



Ingeniería Termodinámica
Ejercicios del capítulo 4 del libro de texto

Trabajo de Fronteras móviles

- 4.11** Una masa de 5 (kg) de vapor de agua saturado a 300 (kPa) se calienta a presión constante hasta que la temperatura alcanza 200 (°C). Calcule el trabajo **realizado** por el vapor durante este proceso. **165,9 (kJ)**

$$\begin{aligned}m &= 5 \\P_1 &= 300 \\T_2 &= 200 \\Work &= P_1 * m * (v_2 - v_1) \\v_1 &= \text{VOLUME}(\text{Water}, x=1, P=P_1) \\v_2 &= \text{VOLUME}(\text{Water}, T=T_2, P=P_1)\end{aligned}$$

- 4.12** Un dispositivo de cilindro-émbolo sin fricción contiene inicialmente. 200 (L) de refrigerante 134^a líquido saturado. El émbolo tiene libertad para moverse y su masa es tal que mantiene una presión de 900 (kPa) sobre el refrigerante. Luego, el refrigerante se calienta hasta 70 (°C). Calcule el trabajo **realizado** durante este proceso. **5 571 (kJ)**

$$\begin{aligned}\text{Volumen} &= 200/1000 \\P_1 &= 900 \\T_2 &= 70 \\Work &= P_1 * m * (v_2 - v_1) \\v_1 &= \text{VOLUME}(\text{R134a}, x=0, P=P_1) \\v_2 &= \text{VOLUME}(\text{R134a}, T=T_2, P=P_1) \\m &= \text{Volumen}/v_1\end{aligned}$$

- 4.15** Una masa de 2,4 (kg) de aire a 150 (kPa) y 12 (°C) está contenida en, un dispositivo hermético de gas de cilindro-émbolo sin fricción. Después el aire le comprime hasta una presión final de 600 (kPa). Durante el proceso se transfiere calor desde el aire para que la temperatura en el interior del cilindro se mantenga constante. Calcule el trabajo **ingresado** durante este proceso. **272 (kJ)**

$$\begin{aligned}m &= 2,4 \\P_1 &= 150 \\T_1 &= 273.15 + 12 \\P_2 &= 600 \\Work &= m * R * T_1 * \ln(P_1/P_2) \\R &= R\#/\text{MOLARMASS}(\text{Air})\end{aligned}$$



- 4.16E** Durante un proceso de expansión, la presión de un gas cambia de 15 a 100 (psia) de acuerdo con la relación $P = a V + b$, donde $a = 5$ (psia/pie³) y b es una constante. Si el volumen inicial del gas es 7 (pie³), calcule el trabajo **efectuado** durante el proceso.

180.9 (Btu)

$$P_1 = a \cdot V_1 + b$$

$$V_1 = 7$$

$$P_1 = 15$$

$$P_2 = 100$$

$$a = 5$$

$$P_2 = a \cdot V_2 + b$$

$$\text{Work} = \text{INTEGRAL}((a \cdot V + b), V, V_1, V_2)$$

$$c = 5.40395$$

$$\text{Trabajo} = \text{Work}/c$$

- 4.19** Un dispositivo sin fricción de cilindro-émbolo contiene 2 (kg) de nitrógeno a 100 (kPa) y 300 (K). El nitrógeno se comprime lentamente de acuerdo a la relación $PV^{1.4} = \text{constante}$ hasta que se alcanza una temperatura final de 360 (K). Calcule la **entrada** de trabajo durante este proceso. **89 (kJ)**

$$m = 2$$

$$P_1 = 100$$

$$T_1 = 300$$

$$T_2 = 360$$

$$\text{Work} = m \cdot R \cdot (T_2 - T_1) / (1 - k)$$

$$k = 1.4$$

$$R = R\# / \text{MolarMass}(\text{Nitrogen})$$

- 4.22** EL dióxido de carbono contenido en un dispositivo de cilindro-émbolo se comprime de 0,3 a 0,1 (m³). Durante el proceso, la presión y el volumen se relacionan mediante $P = a V^2$, donde $a = 8$ (kPa · m⁶). Calcule el trabajo efectuado **sobre** el dióxido de carbono durante este proceso. **53,3 (kJ)**

$$\text{Vol}_1 = 0.3$$

$$\text{Vol}_2 = 0.1$$

$$a = 8$$

$$\text{Work} = \text{INTEGRAL}(a \cdot V^{(-2)}, V, \text{Vol}_1, \text{Vol}_2)$$



