1 Hay tres posibilidades.

A)— El agua queda liquida a $T < 100°C$

B)— Parte del agua hierve y queda una mezcla de agua y vapor a 100°C

C)— Toda el agua hierve y quedan 0.10kg de vapor a $T \geq 100°C$.

Primero consideramos A).

En ese caso

$$Q_{agua} + Q_{cobre} = M_{agua} C_{agua} (T - T_{0agua}) + M_{cobre} C_{cobre} (T - T_{0cobre}) = 0.$$

asi.

$$T = \frac{M_{agua} C_{agua} T_{0agua} + M_{cobre} C_{cobre} T_{0cobre}}{M_{agua} C_{agua} + M_{cobre} C_{cobre}}.$$

con $T_{agua} = 298\,K.$ $\quad M_{agua} = 0.1\,kg$ $\quad C_{agua} = 4190\,J/kg/K$

$T_{cobre} = 423\,K.$ $\quad M_{cobre} = (2.0\ /\ 2.5\ /\ 10)\,kg$ $\quad C_{cobre} =$

$$\underbrace{2.0}_{\text{tema A}}\ /\ \underbrace{2.5}_{\text{tema B}}\ /\ \underbrace{10}_{\text{tema C}}$$

$$T = \begin{cases} 106\ °C \rightarrow \text{tema A} \\ 112\ °C \rightarrow \text{tema B} \\ \boxed{85\ °C} \rightarrow \text{tema C} \end{cases}$$

Asi que el tema C) se encuentra en la situación A).

Para los temas A y B algo del agua hierve, así que vamos a suponer la situacion B, en ese caso x representa la cantidad de agua que hierve:

$$M_{agua} C_{agua} (100°C - T_{0agua}) + x M_{agua} L_{vap} + M_{cobre} C_{cobre} (100°C - T_{0cobre}) = 0$$

$$x = \frac{-M_{cobre} C_{cobre} (100°C - T_{0cobre}) - M_{agua} C_{agua} (100°C - T_{0agua})}{M_{agua} L_{vap}}.$$

$$x = \left.\begin{cases} 15.2 \rightarrow \text{tema A} \\ 18.0 \rightarrow \text{tema B}. \end{cases}\right\}$$

$x > 1$,
así que todo el agua se evaporó, al despreciar la capacidad calorífica del vapor queda que su temperatura final es $\boxed{150°C}$

② Tenemos dos recipientes con

$\boxed{T_1 \quad P_1 \quad V_1 \quad n_1}$ $\boxed{T_2 \quad P_2 \quad V_2 \quad n_2}$

Sabemos que

$$P_1 = P_2 \qquad V_1 = V_2 \qquad n_2 = a n_1 \quad \begin{cases} a = 2 & \text{tema A} \\ a = 3 & \text{tema B} \\ a = 1/2 & \text{tema C} \end{cases}$$

esto nos permite encontrar T_2

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2} \rightarrow T_2 = \frac{n_1}{n_2} T_1 \quad , T_2 = a T_1$$

El calor que necesita el recipiente 1 para T_f

$$Q_1 = n_1 C_v \Delta T = n_1 \frac{3}{2} R (T_f - T_1)$$

y el 2 para llegar a T_f

$$Q_2 = n_2 C_v \Delta T = n_2 \frac{5}{2} R (T_f - T_2)$$

calculamos

$$x = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 \frac{3}{\cancel{2}} \cancel{R} (T_f - T_1)}{n_2 \frac{5}{\cancel{2}} \cancel{R} (T_f - T_2)} = \frac{\cancel{n_1} 3 (T_f - T_1)}{a \cancel{n_1} 5 (T_f - a T_1)} = \frac{3}{5a} \left(\frac{T_f - T_1}{T_f - a T_1} \right)$$

$$\boxed{x \begin{cases} 1.5 \\ -0.13 \\ 0.6 \end{cases}}$$

$1.5 \rightarrow$ tema A $\rightarrow$ llega primero el # 2

$-0.13 \rightarrow$ tema B $\rightarrow$ el #2 ya tenía una temperatura $> T_f$.

