



Tipo
John Ericsson (1803 - 1889)

Resolución

1. En una instalación hidráulica, el agua fluye a través de un ducto de 3 [cm] de diámetro con una rapidez de 0.65 [m/s]; a la salida del ducto existe una boquilla de 0.3 [cm] de diámetro. Si la boquilla, descarga el agua a las condiciones del Distrito Federal ($P_{\text{abs}} = 77 \text{ [kPa]}$, $g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$), determine:

- La rapidez del agua cuando sale de la boquilla.
- Si una bomba, situada en el extremo antes de la entrada al ducto, y la boquilla tienen la misma altura, ¿cuál es la presión del fluido en la salida de la bomba?

a) Sistema termodinámico: agua entre la salida de la bomba y la boquilla; sistema abierto; sea el punto 1 la salida de la bomba y 2 la salida de la boquilla.

Como no hay acumulación: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$; $\dot{m} = \rho v A$; $\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$
como es un líquido incompresible: $\rho_1 = \rho_2$, por lo tanto $v_1 A_1 = v_2 A_2$

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2}, \text{ donde } A = \frac{1}{4} \pi d^2; \quad v_2 = v_1 \frac{\frac{1}{4} \pi d_1^2}{\frac{1}{4} \pi d_2^2}$$

$$v_2 = v_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} = (0.65 \frac{\text{[m]}}{\text{[s]}}) \left(\frac{3 \text{ [cm]}}{0.3 \text{ [cm]}} \right)^2, \quad v_2 = 65 \frac{\text{[m]}}{\text{[s]}}$$

b) Con base en la ecuación de Bernoulli, tenemos que: $\frac{1}{2} v_1^2 \rho_1 + \rho_1 g z_1 + P_1 = \frac{1}{2} v_2^2 \rho_2 + \rho_2 g z_2 + P_2$

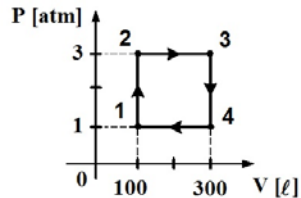
como $\rho_1 = \rho_2$, entonces $P_1 = P_2 + \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) \rho + g (z_2 - z_1) \rho$;

por otra parte: $z_2 = z_1$, $P_1 = P_2 + \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) \rho$

$$P_1 = (77 \text{ 000 [Pa]}) + \frac{1}{2} \left((65 \frac{\text{[m]}}{\text{[s]}})^2 - (0.65 \frac{\text{[m]}}{\text{[s]}})^2 \right) (10^3 \frac{\text{[kg]}}{\text{[m}^3\text{]}}), \quad P_1 = 2 \text{ 189. 289 [kPa]}$$

2. Una máquina térmica que utiliza aire, sigue el ciclo mostrado en la figura. Si la temperatura en el estado 1 es 200 [K] y la sustancia de trabajo se puede considerar como gas ideal, determine:

- Las temperaturas en los otros tres estados del ciclo.
- La variación de entropía específica del estado inicial (1) al estado con la temperatura máxima.



$$T_1 = 200 \text{ [K]}, \quad P_1 = 1 \text{ atm} = 101 \text{ 325 [Pa]}, \quad V_1 = 100 \text{ [l]} = 0.1 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$P_1 V_1 = m R T_1, \quad m R = \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{(101 \text{ 325 [Pa]})(0.1 \text{ [m}^3\text{]})}{200 \text{ [K]}} = 50.6625 \frac{\text{[Pa} \cdot \text{m}^3\text{]}}{\text{[K]}}$$

$$P_2 V_2 = m R T_2, \quad T_2 = \frac{V_2 P_2}{m R} = \frac{(3)(101 \text{ 325 [Pa]})(0.1 \text{ [m}^3\text{]})}{50.6625 \frac{\text{[Pa} \cdot \text{m}^3\text{]}}{\text{[K]}}}, \quad T_2 = 600 \text{ [K]}$$

$$T_3 = \frac{V_3 P_3}{m R} = \frac{(3)(101 \text{ 325 [Pa]})(0.3 \text{ [m}^3\text{]})}{50.6625 \frac{\text{[Pa} \cdot \text{m}^3\text{]}}{\text{[K]}}}, \quad T_3 = 1800 \text{ [K]}$$

