

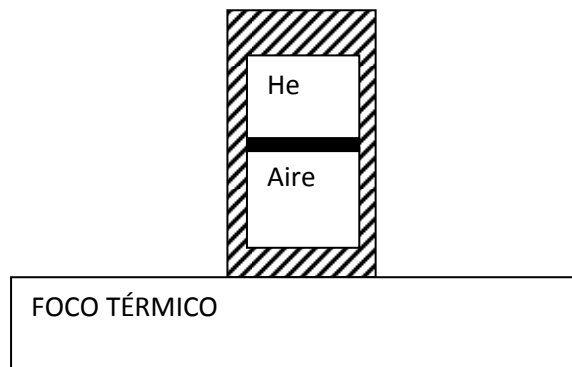
EXAMEN DE INGENIERÍA TÉRMICA – 15/01/2018

Ejercicio 1. Se desea obtener vapor húmedo a 10 bar y título del 80% a partir de mezclar 2 kg/s vapor sobrecalentado a 10 bar y 200 °C con agua a la misma presión y 20 °C. Tómese como estado de referencia 18 °C y 1 bar.

Determinése:

- La exergía destruida por unidad de tiempo en la cámara de mezcla.
- El rendimiento exergético de la cámara de mezcla.

Ejercicio 2. En el dispositivo mostrado en la figura, la parte en contacto con el foco de calor contiene 2 kg de aire, y está separada del compartimento que contiene 0,85 kg de Helio por una pared adiabática que puede moverse libremente y sin rozamiento. En el estado inicial ambos gases se encuentran a 22 °C y 1 bar. Todas las paredes del dispositivo son adiabáticas excepto la que está en contacto con el foco de calor, que se encuentra a 400 °C. La presión final es la misma en ambos lados e igual a 1,3 bar. Calcúlese la entropía generada en el universo durante el proceso.



Ejercicio 3. Por el interior de una tubería de 18 m de longitud circula agua a 0,3 m/s. El agua entra a 97 °C y sale de la tubería a 93 °C. El diámetro interior de la tubería es de 3 cm y su espesor de 1 cm. La conductividad térmica de la tubería es de 55 W/(m·K).

La tubería discurre por una nave que se encuentra a 15 °C. Puede considerarse que el aire dentro de la nave se encuentra en reposo.

Calcúlese la emisividad de la superficie exterior de la tubería, supuesto régimen estacionario.

Nota:

- Cada ejercicio vale un tercio del valor total del examen.
- Duración: 3,5 horas.
- Las hojas de examen que no estén identificadas con nombre y apellidos, DNI,

número de grupo y titulación, no serán corregidas.

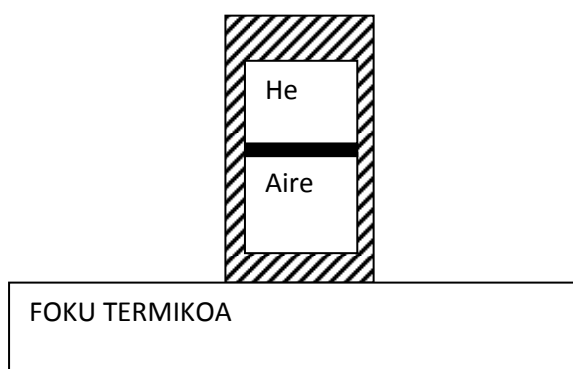
1 Ariketa. Ur-lurrun hezea lortu nahi da 10 bar eta %80 tituluaz, eta horretarako bi korrante nahasten dira ganbara adiabatiko batean; alde batetik 10 bar eta 200 °C-tan dagoen 2 kg/s-ko ur-lurrun gainberotu gastua eta bestetik 20 °C eta presio berean dagoen ura nahasten dira.

Kalkula bitez:

- c) Nahasketa-ganbaran suntsitutako exergia, denbora unitateko.
d) Nahasketa-ganbararen etekin exergetikoa.

Suposa bedi erreferentzi egoera 18 °C eta 1 bar dela.

2 Ariketa. Irudiko gailua bitan bereiztuta dago pareta adiabatiko eta mugikor baten bitartez. Alde batean 0,85 kg Helio dago 22 °C eta 1 bar-etan eta bestean 2 kg aire dago egoera berean. Gailuaren pareta guztiak adiabatikoak dira, foku termikoarekin kontaktuan dagoena ezik. Foku termikoa 400 °C-tan dago. Marruskadura arbuigarria da. Amaierako presioa bi aldeetan 1,3 bar bada, zein izango da unibertsoan garatutako entropía?



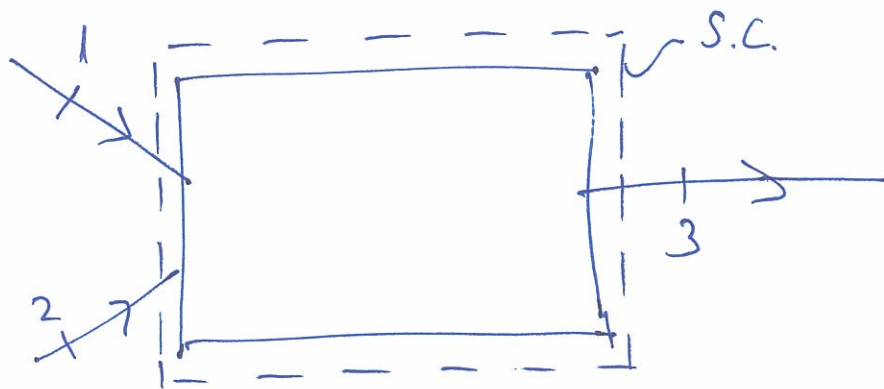
3 Ariketa. 18 m-ko luzera duen tutuerian batean zehar, ura, 0,3 m/s-ko abiaduraz daroa. Sarrerako tenperatura 97 °C da eta tutueriaren irteeran 93 °C-koa da. Tutueriaren barne diametroa 3 cm da eta lodiera 1 cm. Bere eroankortasun termikoa 55 W/(m·K) da.