$0.6 \rightarrow$ tema C $\rightarrow$ llega primero el # 1

③ Tenemos que

$$m_1 c_1 (T_f - T_1) + m_2 c_2 (T_f - T_2) = 0$$

$m_1 c_1 = m_2 c_2 = mc$, así que

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2},$$

el cambio de entropía

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = m_1 c_1 \int_{T_1}^{T_f} \frac{dT}{T} + m_2 c_2 \int_{T_2}^{T_f} \frac{dT}{T}$$

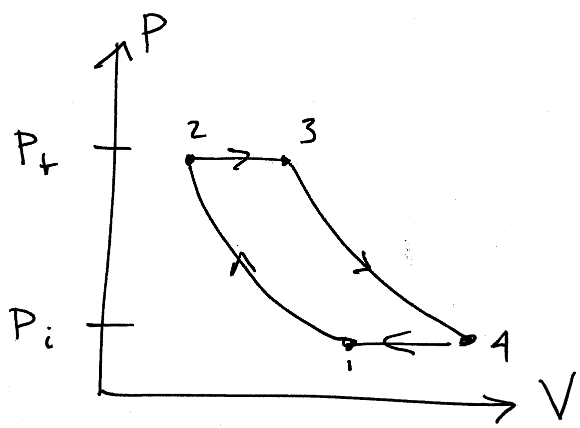
$$= m_1 c_1 \ln\left(\frac{T_f}{T_1}\right) + m_2 c_2 \ln\left(\frac{T_f}{T_2}\right)$$

$$= mc\left[\ln\left(\frac{T_f}{T_1}\right) + \ln\left(\frac{T_f}{T_2}\right)\right]$$

$$= mc\left[\ln\left(\frac{T_f^2}{T_1 T_2}\right)\right] = mc\left[\ln\left(\left(\frac{T_1+T_2}{2}\right)^2 \frac{1}{T_1 T_2}\right)\right]$$

$$\boxed{\Delta S = \begin{cases} 36.3\ J/K & \to \text{tema A} \\ 4.27\ J/K & \to \text{tema B} \\ 36.3\ J/K & \to \text{tema C} \end{cases}}$$

④



$1 \to 2$ y $3 \to 4$ son adiabáticas, así que no hay Q que entre o salga del sistema.

para $2 \to 3$ $Q = n C_p \Delta T = n C_p (T_3 - T_2) > 0$, así que este corresponde a Q_H.

para $4 \to 1$ $Q = n C_p \Delta T = n C_p (T_1 - T_4) < 0$, este es Q_C.

La eficiencia, por definición es:

$$e = 1 - \left| \frac{Q_C}{Q_H} \right| = 1 - \frac{\cancel{nC_p}(T_4 - T_1)}{\cancel{nC_p}(T_3 - T_2)}$$

$$e = 1 - \left(\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \right)$$, como tenemos P_1 y P_2, saco T_1 y T_2 del paréntesis.

$$e = 1 - \frac{T_1}{T_2} \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{\left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$, para un proceso adiabático.

$P_1 V_1^{\gamma} = cte$ y $T_1 V_1^{\gamma - 1} = cte$

$P_1^{\frac{1}{\gamma}} V_1 = cte$ y $T_1^{\frac{1}{\gamma - 1}} V_1 = cte$

así $T_1^{\frac{1}{1-\gamma}} P_1^{1/\gamma} = cte \Rightarrow T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = cte$

con esta relación

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad y \quad \frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{T_3}{T_4} \right) \frac{T_4}{T_1} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)$$ estos dos multiplicados dan uno. (por la misma $T P^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = cte$)

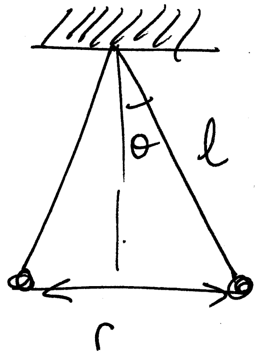
así que $\frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1}$, queda entonces

$$e = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

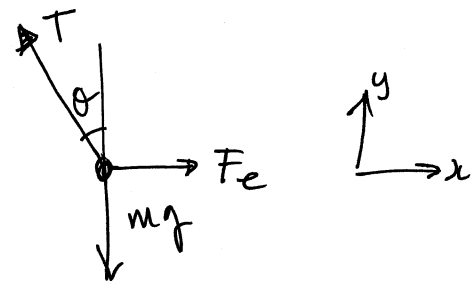
con $\gamma = 1.66$ y $\frac{P_2}{P_1} = 10$

$$\boxed{e = 0.60}$$

5



haciendo un diagrama de cuerpo libre tenemos :