$$T_4 = \frac{V_4 P_4}{m R} = \frac{(101 \text{ 325 [Pa]})(0.3 \text{ [m}^3\text{]})}{50.6625 \frac{\text{[Pa} \cdot \text{m}^3\text{]}}{\text{[K]}}}, \quad T_4 = 600 \text{ [K]}$$

$$b) \Delta s_{13} = c_v \ln \frac{T_3}{T_1} + R \ln \frac{V_3}{V_1} = \left(717.3 \frac{\text{[J]}}{\text{[kg} \cdot \text{K]}} \right) \ln \frac{1800 \text{ [K]}}{200 \text{ [K]}} + \left(286.7 \frac{\text{[J]}}{\text{[kg} \cdot \text{K]}} \right) \ln \frac{300 \text{ [l]}}{100 \text{ [l]}}$$

$$\Delta s_{13} = 1891.0413 \frac{\text{[J]}}{\text{[kg} \cdot \text{K]}}$$

3. Una máquina de vapor recibe vapor sobrecalentado a 270 [°C] y descarga de su cilindro vapor saturado a 50 [°C] a sus alrededores. Si su eficiencia es del 32%, determine:

- La eficiencia teórica máxima que se podría lograr.
- Si la potencia de salida útil del motor que emplea dicho ciclo es 200 [kW], ¿cuánto calor en cada unidad de tiempo transfiere la máquina a sus alrededores?
- ¿Cuál es la variación de entropía en un minuto del depósito de temperatura baja?

$$T_A = 270 \text{ [}^\circ\text{C]} = 543.15 \text{ [K]}; \quad T_B = 50 \text{ [}^\circ\text{C]} = 323.15 \text{ [K]}$$

$$a) \text{ Eficiencia máxima teórica: } \eta_t = 1 - \frac{T_B}{T_A} = 1 - \frac{323.15 \text{ [K]}}{543.15 \text{ [K]}}, \quad \eta_t = 0.405 \text{ [1]}$$

$$b) \dot{W} = 200 \text{ [kW]}, \quad \dot{Q}_A = \dot{W} + \dot{Q}_B, \quad \eta = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_A}, \quad \dot{Q}_A = \frac{\dot{W}}{\eta}$$

$$\dot{Q}_A = \frac{200 \text{ [kW]}}{0.32} = 625 \text{ [kW]}, \quad \dot{Q}_B = \dot{Q}_A - \dot{W} = (625 - 200) \text{ [kW]} \quad \dot{Q}_B = 425 \text{ [kW]}$$

$$c) \Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T_B} \int \delta Q = \frac{Q_B}{T_B}, \quad Q_B = \dot{Q}_B \Delta t = (425 \times 10^3 \text{ [W]})(60 \text{ [s]}) \quad Q_B = 25.5 \text{ [MJ]}$$

$$\Delta S = \frac{25.5 \times 10^6 \text{ [J]}}{323.15 \text{ [K]}}, \quad \Delta S = 78 \text{ 910. 7226 } \frac{\text{[J]}}{\text{[K]}}$$

4. Se introduce un bloque de 900 [g] de cobre a 100 [°C] en el interior de un calorímetro de capacidad térmica despreciable que contiene 0.8 [l] de agua líquida a 0 [°C]. Determine la variación de entropía del agua sabiendo que el experimento se realiza a nivel del mar.

Sistema termodinámico: agua y cobre dentro del recipiente aislado; sistema aislado.
masa del cobre = $m_C = 900 \text{ [g]} = 0.9 \text{ [kg]}$;
temperatura inicial del cobre = $T_{iC} = 100 \text{ [}^\circ\text{C]} = 373.15 \text{ [K]}$;

volumen de agua = $V_a = 0.8 \text{ [l]} = 0.0008 \text{ [m}^3\text{]}$;

temperatura inicial del agua = $T_{ia} = 0 \text{ [}^\circ\text{C]} = 273.15 \text{ [K]}$;

masa de agua = $m_a = \rho_a V_a = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0.0008 \text{ [m}^3\text{)}) = 0.8 \text{ [kg]}$,