Tutueriak, 15 °C-tan dagoen nabe bat zeharkatzen du eta bertako airea geldirik dagoela kontsidera daiteke. Kalkula bedi tutueriaren kanpo gainazalaren emisibitatea.

Oharra:

- Ariketa guztiek berdin balio dute
- Iraupena: 3,5 h
- TALDE ZENBAKIA, izen abizenak, NIN zenbakia eta graduaren izena jarri behar da orri guztietan, kalifikatuta izan ahal izateko.

Ejercicio 1



Sistema abierto

a) $\dot{E}_{x_D}$?

b) η_{ex} ?

Datos: $P_1 = P_2 = P_3 = 10 \text{ bar}$

$P_0 = 1 \text{ bar}$

$T_0 = 18^\circ\text{C}$

$\theta_1 = 200^\circ\text{C}$ $x_2 = 0.8$

$\theta_2 = 20^\circ\text{C}$ $\dot{m}_1 = 2 \text{ kg/s}$

- se desprecian las pérdidas de carga ($P_1 = P_2 = P_3$)
- se considera la mezcla adiabática

Aplicando el balance de energía en régimen estacionario en el sistema:

$$(\dot{m}_1 + \dot{m}_2) a_{f3} - \dot{m}_2 a_{f2} - \dot{m}_1 a_{f1} = \int (1 - \frac{T_0}{T}) d\dot{Q} - \dot{W} - \dot{E}_{x_D}$$

$$\dot{E}_{x_D} = \dot{m}_2 (a_{f2} - a_{f3}) + \dot{m}_1 (a_{f1} - a_{f3}) \quad (1)$$

2)

Para calcular el gasto de agua, aplicaremos el balance de energía en la cámara de mezcla:

$$\dot{Q} = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 - \dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_1 h_1 + \dot{W}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1 (h_1 - h_3)}{h_3 - h_2} \quad (2) \quad \text{donde:}$$

$$h_1 = \begin{cases} P_1 = 10 \text{ bar} \\ Q_1 = 200^\circ\text{C} \end{cases} \rightarrow \text{Tablas vapor sobrecalentado} \rightarrow h_1 = 2827.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_3 = \begin{cases} P_3 = P_1 \\ x_3 = 0.8 \end{cases} \rightarrow h_3 = x_3 h_{P_3}'' + (1 - x_3) h_{P_3}'$$

$$\text{de las tablas de saturación} \rightarrow \begin{cases} h_{P_3=10 \text{ bar}}'' = 2778.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h_{P_3=10 \text{ bar}}' = 762.81 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{cases}$$

$$h_3 = 0.8 \cdot 2778.1 + (1 - 0.8) 762.81 = 2375 \text{ kJ/kg}$$

Considerando el agua comprimida a 10 bar y 20°C como sustancia incompresible $\rightarrow h_2 = c_p \cdot Q_2 =$

3)

$$h_2 = 4'186 \cdot 20 = 83'72 \text{ kJ/kg}$$

Substituyendo h_1, h_2, h_3 en (2) :

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2} = 2 \cdot \frac{2827'9 - 2375}{2375 - 83'72} = 0'395 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Por otro lado, rebusando el cálculo de la exergía física de flujo :

$$af_1 - af_3 = h_1 - h_3 - T_0 (s_1 - s_3)$$

$$s_1 = \begin{cases} P_1 \\ 0_1 \end{cases} \rightarrow \text{Tables de vapor} \rightarrow s_1 = 6'694 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

sobrecalentado

$$s_3 = \begin{cases} s''_{P_3} = 6'5863 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ s'_{P_3} = 2'1387 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{cases} \rightarrow s_3 = x_3 s''_{P_3} + (1 - x_3) s'_{P_3} =$$

$$= 0'8 \cdot 6'5863 + (1 - 0'8) 2'1387 = 5'697 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$s_2 = \begin{cases} \text{considerando} \\ \text{modelo de sustancia} \\ \text{irreversible} \end{cases} = c_p \ln \frac{T_3}{273} = 4'186 \ln \frac{293}{273} =$$

$$= 0'2955 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{luego: } a_{f1} - a_{f3} = h_1 - h_3 - T_0 (s_1 - s_3) =$$

$$= 2827'19 - 2375 - (273 + 18) (6'694 - 5'697) =$$

$$= 162'77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$a_{f2} - a_{f3} = h_2 - h_3 - T_0 (s_2 - s_3) =$$

$$= 83'72 - 2375 - 291 (0'2955 - 5'697) = -719'4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Substituyendo en (1) :

$$\dot{E}_{x_D} = \dot{m}_2 (a_{f2} - a_{f3}) + \dot{m}_1 (a_{f1} - a_{f3}) =$$

$$= 0'395 (-719'4) + 2 \cdot 162'77 = \boxed{41'36 \text{ kW}}$$

5) η_{ex} ?

5)

El objetivo de la cámara de mezcla es obtener la corriente de vapor líquido del estado 3 a partir de mezclar 1, 2, luego:

$$\eta_{ex} = \frac{(\dot{m}_1 + \dot{m}_2)(a_{f3} - a_{f0})}{\dot{m}_1(a_{f1} - a_{f0}) + \dot{m}_2(a_{f2} - a_{f0})} \quad (3)$$

$$a_{f3} - a_{f0} = h_3 - h_0 - T_0(s_3 - s_0) =$$

$$= 2375 - h_0 - T_0(5'697 - s_0) \quad \text{donde}$$

$$h_0 = c_p T_0 = 4'186 \cdot 18 = 75'34 \text{ kJ/kg}$$

$$s_0 = c_p \ln \frac{T_0}{273} = 4'186 \cdot \ln \frac{291}{273} = 0'2673 \text{ kJ/kg K}$$

