJ}{kg} \right]} = 0.565$$

5.



Sistema abierto:

$$P_1 = 1.2 [MPa] \quad P_2 = 0.18 [MPa]$$

$$T_1 = 100 [^{\circ}C] \quad T_2 = 50 [^{\circ}C]$$

$$\dot{m} = 1.25 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

Balance de masa: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Balance de energía: ${}_1\dot{Q}_2 + {}_1\dot{W}_2 = \dot{m} [\Delta e_c + \Delta e_p + \Delta h]_{12}; \quad {}_1\dot{Q}_2 = 0$

$$\Delta e_c = 0; \quad \Delta e_p = 0; \quad {}_1W_2 = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

De tablas para el R134a

En 1: $P_1 = 1.2 [MPa] = 1200 [kPa] \rightarrow T_{sat} = 46.29 [^{\circ}C]$

Como $T_{sat} < T_1 \rightarrow$ el estado 1 es vapor sobrecalentado; $h_1 = 332.74 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$

En 2: $P_2 = 0.18 [MPa] = 180 [kPa] \rightarrow T_{sat} = -13.73 [^{\circ}C]$

Como $T_{sat} < T_1 \rightarrow$ el estado 2 es vapor sobrecalentado; $h_2 = 297 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$

Entonces:

$${}_1\dot{W}_2 = \left(1.25 \left[\frac{kg}{s} \right] \right) (297 - 332.74) \left[\frac{kJ}{kg} \right] = -44.675 [kW]$$

6.

$$m = 0.036 [kg]$$

$$a) \quad \Delta S_{14} = \int_1^4 \frac{\delta Q}{T}; \quad \Delta S_{14} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \int_2^3 \frac{\delta Q}{T} + \int_3^4 \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S_{23} = \int_2^3 \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T_{fus}} \int_2^3 \delta Q = \frac{m h_{fus}}{T_{fus}} = \frac{(0.036 [kg]) (333 \times 10^3 \left[\frac{J}{kg} \right])}{273.15 [K]} = 43.888 \left[\frac{J}{K} \right]$$

Entonces:

$$\Delta S_{14} = (12.034 [J/K]) + (43.888 [J/K]) + (13.136 [J/K]) = \underline{69.058 [J/K]}$$

$$b) \Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_2^3 \frac{mc_H dT}{T} = mc_H \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right); \quad T_2 = T_{fus} = 273.15 [K]$$

$$\Delta S_{12} = mc_H \ln \left(\frac{T_{fus}}{x} \right); \quad x = \frac{T_{fus}}{e^{\frac{\Delta S_{12}}{mc_H}}} = \frac{273.15 [K]}{e^{\frac{12.034 [J/K]}{(0.036 [kg]) (2220 [J/kgK])}}} = 234.967 [K] = \underline{-38.18 [^{\circ}C]}$$

En forma análoga:

$$\Delta S_{34} = mc_L \ln \left(\frac{T_4}{T_3} \right) = mc_L \ln \left(\frac{z}{T_{fus}} \right); \quad z = T_{fus} e^{\frac{\Delta S_{34}}{mc_L}}; \quad T_4 = z; \quad T_3 = T_{fus} = 273.15 [K]$$

$$z = (273.15 [K]) e^{\frac{13.136 [J/K]}{(0.036 [kg]) (4188 [J/kgK])}} = 298.016 [K] = \underline{24.87 [^{\circ}C]}$$