balance de energía para el sistema aislado: $Q_a + Q_c = 0$

$$m_a c_a (T_{eq} - T_{ia}) + m_c c_c (T_{eq} - T_{ic}) = 0; \quad T_{eq} = \frac{m_a c_a T_{ia} + m_c c_c T_{ic}}{m_a c_a + m_c c_c}$$

$$T_{eq} = \frac{(2[\text{kg}]) \left(4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) (0 \text{ [}^\circ\text{C]}) + (0.9[\text{kg}]) \left(390 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) (100 \text{ [}^\circ\text{C]})}{(0.8[\text{kg}]) \left(4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) + (0.9[\text{kg}]) \left(390 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)} = \frac{35100}{3699.8} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$T_{eq} = 9.487 \text{ [}^\circ\text{C]} = 282.637 \text{ [K]};$$

para el cálculo de la variación de entropía del agua, tenemos: $\Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$

$$\delta Q = m_a c_a dT, \quad \Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{m_a c_a dT}{T} = m_a c_a \int_1^2 \frac{dT}{T} = m_a c_a \ln \frac{T_{eq}}{T_{ia}}$$

$$\Delta S_{12} = (0.8[\text{kg}]) \left(4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) \ln \frac{282.637 \text{ [K]}}{273.15 \text{ [K]}} \quad \Delta S_{12} = 114.3357 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

5. Una máquina, utiliza el ciclo de Brayton ideal. Se le suministra aire al compresor a una presión (P_1) de 1 [bar] y a una temperatura (T_1) de 27 [°C]. Si la relación de presiones es 12 y a la entrada de la turbina la temperatura del aire (T_3) es 850 [°C], determine:

a) Las propiedades termodinámicas, para el aire, que faltan en la tabla.

estado	P [kPa]	T [K]	v [m ³ /kg]
1	100	300.15	0.8605
2			
3		1 123.15	0.2683
4			

b) El trabajo neto, asociado a cada unidad de masa, del ciclo.

$$P_1 = 100 \text{ 000 [Pa]} = P_4; \quad T_1 = 27 \text{ [}^\circ\text{C]} = 300.15 \text{ [K]}; \quad r_p = 12$$

$$T_3 = 820 \text{ [}^\circ\text{C]} = 1123.15 \text{ [K]}; \quad P_2 = P_3; \quad r_p = \frac{P_2}{P_1} \quad P_2 = r_p P_1$$

$$P_2 = (12)(100 \text{ [kPa]}) = 1 \text{ 200 [kPa]};$$

para el proceso adiabático de 1 a 2, tenemos: $\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{T_1}{T_2}$

$$T_2 = \frac{T_1}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}} = \frac{300.15 \text{ [K]}}{\left(\frac{1200 \text{ [kPa]}}{100 \text{ [kPa]}}\right)^{\frac{1}{1.4-1}}} = 610.4862 \text{ [K]}$$

$$P_2 v_2 = RT_2$$

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{\left(286.7 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right) (610.4862 \text{ [K]})}{1200 \times 10^3 \text{ [Pa]}} = 0.1459 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}};$$

para el proceso adiabático de 3 a 4, tenemos: $\left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{T_3}{T_4}$

$$T_4 = \frac{T_3}{\left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}} = \frac{1123.15 \text{ [K]}}{\left(\frac{100 \text{ [kPa]}}{1200 \text{ [kPa]}}\right)^{\frac{1}{1.4-1}}} = 552.2049 \text{ [K]}$$

$$P_4 v_4 = RT_4$$

$$v_4 = \frac{RT_4}{P_4} = \frac{\left(286.7 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right) (552.2049 \text{ [K]})}{100 \times 10^3 \text{ [Pa]}} = 1.5832 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

entonces:

estado	P [kPa]	T [K]	v [m ³ /kg]
1	100	300.15	0.8605
2	1 200	610.49	0.1459
3	1 200	1 123.15	0.2683
4	100	552.20	1.5832

$$b) q_{sum} = c_p (T_3 - T_2) = \left(1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right) (1123.15 - 610.49) \text{ [K]} = 514 \text{ 710.64} \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$q_{ced} = c_p (T_1 - T_4) = \left(1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right) (300.15 - 552.2) \text{ [K]} = -253 \text{ 058.2} \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

para un ciclo termodinámico: $w_{neto} + q_{sum} + q_{ced} = 0$, de donde: $w_{neto} = -q_{sum} - q_{ced}$

$$w_{neto} = -\left(514 \text{ 710.64} \frac{\text{J}}{\text{kg}}\right) - \left(-253 \text{ 058.2} \frac{\text{J}}{\text{kg}}\right), \quad w_{neto} = -261 \text{ 652.44} \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