$$\begin{aligned} \text{luego: } a_{f3} - a_{f0} &= 2375 - 75'34 - 291(5'697 - 0'2673) = \\ &= 719'65 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$a_{f1} - a_{f0} = h_1 - h_0 - T_0 (s_1 - s_0) =$$

$$= 2827'9 - 75'34 - 291 (6'654 - 0'2673) =$$

$$= 882'37 \text{ kJ/kg}$$

$$a_{f2} - a_{f0} = h_2 - h_0 - T_0 (s_2 - s_0) =$$

$$= 83'72 - 75'34 - 291 (0'2955 - 0'2673) =$$

$$= 0'0374 \text{ kJ/kg}$$

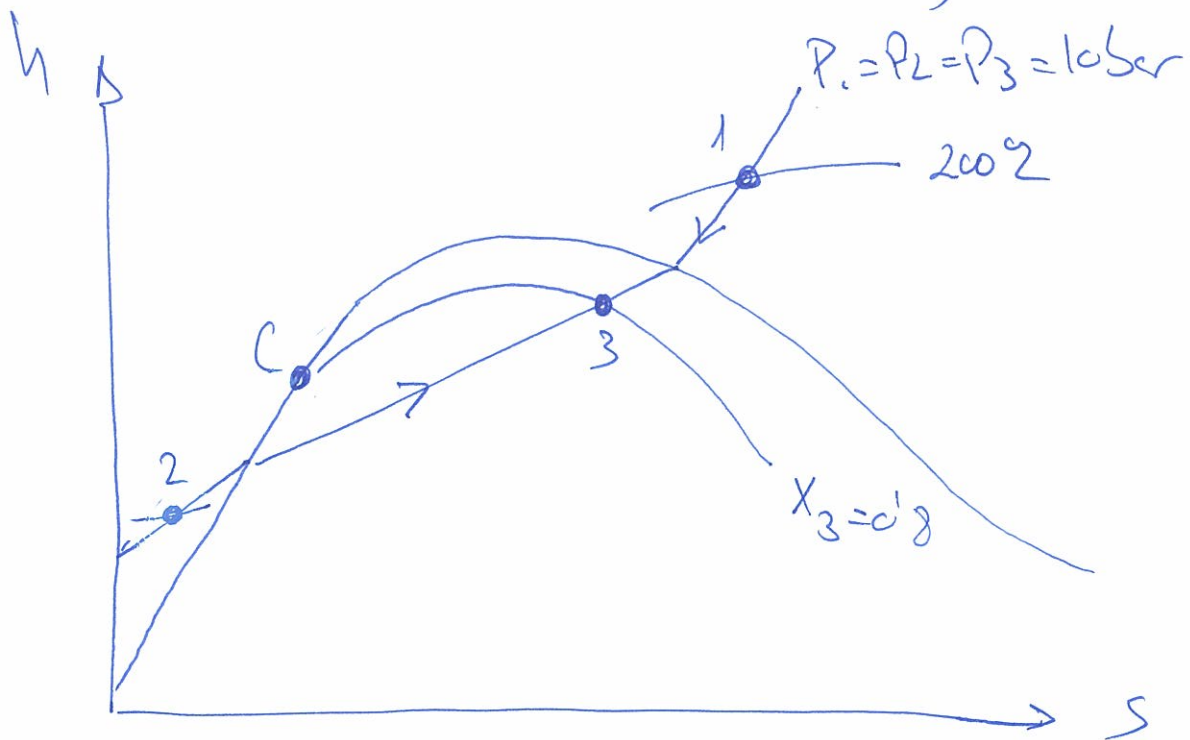
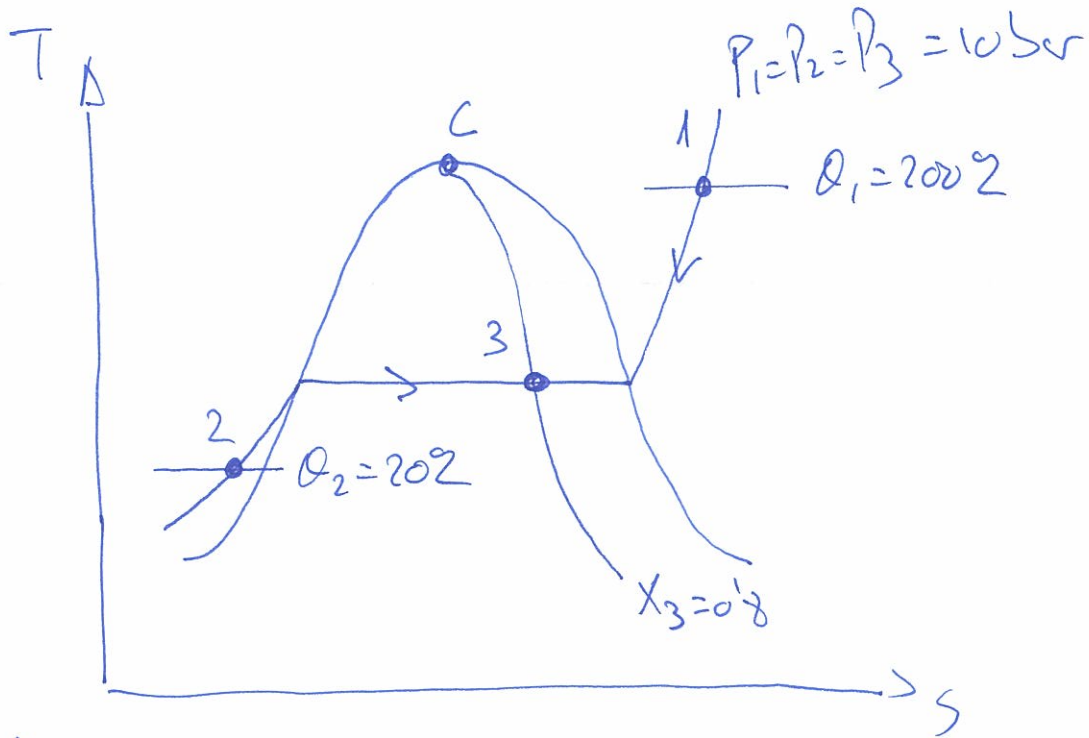
Substituindo valores em (3) %

$$\eta_{ex} = \frac{(2 + 0'395) \cdot 719'65}{2 \cdot 882'37 + 0'395 \cdot 0'0374} = 0'977 =$$

