Ejercicio 1:

Parte a) El máximo valor Q_H' entregado por la bomba de calor (BC) se dará cuando la misma es reversible y el mínimo valor se dará cuando la BC opera al mínimo de su eficiencia. El trabajo W suministrado por la máquina térmica (MT) a la BC es dado y se calcula como: $W = \eta_{MT} Q_H$ $\longrightarrow \eta_{MT} = 0{,}64\eta_{c,MT} = 0{,}64\left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right) = 0{,}4 \quad \rightarrow \quad \boxed{W = 4\text{ kJ}}$

Cálculo de $Q_{H,max}'$: Cuándo la BC es reversible su eficiencia es $\beta_{c,BC} = \frac{1}{1-T_L/T_H} = 1{,}6$

Entonces: $Q_{H,max}' = \beta_{c,BC} W \quad \rightarrow \quad \boxed{Q_{H,max}' = 6{,}4\text{ kJ}}$

Cálculo de $Q_{H,min}'$: El β_{BC} mínimo de la BC se da cuando $Q_L' = 0$ ($\beta_{BC} = 1$) y por lo tanto se cumple que $Q_H' = W \quad \rightarrow \quad \boxed{Q_{H,min}' = 4\text{ kJ}}$

Parte b) Si la BC fuese reversible entonces produciría un $Q_H' = Q_{H,max}' = 6{,}4$ kJ.
Para un ciclo reversible: $Q_L' = Q_H'\left(\frac{T_L}{T_H}\right) \quad \rightarrow \quad Q_{L,max}' = 2{,}4\text{ kJ} \quad \rightarrow \quad Q_L' = 1{,}2\text{ kJ}$
El coeficiente de *performance* es: $\beta_{BC} = \frac{Q_H'}{W} \rightarrow Q_H' = W + Q_L' = 5{,}2\text{ kJ} \quad \rightarrow \quad \boxed{\beta_{BC} = 1{,}3}$

Parte c) $\Delta S^{univ} = \Delta S^{ciclo} + \Delta S^{RT,T_H} + \Delta S^{RT,T_L} + \Delta S^{ent} = \Delta S^{RT,T_H} + \Delta S^{RT,T_L}$
Variación de entropía de las reservas térmicas:$\Delta S^{RT,T_H} + \Delta S^{RT,T_L} = \frac{(Q_H' - Q_H)}{T_H} + \frac{(Q_L - Q_L')}{T_L}$
Sólo falta calcular Q_L como: $Q_L = Q_H - W = 6\text{ kJ} \quad \rightarrow \quad \boxed{\Delta S^{univ} = 0{,}01\text{ kJ/K}}$

Ejercicio 2:

Parte a) Llamemos A al punto del nivel de agua del tanque T_1, B a la salida a v_o, C al punto donde está conectado el tubo en "U" a la tubería, D al punto donde está el nivel de agua en el tubo en "U" desde el tanque T_2 y E el nivel de agua del tanque T_2.
Aplicando *Bernoulli* entre A y B se tiene: $P_0 + \rho g L = P_0 + \rho v_o^2/2 \quad \rightarrow \quad \boxed{v_0 = \sqrt{2gL}}$

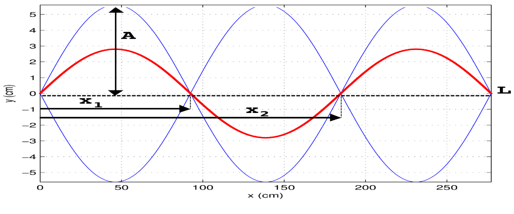
Parte b) Aplicando *Bernoulli* entre A y C: $P_C + \rho v_c^2/2 = P_0 + \rho g L$
La presión en D es la misma que en C entonces: $P_D = P_C = P_0 + \rho g L - \rho v_c^2/2$
El sistema está en régimen así que por hidrostática entre D y E: $P_D + \rho g h = P_0$
Y por continuidad entre B y C se tiene que: $v_c = 2v_o$
Finalmente, agrupando todas las ecuaciones se obtiene que: $\boxed{h = 3L}$

Parte c) Llamemos ahora D al punto donde se une el tubo recto con la tubería.
Nuevamente tenemos que $P_D = P_C$ y las ecuaciones son análogas a las de la parte b) obteniéndose finalmente que la relación entre r y L es: $\boxed{r = 3L}$

Ejercicio 3:

Parte a) La amplitud del movimiento A es: $\boxed{A = 5{,}6\text{ cm}}$, $k = 0{,}034\text{ cm}^{-1}$ y $w = 50\, rads^{-1}$.
Dado que tiene extremos fijos $kL = n\pi$, en este caso como es el tercer armónico se tiene $n = 3$.