De esta manera.

$$\sum F_x = F_e - T\sin\theta = 0 \qquad T\sin\theta = F_e$$

$$\sum F_y = T\cos\theta - mg = 0. \qquad T\cos\theta = mg$$

asi $\qquad \tan\theta = \dfrac{F_e}{mg}. \qquad (1)$

con $\qquad F_e = \dfrac{k\,q^2}{r^2} = \dfrac{k\,q^2}{(2l\sin\theta)^2} \qquad (2)$

reemplazando (2) en (1)

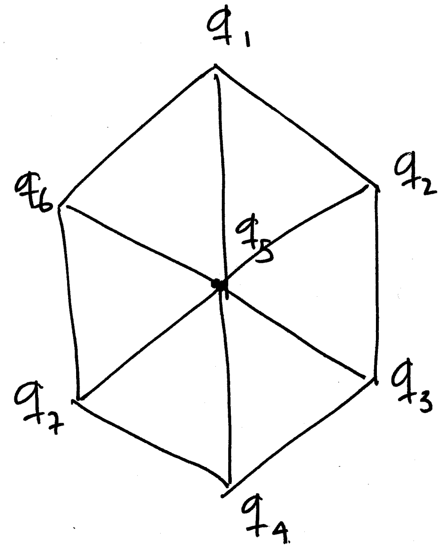
$$\tan\theta = \frac{k\,q^2}{(2l\sin\theta)^2}\cdot\frac{1}{mg}.$$

despejando q

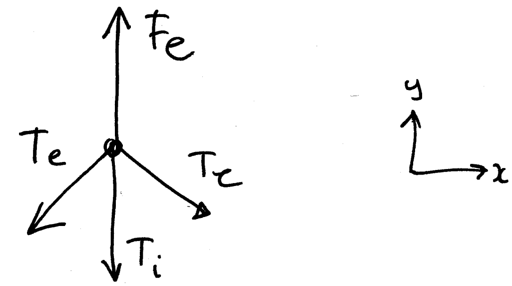
$$q = \sqrt{\frac{mg\,4l^2\sin^2\theta\tan\theta}{k}}.$$

$$\boxed{q = \begin{cases} 4.7\times10^{-4}\ C & \rightarrow \text{tema A} \\ 1.7\times10^{-4}\ C & \rightarrow \text{tema B} \\ 5.3\times10^{-4}\ C & \rightarrow \text{tema C} \end{cases}}$$

⑥



Haciendo el diagrama de fuerzas sobre q_1



donde $\vec{F_e}$ es la resultante de todas las fuerzas electrostáticas, $\vec{T_e}$ es la tensión de las cuerdas externas, y $\vec{T_i}$ es la tensión de la cuerda interna.

Primero encontramos $\vec{F_e}$

$$\vec{F_e} = F_{ex}\hat{i} + F_{ey}\hat{j}$$, por simetría $F_x = 0$.

$$F_{ey} = \frac{k q_1 q_5}{l^2} + \frac{k q_1 q_4}{(2l)^2} + \frac{k q_1 q_2}{l^2}\cos 60° + \frac{k q_1 q_6}{l^2}\cos 60°$$

$$+ \frac{k q_1 q_3}{(\sqrt{3}\,l)^2}\cos 30° + \frac{k q_1 q_7}{(\sqrt{3}\,l)^2}\cos 30°$$

$$F_{ey} = \frac{kq^2}{l^2}\left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3\cdot 2} + \frac{\sqrt{3}}{3\cdot 2}\right) = \frac{kq^2}{l^2}\left(\frac{9}{4} + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$$

$\sum F_x = 0$ me da $0=0$,

$\sum F_y = 0$, $F_{ey} - T_i - 2T_e\cos 60° = 0$. , $T_{ey} = T_i + T_e$

Este sistema de 2 incógnitas es degenerado, así que se debe suponer alguna relación adicional. La suposición es $T_i = T_e = T$, de tal manera que

$T_{ey} = 2T$. $\quad T = \frac{T_{ey}}{2}$

$$\boxed{T = \frac{kq^2}{l^2}\,\frac{1}{2}\left(\frac{9}{4} + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)}$$