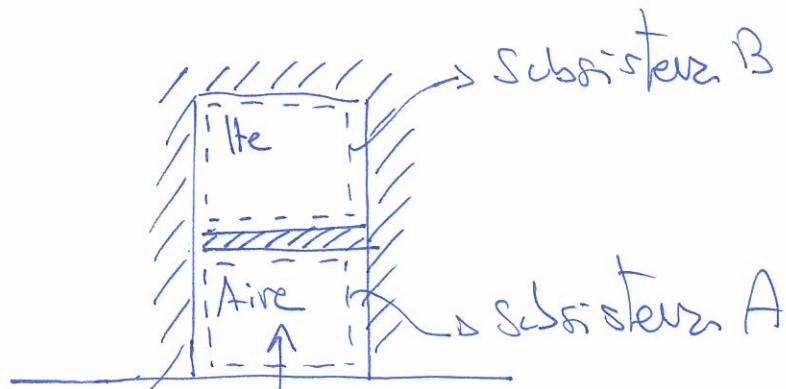
$$\boxed{97'7\%}$$

7)

Desarrollando el proceso en los diagramas
de proceso T-s y h-s :



EXERCICIO 2



¿ al universo? Q $Q_{FC} = 400 \text{ J}$

- Subdividir el sistema cerrado en dos subsistemas cerrados, A y B.

Datos:

Subsistema A $\left\{ \begin{array}{l} P_{A1} = 1 \text{ bar} \\ T_{A1} = 22^\circ \text{C} \\ m_A = 2 \text{ kg} \end{array} \right.$

Subsistema B $\left\{ \begin{array}{l} P_{B1} = 1 \text{ bar} \\ T_{B1} = 22^\circ \text{C} \\ m_B = 0.85 \text{ kg} \end{array} \right.$

$P_{B2} = P_{A2} = 1.3 \text{ bar}$

- las paredes son rígidas y adiabáticas
- la pared que separa los dos subsistemas es móvil.
- No hay rozamiento
- Se considera proceso suficientemente lento como para considerarlo cuasiestático.

Aplicando el balance de entropía al universo formado por el sistema y el medio circundante:

9)

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{MC}} = S_{\text{universo}}$$

$$\Delta S_{\text{MC}} = \frac{Q}{T_{\text{Fc}}}$$

$$\Delta S_{\text{sistema}} = \Delta S_{A,12} + \Delta S_{B,12}$$

Subsistema B $\rightarrow$ $\left. \begin{array}{l} - \text{sin rozamiento} \\ - \text{adiabático} \\ - \text{coherente} \end{array} \right\} \rightarrow \text{isentrópico} \rightarrow$

$$\rightarrow \Delta S_{B,12} = 0$$

Subsistema A $\rightarrow$ Aire, gas ideal $\rightarrow$

$$\rightarrow \Delta S_{A,12} = m_A \left[c_{p,\text{aire}} \ln \frac{T_{A2}}{T_{A1}} - R'_{\text{aire}} \ln \frac{P_{A2}}{P_{A1}} \right] \text{ (1)}$$

Necesitamos T_{A2} .

Al ser las paredes del sistema rígidas (no la pared de separación de los dos subsistemas, sino la que separa dichos subsistemas del medio circundante) $\rightarrow V_1 = V_2 \rightarrow$

$$V_1 = V_{A_1} + V_{B_1} = \frac{m_A R'_{aire} T_{A_1}}{P_{A_1}} + \frac{m_B R'_{He} T_{B_1}}{P_{B_1}} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{ll} \text{aire:} & \text{Helio:} \\ \gamma_{aire} = 1.4 & \gamma_{He} = 1.667 \\ C_{p,aire} = 1.0045 \text{ kJ/kgK} & C_{p,He} = 5.193 \text{ kJ/kgK} \\ C_{v,aire} = 0.718 \text{ kJ/kgK} & C_{v,He} = 3.116 \text{ kJ/kgK} \\ R'_{aire} = 0.287 \text{ kJ/kgK} & R'_{He} = 2.077 \text{ kJ/kgK} \end{array} \right\} =$$

$$= \frac{2.0 \cdot 0.287 \cdot 295}{1.105 \cdot 10^{-3}} + \frac{0.85 \cdot 2.077 \cdot 295}{1.105 \cdot 10^{-3}} = 6.9014 \text{ m}^3$$

$$V_{B_2} = \frac{m_B R'_{He} T_{B_2}}{P_{B_2}} = \frac{0.85 \cdot 2.077 \cdot T_{B_2}}{1.3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}} \quad (2)$$

Para calcular T_{B_2} , sabemos que el subsistema B desarrolla un proceso adiabático, su volumen y presión inicial, luego isentrópico, considerando el Helio como gas ideal, sea de

11)
aplicar las relaciones de los gases

ideales: $n_{B_2} = \gamma_{He}$

$$\frac{T_{B_2}}{T_{B_1}} = \left(\frac{P_{B_2}}{P_{B_1}} \right)^{\frac{\gamma_{He}-1}{\gamma_{He}}} \rightarrow T_{B_2} = T_{B_1} \left(\frac{P_{B_2}}{P_{B_1}} \right)^{\frac{\gamma_{He}-1}{\gamma_{He}}}$$

