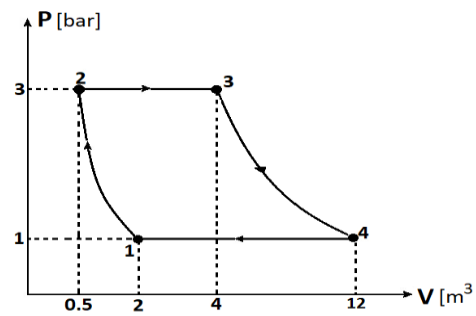
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
SECCIÓN ACADÉMICA DE TERMODINÁMICA
TERMODINÁMICA (1437) Y TERMODINÁMICA (0068)
PRIMER EXAMEN FINAL
TURNO MATUTINO

28 DE NOVIEMBRE DEL 2019 — 11:30 h, SEM 2020-1

Nombre del alumno: ____ **Firma:**____________________

Instrucciones: Lea cuidadosamente los seis problemas que se ofrecen y resuelva cuatro 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 gas ideal realiza un proceso cíclico, como se ilustra en el diagrama P-V. Durante el proceso de 2 a 3, el gas recibe $250\ [kJ]$ en forma de calor. El proceso de 3 a 4 ocurre según $PV = constante$. Durante el proceso de 4 a 1, el gas rechaza $100\ [kJ]$ de calor. Determine el cambio en la energía interna del gas, en $[kJ]$, para el proceso de 1 a 2.



2. En un recipiente aislado, donde hay una resistencia de inmersión de $1500\ [W]$ se introducen $5\ [kg]$ de agua, con una temperatura inicial de $20\ [°C]$. Determine el tiempo de operación de la resistencia para que se evapore el 80 [%] de la masa de agua. Considere $P_{amb} = 101.325\ [kPa]$.

3. En un recipiente adiabático se mezclan $10\ [kg]$ de agua a $60\ [°C]$ con $2\ [kg]$ de hielo a $-20\ [°C]$. Sabiendo que $c_{hielo} = 0.55\ [kcal/kg\ °C]$, $c_{agua} = 1\ [kcal/kg\ °C]$, $\lambda_{fus} = 79.7\ [kcal/kg]$ y que $T_{fus} = 0\ [°C]$, determine la temperatura de equilibrio del sistema.

4. A una turbina ingresa agua a $6000\ [kPa]$, $500\ [°C]$ y $100\left[\frac{m}{s}\right]$; sale como vapor saturado a $60\ [kPa]$. El tubo de entrada del vapor es de $60\ [cm]$ de diámetro mientras que el de salida es de $4.5\ [m]$. Determine la rapidez del vapor, en $\left[\frac{m}{s}\right]$, a la salida.

5. Se tienen $30[dm^3]$ de vapor de agua saturado y seco dentro de un cilindro con émbolo a $30[bar]$. Al vapor de agua se le realizan dos procesos, el primero es un enfriamiento a volumen constante hasta $200[°C]$, a continuación, se presenta una expansión isotérmica hasta que su volumen es el doble de su valor inicial. Determine la presión, en $[bar]$ al final de dichos procesos.

6. Dos máquinas térmicas que operan según el ciclo de Carnot funcionan en serie. La primera máquina (A) recibe calor a $927\ [°C]$ y expulsa calor a un depósito a cierta temperatura (T). La segunda máquina (B) recibe el calor que expulsa la primera y a su vez, expulsa calor a un depósito a $27\ [°C]$. Calcule la temperatura T, en[°C], si:

a) los trabajos de las dos máquinas son iguales.
b) las eficiencias de las dos máquinas son iguales.

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
SECCIÓN ACADÉMICA DE TERMODINÁMICA
TERMODINÁMICA (1437) Y TERMODINÁMICA (0068)
PRIMER EXAMEN FINAL
TURNO MATUTINO
SOLUCIÓN

28 DE NOVIEMBRE DEL 2019 | 11:30 h, SEM 2020-1

1.