6. Con el equipo de la práctica de laboratorio del ciclo de refrigeración por compresión de un vapor, el cual se muestra en la figura, unos estudiantes obtuvieron los datos que se muestran en la tabla. El equipo tiene un rendimiento (COP) de 4 y el calor asociado a su evaporador fue de 100 464 [J]. Sabiendo que las temperaturas iniciales del agua en las cubetas del evaporador como del condensador fueron diferentes, determine el valor de cada una en [°C].



En el evaporador:	En el condensador:
$T_{inicial} = ?$	$T_{inicial} = ?$
$T_{final} = 12 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{final} = 33 \text{ [}^\circ\text{C]}$
$m = 3 \text{ [kg]}$	$m = 3 \text{ [kg]}$

$$Q_{evap} = 100 \text{ 464 [J]}$$

Para el agua en la cubeta del evaporador: $Q_{evap} < 0$

$$Q_{\text{evap}} = m_a c_a (T_f - T_i), T_i = T_f - \frac{Q_{\text{evap}}}{m_a c_a} = 12 \text{ [}^\circ\text{C]} - \frac{-100\,464 \text{ [J]}}{(3 \text{ [kg]}) \left(4186 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \right)},$$

para el agua en la cubeta del evaporador: $T_i = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$$\beta = \frac{Q_{\text{evap}}}{W_{\text{comp}}}, W_{\text{comp}} = \frac{Q_{\text{evap}}}{\beta}; \quad \text{para el refrigerante: } Q_{\text{evap}} > 0 \quad \text{y} \quad W_{\text{comp}} > 0$$

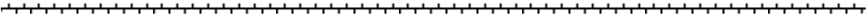
$$W_{\text{comp}} = \frac{100\,464 \text{ [J]}}{4} = 25\,116 \text{ [J]}; \quad \text{para el ciclo: } W_{\text{comp}} + Q_{\text{evap}} + Q_{\text{cond}} = 0$$

$$Q_{\text{cond}} = -W_{\text{comp}} - Q_{\text{evap}} = -(25\,116 \text{ [J]}) - (100\,464 \text{ [J]}) = -125\,580 \text{ [J]}$$

para el agua en la cubeta del condensador: $Q_{\text{cond}} > 0; \quad Q_{\text{cond}} = m_a c_a (T_f - T_i)$

$$T_i = T_f - \frac{Q_{\text{cond}}}{m_a c_a} = 33 \text{ [}^\circ\text{C]} - \frac{-125\,580 \text{ [J]}}{(3 \text{ [kg]}) \left(4186 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \right)},$$

para el agua en la cubeta del condensador: $T_i = 23 \text{ [}^\circ\text{C]}$



Tipo
Jean Charles Athanase Peltier (1785 – 1845)

Solución:

1. a) $v_2 = 85 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]; \quad \text{b) } P_1 = 3\,689.139 \text{ [kPa]}$

2. a) $T_2 = 900 \text{ [K]}, \quad T_3 = 2\,700 \text{ [K]}, \quad T_4 = 900 \text{ [K]}; \quad \text{b) } \Delta S_{13} = 1891.0413 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$

3. a) $\eta_t = 0.3907 \text{ [1]}; \quad \text{b) } \dot{Q}_B = 850 \text{ [kW]}; \quad \text{c) } \Delta S = 148\,623.0511 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$

4. $\Delta S_{12} = -97.5138 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$

5. a)

estado	P [kPa]	T [K]	v [m ³ /kg]
1	100	300.15	0.8605
2	1 200	610.49	0.1459
3	1 200	1 123.15	0.2683
4	100	552.20	1.5832

b) $w_{\text{neto}} = -261\,652.44 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$

6. Para el agua en la cubeta del evaporador: $T_i = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$;
para el agua en la cubeta del condensador: $T_i = 23.4 \text{ [}^\circ\text{C]}$

UNAM
donde se construye el
futuro