= 327'65 K $\rightarrow$ Sustituyendo en (2):

$$V_{B_2} = \frac{0'85 \cdot 2'077 \cdot T_{B_2}}{1'3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}} = 4'4496 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Luego } V_{A_2} &= V_2 - V_{B_2} = 6'9014 - 4'4496 = \\ &= 2'4517 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{aplicando} \end{array} \right.$$

la ecuación de estado de los gases ideales

a) dire en el estado 2 $\rightarrow T_{A_2} = \frac{P_{A_2} \cdot V_{A_2}}{M_A R_{ave}}$

$$= \frac{1'3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 2'4517}{2 \cdot 2'287} = 555'27 \text{ K}$$

Integrando en (1):

$$\Delta S_{A2} = 2 \left[10045 \ln \frac{555'27}{295} - 0'287 \ln \frac{13}{1} \right] =$$

$$= 1'121 \text{ kJ/K}$$

Para calcular $\Delta S_{Mc} = \frac{Q}{T_{Fc}}$ necesitamos

Q ; aplicando el balance de energía:

$$Q = \Delta U_{A12} + \Delta U_{B12} + W$$

$$\text{Gas ideal} \rightarrow \Delta U_{A12} = m_A C_{V_{aire}} (T_{A2} - T_{A1})$$

$$\Delta U_{B12} = m_B C_{V_{He}} (T_{B2} - T_{B1})$$

$$\text{luego } Q = m_A C_{V_{aire}} (T_{A2} - T_{A1}) + m_B C_{V_{He}} (T_{B2} - T_{B1})$$

$$= 2 \cdot 0'718 (555'27 - 295) + 0'85 \cdot 3'116 \cdot (327'65 - 295) =$$

$$= 460'23 \text{ kJ} \rightarrow \text{El calor es positivo, luego}$$

entra al sistema; desde el punto de vista del foco calorífico, el calor sale, luego será de signo negativo, y sustituyendo en el balance de entropía del universo:

$$S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sist.}} + \Delta S_{\text{mc}} =$$

$$= \Delta S_{A_2} + \Delta S_{B_2} + \frac{Q}{T_{fc}} =$$

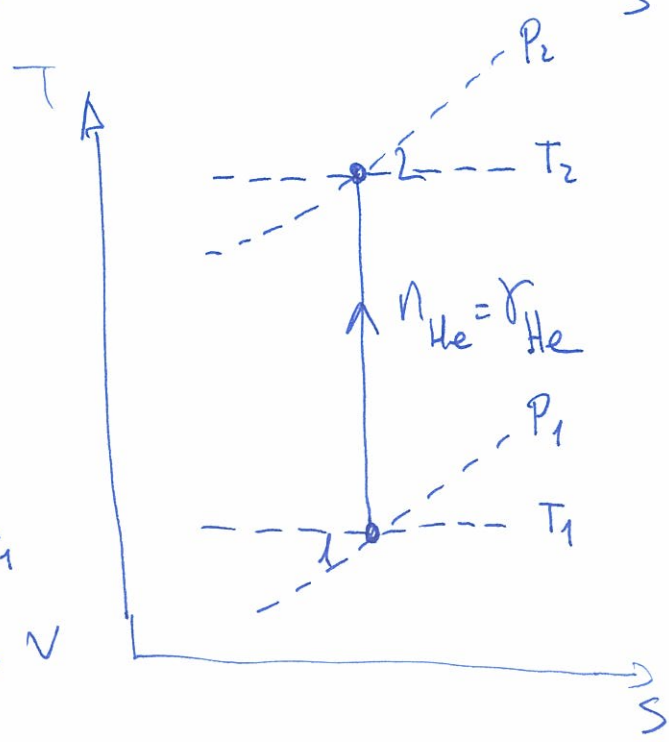
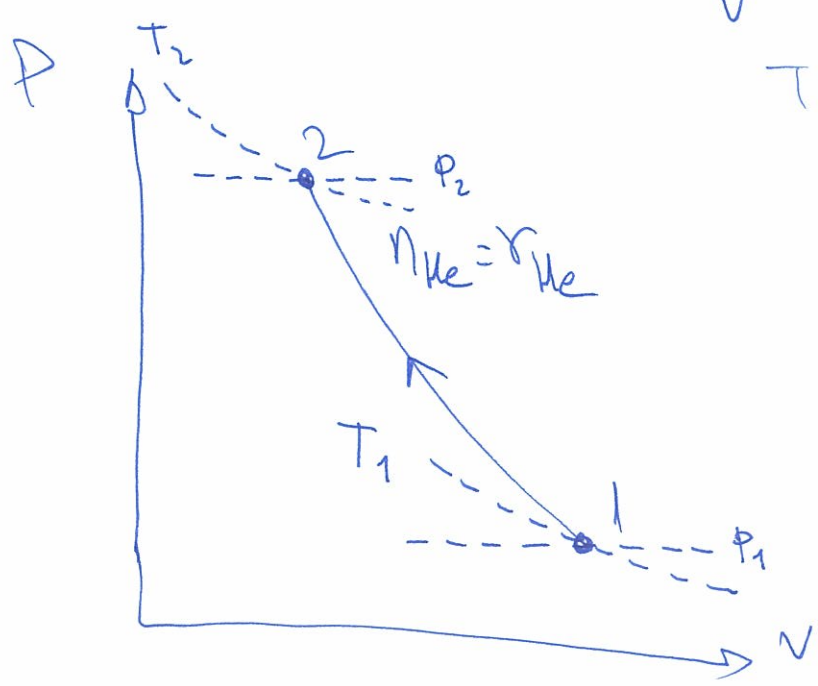
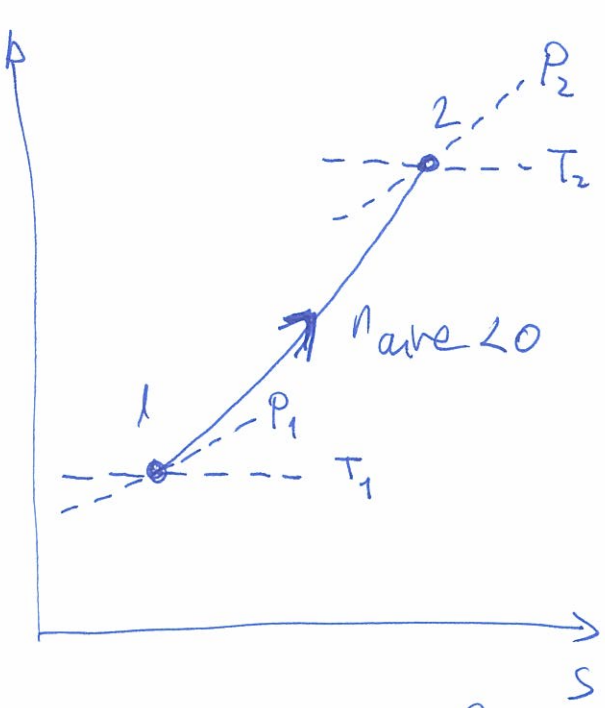
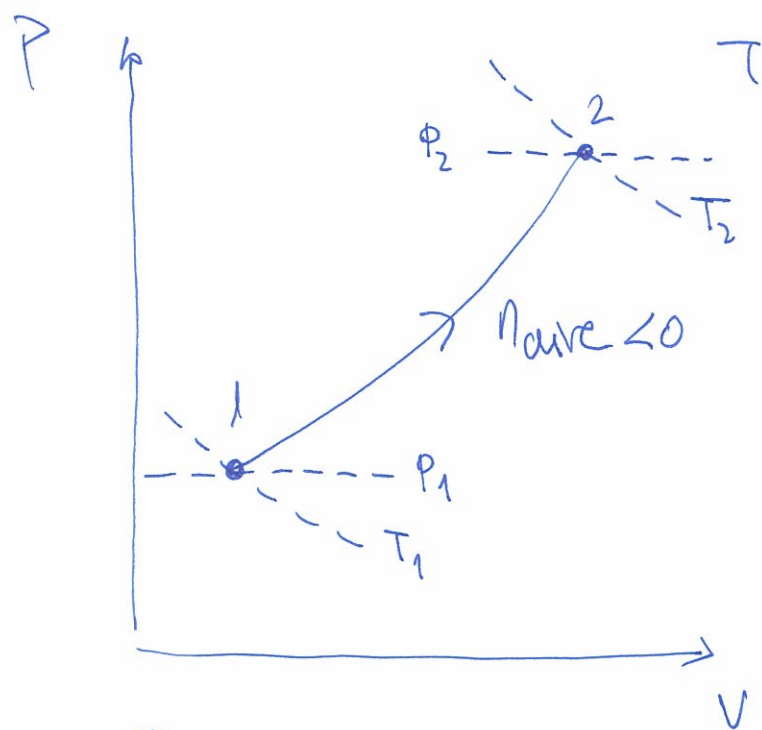
$$= 1'121 + 0 + \frac{-460'23}{(273 + 400)} = 1'121 - 0'684 =$$