$$ {}_1\Delta U_2 + {}_2\Delta U_3 + {}_3\Delta U_4 + {}_4\Delta U_1 = 0 $$

$$ {}_1\Delta U_2 = - {}_2\Delta U_3 - {}_3\Delta U_4 - {}_4\Delta U_1 $$

Proceso 2-3

$$ {}_2\Delta U_3 = Q_{23} + W_{23} = Q_{23} - P_3(V_3 - V_2) $$

$$ {}_2\Delta U_3 = 250 \times 10^3[J] - 3 \times 10^5[Pa](4 - 0.5)[m^3] $$

$$ {}_2\Delta U_3 = -800 \times 10^3[J] $$

Proceso 3 – 4

$$ {}_3\Delta U_4 = 0 $$

Proceso 4 – 1

$$ {}_4\Delta U_1 = Q_{41} + P_4(V_1 - V_4) $$

$$ {}_4\Delta U_1 = -100 \times 10^3[J] - 10^5[Pa](2 - 12)[m^3] $$

$$ {}_4\Delta U_1 = 900 \times 10^3[J] $$

$$ \therefore \quad {}_1\Delta U_2 = -(-800 \times 10^3[J]) - (900 \times 10^3[J]) $$

$$ {}_1\Delta U_2 = -100\ [kJ] $$

2.

$T_i = 20\ [°C]\ ,\ P = 101.325\ [kPa]$

De tablas de agua saturada: $h_{fg} = 2256.5\ \left[\frac{kJ}{kg}\right]$

Para evaporar 80%: $Q_{total} = Q_{sensible} + Q_{latente} = mc\Delta T + 0.8mh_{fg}$

$$ Q_{total} = 5[kg] \times 4.186\left[\frac{kJ}{kgK}\right] \times (100 - 20)[K] + 0.8(5)[kg] \times 2256.5\ \left[\frac{kJ}{kg}\right] = 10{,}700.4[kJ] $$

$$ t = \frac{Q_{total}}{\dot{Q}} = \frac{10{,}700.4[kJ]}{1.5\left[\frac{kJ}{s}\right]} = 7133.6[s] = 1.98\ [horas] $$

3.

Despreciando las pérdidas al ambiente

$$Q_{ganado} + Q_{cedido} = 0$$

$$(mc\Delta T)_{hielo} + m_{hielo}\lambda_{fus} + (mc\Delta T)_{fundido} + (mc\Delta T)_{líq.} = 0$$

$$\left(mc(T_f - T_i)\right)_{hielo} + m_{hielo}\lambda_{fus} + \left(mc(T_{eq} - T_{fus})\right)_{fundido} + \left(mc(T_{eq} - T_i)\right)_{líq.} = 0$$

Despejando T_f :

$$T_{eq} = \frac{m_h c_h T_{i_h} - m_h \lambda_{fus} + m_l c_l T_{i_l}}{m_h c_h + m_l c_l}$$

$$c_h = 0.55x10^3\left[\frac{cal}{kg \cdot °C}\right]\left(\frac{4.186[J]}{1[cal]}\right) = 2302\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right] \quad ; \quad c_l = 1\left[\frac{cal}{g \cdot °C}\right]\left(\frac{4.186[J]}{1[cal]}\right)\left(\frac{1000[g]}{1[kg]}\right) = 4186\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]$$

$$\lambda_{fus} = 79.7\left[\frac{kcal}{kg}\right] = 79.7x10^3\left[\frac{cal}{kg}\right]\left(\frac{4.186[J]}{1[cal]}\right) = 333624\left[\frac{J}{kg}\right]$$

y sustituyendo datos:

$$T_{eq} = \frac{2[kg]\left(2302\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]\right)(-20[°C]) - 2[kg]\left(333624\left[\frac{J}{kg}\right]\right) + 10[kg]\left(4186\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]\right)(60[°C])}{2[kg]\left(4186\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]\right) + 10[kg]\left(4186\left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]\right)}$$

$$T_{eq} = \frac{-92080[J] - 667248[J] + 2511600[J]}{8372\left[\frac{J}{°C}\right] + 41860\left[\frac{J}{°C}\right]} = \frac{1752272[J]}{50232\left[\frac{J}{°C}\right]}$$

$$T_{eq} = 34.88\ [°C]$$

4.