Entonces: $L = 3\pi/k \quad \rightarrow \quad \boxed{L \approx 277{,}2\text{ cm}}$
La posición de los nodos es: $x_1 = L/3$ y $x_2 = 2L/3$
$\rightarrow \quad \boxed{x_1 \approx 92{,}4\text{ cm}} \quad$ y $\quad \boxed{x_2 \approx 184{,}8\text{ cm}}$



Parte b) La velocidad de fase de las ondas viajeras que componen esta oscilación estacionaria se puede hallar como: $v = w/k \quad \rightarrow \quad \boxed{v \approx 1470{,}6 \text{ cm/s} = 14{,}7 \text{ m/s}}$

Parte c) La posición en la cuerda es de la forma: $y(x,t) = A\sin(kx)\sin(wt)$
Derivando respecto al tiempo se obtiene la velocidad: $v(x,t) = Aw\sin(kx)\cos(wt)$
Evaluando esta expresión en $x = L/2$ se obtiene: $v(L/2,t) = Aw\sin(kL/2)\cos(wt)$
El máximo de esta oscilación temporal es: $v_{max} = |Aw\sin(kL/2)| \quad \rightarrow \quad \boxed{v_{max} = 280 \text{ cm/s}}$

Parte d) k es de la forma $k = n\pi/L$, evaluando para $n = 8$ se obtiene: $\boxed{k \approx 0{,}09 \text{ cm}^{-1}}$
La velocidad v no cambia pues sólo depende del medio (tensión y densidad de la cuerda), por lo tanto se tiene que : $w = kv \quad \rightarrow \quad \boxed{w \approx 133{,}3 \text{ rad/s}}$

La amplitud A de la osilación es la misma, por lo que la ecuación que describe la oscilación para el octavo armónico es: $\boxed{y(x,t) = 5{,}6 \text{ cm} \sin(0{,}09 \text{ cm}^{-1}\, x)\sin(133{,}3 \text{ s}^{-1}\, t)}$

Ejercicio 4: Los 3 estados por los que pasa la sustancia están determinados. La cantidad de masa es constante y vale $n = 1$ kmol.

Estado 0) $\left.\begin{array}{l} V_0 \\ P_0 \end{array}\right\} \rightarrow T_0 = P_0V_0/n\bar{R}$ Estado 1) $\left.\begin{array}{l} V_1 = V_0 \\ P_1 = 5P_0 \end{array}\right\} \rightarrow T_1 = 5P_0V_0/n\bar{R}$

Estado 2) $\left.\begin{array}{l} V_2 = 4V_0 \\ P_2 = P_0 \end{array}\right\} \rightarrow T_2 = 4P_0V_0/n\bar{R}$ Calores específicos: $\begin{array}{l} c_v = 5\bar{R}/2 \\ c_p = 7\bar{R}/2 \end{array}$

Parte a) ${}_2\Delta S_0^{gas} = n\left[c_pL\left(\frac{T_2}{T_0}\right) - \bar{R}L\left(\frac{P_2}{P_0}\right)\right] = nc_pL(4) \quad \rightarrow \quad \boxed{{}_2\Delta S_0^{gas} \approx 40{,}3 \text{ kJ/K}}$

Parte b) El calor Q intercambiado con la reserva es: $Q = {}_1\Delta U_0 = nc_v(T_1 - T_0) = 10P_0V_0$
Entonces: $\Delta S^{RT} = -Q/T_R = -Q/10T_0 = -n\bar{R} \quad \rightarrow \quad \boxed{\Delta S^{RT} = -8{,}314 \text{ kJ/K}}$

Parte c) Ahora durante el proceso $0 \rightarrow 1$ todos los procesos involucrados son reversibles, entonces se cumple que: ${}_1\Delta S_0^{univ} = 0 = {}_1\Delta S_0^{gas} + {}_1\Delta S_0^{RT} \quad \rightarrow \quad \Delta S^{RT} = -{}_1\Delta S_0^{gas}$
Entonces: ${}_1\Delta S_0^{gas} = n\left[c_vL\left(\frac{T_1}{T_0}\right) + \bar{R}L\left(\frac{V_1}{V_0}\right)\right] = nc_vL(5) \approx 33{,}45$ kJ/K
Y por lo tanto concluímos que: $\boxed{\Delta S^{RT} \approx -33{,}45 \text{ kJ/K}}$

Parte d) En ambos procesos la variación de entropía del ambiente (ΔS^{amb}) es **positiva**. Si bien en ninguno de los dos procesos se intercambia calor con el ambiente, el proceso de expansión súbita que se da en ambos procesos genera entropía a ambos lados del tabique, es decir, genera entropía en el gas y genera entropía en el ambiente. Ésta se la razón por la cual el ΔS^{amb} es positivo en ambos casos, debido a la generación de entropía en el ambiente en ambos procesos debido al proceso irreversible de expansión súbita.