$$= \boxed{0'437 \frac{K}{K}} > 0 \rightarrow \text{El proceso es irrever-}$$

sible. Puesto que el proceso se desarrolla los subsistemas A, B son cuasistáticos y en consecuencia, la causa de irreversibilidad debe ser externa: es la transferencia de calor desde el foco calorífico a una temperatura di-

ferente a la del subsistema A durante el proceso A_{12} .

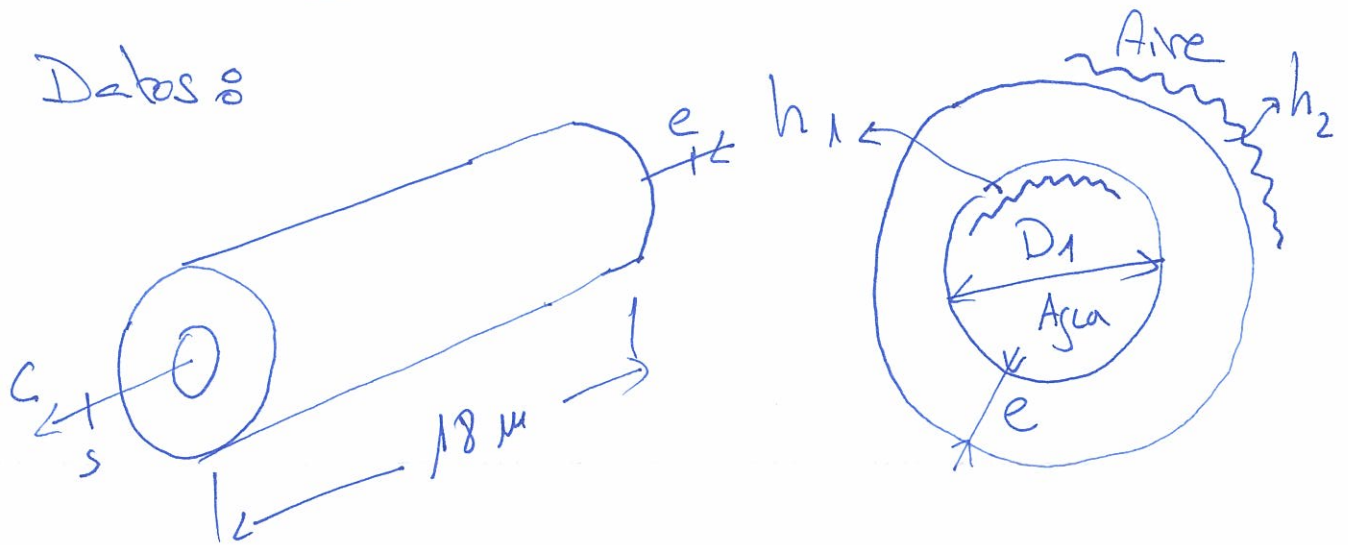
Si representamos los procesos p desarrollen el aire | el He $\circ$ $n_{He} = \gamma_{He}$
 $n_{aire} < 0$