$$estado\ 1: \begin{cases} P_1 = 6[MPa] \\ T_1 = 500[°C] \end{cases} \Rightarrow vapor\ sobrecalentado \Rightarrow \begin{cases} h_1 = 3423.1\left[\frac{kJ}{kg}\right] \\ v_1 = 0.05667\left[\frac{m^3}{kg}\right] \end{cases}$$

$$estado\ 2: \begin{cases} P_2 = 60[kPa] \\ x_2 = 1 \end{cases} \Rightarrow$$

$P[kPa]$	$v_g\left[m^3/kg\right]$
50	3.2403
60	v_2
75	2.2172

Interpolando: $\frac{(75-50)[kPa]}{(2.2172-3.2403)\left[m^3/kg\right]} = \frac{(60-50)[kPa]}{(v_2-3.2403)\left[m^3/kg\right]}; \quad v_2 = 2.8311\left[m^3/kg\right]$

$$\dot{m} = A_1\vec{v}_1\rho_1 = \frac{A_1\vec{v}_1}{v_1} = \frac{\pi\phi^2\vec{v}_1}{4v_1} = \frac{\pi\left(0.6[m]\right)^2\left(100\left[\frac{m}{s}\right]\right)}{4\left(0.05667\left[\frac{m^3}{kg}\right]\right)} = 498.93\left[\frac{kg}{s}\right] = \frac{A_2\vec{v}_2}{v_2}$$

$$\vec{v}_2 = \frac{498.93\left[\frac{kg}{s}\right]\left(2.8311\left[\frac{m^3}{kg}\right]\right)}{\frac{\pi}{4}\left(4.5[m]\right)^2} = 88.81\left[\frac{m}{s}\right]$$

5.

$$estado\ 1: \left\{P_1 = 30[bar] = 3000[kPa];\quad \text{de tablas} \Rightarrow v_1 = v_{1g} = 0.066667\left[\frac{m^3}{kg}\right] = v_2\right.$$

$$estado\ 2: \begin{cases} v_2 = 0.066667\left[\frac{m^3}{kg}\right] \\ T_2 = 200[°C] \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_{f_2} = 0.001157\left[\frac{m^3}{kg}\right] \\ v_{g_2} = 0.12721\left[\frac{m^3}{kg}\right] \end{cases}$$

como $v_{f_2} < v_2 < v_{g_2}$, *el estado 2 es una mezcla*

$$estado\ 3: v_3 = 2v_2 = 2\left(0.066667\left[\frac{m^3}{kg}\right]\right) = 0.1333\left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

como $v_3 < v_{g_2}$, *el estado 3 es vapor sobrecalentado*

$$estado\ 3: \begin{cases} v_3 = 0.1333\left[\frac{m^3}{kg}\right] \\ T_3 = 200[°C] \end{cases}$$

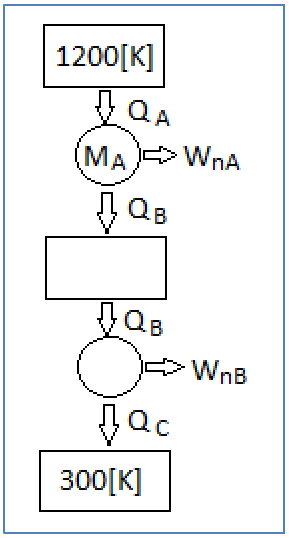
de tablas de vapor sobrecalentado:

$v\left[\frac{m^3}{kg}\right]$	$P[MPa]$
0.16934	1.2
0.14303	1.4
0.1333	P_3

extrapolando:

$$\frac{(0.1333-0.16934)\left[\frac{m^3}{kg}\right]}{(P_3-1.2)[MPa]} = \frac{(0.14303-0.16934)\left[\frac{m^3}{kg}\right]}{(1.4-1.2)[MPa]} \Rightarrow P_3 = 1.474[MPa] = 14.74[bar]$$

6.



$$a)\quad \left(1-\frac{T}{1200[K]}\right)Q_A=\left(1-\frac{300[K]}{T}\right)Q_B$$

$$n_{M_A}=\frac{W_{nA}}{Q_A}=1-\frac{Q_B}{Q_A}$$

$$\frac{Q_B}{Q_A}=1-n_{M_A}=\frac{T}{1200[K]}\quad ;\quad 1-\frac{T}{1200[K]}=\left(1-\frac{300[K]}{T}\right)\frac{T}{1200[K]}$$

$$T=750[K]=477[°C]$$

$$b)\quad n_{M_A}=1-\frac{T}{1200[K]}$$

$$n_{M_B}=1-\frac{300[K]}{T}$$

$$\Rightarrow\quad \frac{T}{1200[K]}=\frac{300[K]}{T}\quad\Rightarrow\quad T^2=36x10^4[K^2]\quad T=600[K]=327[°C]$$