EXERCICIO 3

15)

Datos:



$$D_1 = 3\text{ cm} \quad c = 0.3\text{ m/s} \quad Q_{\text{fext}} = 15^\circ\text{C}$$

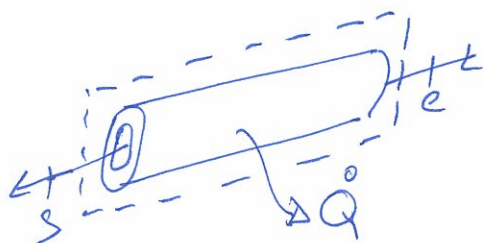
$$e = 1\text{ cm} \quad Q_e = 97^\circ\text{C} \quad Q_s = 93^\circ\text{C}$$

$$k = 55 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \quad \epsilon_2 = ?$$

El agua que circula por la tubería se enfría; dicho calor debe salir hacia el exterior por convección interna entre el agua y la superficie interior de la tubería, por conducción a través de la tubería, finalmente por el mecanismo combinado de convección y radiación desde la superficie exterior de la

16)

tubería; considerando régimen permanente, aplicando el balance de energía en la tubería:



$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{agua}} \cdot (h_s - h_e) = \left\{ \text{substancia incompresible} \right\} =$$

$$= \dot{m}_{\text{agua}} c_{p,\text{agua}} (T_s - T_e)$$

Aplicando la ec. de la continuidad:

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \rho \cdot c \cdot A = \rho c \cdot \frac{\pi D_i^2}{4}$$

Para calcular las propiedades del agua usaremos la temperatura media entre la entrada y la salida:

$$T_m = \frac{T_s + T_e}{2} = \frac{93 + 97}{2} = 95^\circ\text{C}$$

17)

$$\text{Agua a } 95^{\circ}\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho_{95^{\circ}\text{C}} = 961.5 \text{ kg/m}^3 \\ c_{p_{95^{\circ}\text{C}}} = 4.212 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \\ k_{95^{\circ}\text{C}} = 0.677 \text{ W/m}\cdot\text{K} \\ \mu_{95^{\circ}\text{C}} = 0.297 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}} \\ \nu_{95^{\circ}\text{C}} = 30889 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \end{array} \right.$$

$$\text{ luego } \dot{m}_{\text{agua}} = 961.5 \cdot 0.3 \cdot \frac{\pi \cdot 0.03^2}{4} = 0.204 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{agua}} c_{p_{95^{\circ}\text{C}}} (T_s - T_e) = 0.204 \cdot 4.212 (93 - 97) =$$

$$= -3.435 \text{ kW} \quad (\text{es negativo porque se sale del sistema}).$$

Este flujo de calor saldrá desde la superficie exterior de la tubería por convección; por radiación:

18)

$$|\dot{Q}| = \dot{Q}_{\text{convección exterior}} + \dot{Q}_{\text{RADIACIÓN}}$$

$$\text{Luego } \dot{Q}_{\text{RADIACIÓN}} = |\dot{Q}| - \dot{Q}_{\text{convección exterior}} \quad (1)$$

Para calcular la emisividad de la superficie exterior, conocida la temperatura de la nave, será necesario conocer el flujo de calor por radiación y la temperatura superficial exterior del tubo. Lo primero lo obtendremos de la ecuación (1), pero para ello necesitaremos conocer la temperatura superficial exterior.

Dicha temperatura la podremos obtener a partir del flujo de calor total por cada la tubería y de las resistencias térmicas a la convección interior desde el agua y de

la resistencia térmica a la conducción ⁽⁹⁾
de la tubería:



donde $R_1 = \frac{1}{h_i A_i}$

$$R_2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k L} = \frac{\ln\left(\frac{0.025}{0.015}\right)}{2\pi \cdot 55 \cdot 18}$$

$$= 8.212 \cdot 10^{-5} \text{ K/W}$$

Cálculo de $h_i \rightarrow$ convección forzada interna a

tubería $\rightarrow$ Dittus-Boelter: $Q_{cc} = Q_{fricción} =$

$$= 952 \rightarrow Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3} \text{ (se enfria)}$$

$$Re = \frac{c \cdot D_i}{\mu_{952}} = \frac{0.3 \cdot 0.03}{3.0889 \cdot 10^{-7}} = 29.136 > 2100 \rightarrow$$

$\rightarrow$ turbulento, se puede aplicar Dittus-Boelter;

20)

$$Pr_{952} = 1'85$$

$$Nu = 0'023 \cdot 29136^{0'8} \cdot 1'85^{0'3} = 103'14$$

$$h_1 = \frac{Nu \cdot K_{952}}{D_1} = \frac{103'14 \cdot 0'677}{0'03} = 2'327'5 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_1 = \frac{1}{h_1 \cdot \pi D_1 \cdot L} = \frac{1}{2327'5 \cdot \pi \cdot 0'03 \cdot 1'8} = 2'53 \cdot 10^{-4} \frac{K}{W}$$

$$\text{luego: } |\dot{Q}| = \frac{Q_1 - Q_2}{R_1 + R_2} \rightarrow Q_2 = Q_1 - |\dot{Q}| (R_1 + R_2)$$

$$Q_2 = 95 - 3'435 \cdot 10^3 (2'53 \cdot 10^{-4} + 8'212 \cdot 10^{-5}) = 93'852$$

$$|\dot{Q}| = \dot{Q}_{\text{convección exterior}} + \dot{Q}_{\text{radiación}}$$

$$\hookrightarrow \dot{Q}_{\text{convección exterior}} = \frac{Q_2 - Q_{\text{ext}}}{R_3}$$

$$R_3 = \frac{1}{h_2 \cdot A_2}$$

21/

El aire exterior a la habitación está en reposo, luego se trata de convección natural; para este caso de convección natural exterior a habitación, tenemos la siguiente correlación: $Nu = 0.53 Ra^{0.25}$

donde $Ra = Gr \cdot Pr$; la temperatura característica es la promedio entre la superficie y la del fluido: $T_{cc} = \frac{T_s + T_{ext}}{2} =$

$$= \frac{93.85 + 15}{2} = 54.42^\circ C$$

Aire a 54.42°C		$\rho_{54.42} = 1.0774 \text{ kg/m}^3$	$Pr_{54.42} = 0.7217$
		$c_{p54.42} = 1.007 \text{ kJ/kgK}$	
		$k_{54.42} = 0.02767 \text{ W/mK}$	
		$\mu_{54.42} = 1.9829 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$	
		$\nu_{54.42} = 1.84 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/s$	

$$Gr = \frac{\rho \beta (Q_2 - Q_{fext}) (D_1 + 2e)^3}{\mu^2}$$

$$= \frac{9'81 \cdot \frac{1}{(273+54'42)} \cdot (93'85 - 15) \cdot 0'05^3}{1'84 \cdot 10^{-5}} = 871.788$$

$$Ra = Gr \cdot Pr = 871.788 \cdot 0'7217 = 629.169$$

$$Nu = 0'53 \cdot Ra^{0'25} = 0'53 \cdot 629.169^{0'25} = 14'93$$

$$h_2 = \frac{Nu \cdot k_{Si422}}{(D_1 + 2e)} = \frac{14'93 \cdot 0'02767}{0'03 + 2 \cdot 0'01} = 8'26 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\dot{Q}_{\text{convection extender}} = h_2 \cdot A_2 (Q_2 - Q_{fext}) =$$

$$= 8'26 \cdot \pi (D_1 + 2e) L (Q_2 - Q_{fext}) =$$

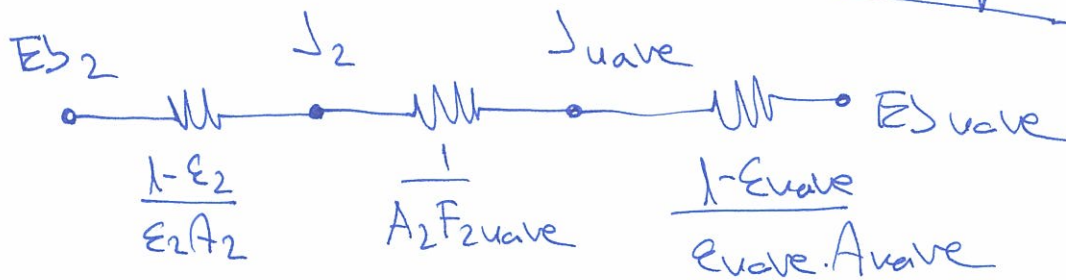
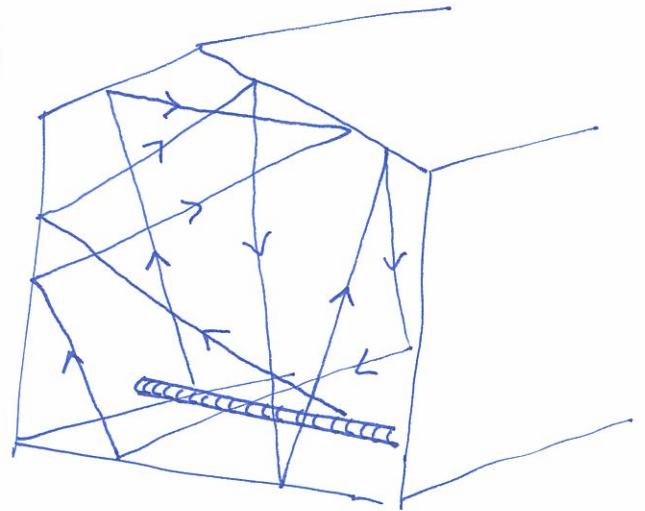
$$= 8'26 \cdot \pi \cdot 0'05 \cdot 18 (93'85 - 15) = 1'842 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{RADIATION}} = |\dot{Q}| - \dot{Q}_{\text{convection extender}} = 3'435 - 1'842 = 1'594 \text{ kW}$$

El intercambio de calor por radiación entre la superficie exterior / las alrededores, puede modelizarse como un cuerpo repetido dentro de un grande:

$$F_{2uave} \approx 1$$

$$A_2 \lll A_{uave}$$



$$\dot{Q}_{RADIACION} = \frac{Eb_2 - Es_{uave}}{\left[\frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2} + \frac{1}{F_{2uave}} + \left(\frac{1-\epsilon_{uave}}{\epsilon_{uave}} \cdot \frac{A_2}{A_{uave}} \right) \right] \frac{1}{A_2}} =$$

$A_2 \lll A_{uave}$

$$= \frac{(Eb_2 - Es_{uave}) A_2}{\frac{1}{\epsilon_2} - 1 + \frac{1}{F_{2uave}}} = \epsilon_2 A_2 (Eb_2 - Es_{uave}) :$$

24)

$\Rightarrow$ despejando ϵ_2 :

$$\boxed{\epsilon_2 = \frac{\dot{Q}_{\text{RADIACION}}}{A_2 (\epsilon_2 - \epsilon_{\text{cuake}})}} =$$

$$= \frac{\dot{Q}_{\text{RADIACION}}}{\pi (D_i + 2e) L \sigma (T_2^4 - T_{\text{cuake}}^4)} = \left\{ \begin{array}{l} \text{considerando} \\ Q_{\text{cuake}} = Q_{\text{fext}} \end{array} \right\} =$$

$$= \frac{1'594}{\pi \cdot 0.05 \cdot 18 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \left[(93.85 + 273)^4 - (15 + 273)^4 \right]} =$$

$$= \boxed{0'885}$$