- 4.24** Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene al inicio 0,25 (kg) de gas nitrógeno a 130 (kPa) y 120 (°C). El nitrógeno se expande isotérmicamente hasta una presión de 100 (kPa). Determine el trabajo de frontera hecho durante este proceso. **7,65 (J)**

$$m=0.25$$

$$P_1=130$$

$$T_1=273.15+120$$

$$P_2=100$$

$$\text{Work}=m \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln(P_1/P_2)$$

$$R=R\#/MolarMass(\text{Nitrogen})$$

- 4.37** Un dispositivo que consta de cilindro-émbolo contiene 5 (kg) de refrigerante 134^a a 800 (kPa) y 70 (°C). La sustancia se enfría a presión constante hasta que pasa a ser un líquido a 15 (°C). Determine la cantidad de calor perdido y muestre el proceso en un diagrama $T-v$ con respecto a las líneas de saturación. **1 173 (kJ)**

$$P_1=800$$

$$T_1=70$$

$$T_2=15$$

$$m=5$$

$$v_1=\text{Volume}(R134a, T=T_1, P=P_1)$$

$$v_2=\text{Volume}(R134a, T=T_2, P=P_1)$$

$$\text{Work}=P_1 \cdot m \cdot (v_2 - v_1)$$

$$u_1=\text{IntEnergy}(R134a, T=T_1, P=P_1)$$

$$u_2=\text{IntEnergy}(R134a, T=T_2, P=P_1)$$

$$\text{DELTA}_U = m \cdot (u_2 - u_1)$$

$$\text{DELTA}_\text{Calor} = \text{Work} + \text{DELTA}_U$$

$$h_1=\text{Enthalpy}(R134a, T=T_1, P=P_1)$$

$$h_2=\text{Enthalpy}(R134a, T=T_2, P=P_1)$$

$$\text{DELTA}_\text{Energia} = m \cdot (h_2 - h_1)$$



- 4.39** Un dispositivo aislado compuesto de cilindro-émbolo contiene 5 (L) de agua líquida saturada a una presión constante de 175 (kPa). El agua es agitada con una rueda de paletas mientras fluye una corriente de 8 (A) durante 45 (minutos) por una resistencia colocada en el agua. Si la mitad del líquido se evapora durante este proceso a presión constante y el trabajo de la rueda de paletas equivale a 400 (kJ) determine el voltaje de la fuente. También muestre el proceso en un diagrama P - v con respecto a las líneas de saturación. **224 (V)**

$$\text{Vol}_1 = 5/1000$$

$$P_1 = 175$$

$$I = 8$$

$$t = 60 * 45$$

$$\text{Work}_{\text{hélice}} = 400$$

$$x = 0.5$$

$$m = \text{Vol}_1 / v_1$$

$$v_1 = \text{Volume}(\text{Steam}, x=0, P=P_1)$$

$$h_1 = \text{Enthalpy}(\text{Steam}, x=0, P=P_1)$$

$$h_2 = \text{Enthalpy}(\text{Steam}, x=x, P=P_1)$$

$$\text{DELTA}_H = m * (h_2 - h_1)$$

$$\text{Work}_{\text{eléctrico}} = \text{Voltaje} * I * t / \text{factor}_1$$

$$\text{factor}_1 = 1000$$

$$\text{Work}_{\text{eléctrico}} + \text{Work}_{\text{hélice}} = \text{DELTA}_H$$

- 4.40** Un dispositivo de cilindro-émbolo sin fricción contiene vapor a 200 (kPa), 200 (°C) y 0,5 (m³). En este estado, un resorte lineal ($F \propto x$) toca el émbolo pero no ejerce fuerza sobre él. Se transfiere calor lentamente al vapor, lo cual provoca que la presión y el volumen aumenten a 500 (kPa) y 0,6 (m³). Muestre el proceso en un diagrama P - v con respecto a las líneas de saturación y determine:

a) La temperatura final **1 132 (C)**

b) el trabajo por el vapor **35 (kJ)**

c) El calor total transferido **808 (kJ)**

$$P_1 = 200$$

$$T_1 = 200$$

$$\text{Vol}_1 = 0.5$$

$$\text{Vol}_2 = 0.6$$

$$P_2 = 500$$

$$v_1 = \text{Volume}(\text{Water}, T=T_1, P=P_1)$$

$$u_1 = \text{IntEnergy}(\text{Water}, T=T_1, P=P_1)$$

$$v_1 = \text{Vol}_1 / m$$

$$v_2 = \text{Vol}_2 / m$$

$$T_{\text{final}} = \text{Temperature}(\text{Water}, P=P_2, v=v_2)$$

$$u_2 = \text{IntEnergy}(\text{Water}, P=P_2, v=v_2)$$

$$\text{Calor}_{\text{transferido}} = m * (u_2 - u_1) + \text{Work}$$

$$\text{Work} = 0.5 * (P_1 + P_2) * (\text{Vol}_2 - \text{Vol}_1)$$



¿???? Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene inicialmente $0,8 \text{ (m}^3\text{)}$ de vapor de agua saturado a 250 (kPa) . En este estado el émbolo descansa sobre un conjunto de topes y la masa del émbolo es tal que se requiere una presión de 300 (kPa) para moverlo. Se transfiere calor lentamente hacia el vapor hasta que duplica su volumen. Muestre el proceso en un diagrama $P-v$ con respecto a las líneas de saturación y determine:

- a) La temperatura final **662 (C)**
b) El trabajo hecho durante el proceso **240 (kJ)**
c) La transferencia de calor total **1 213 (kJ)**

$$\text{Vol}_1=0.8$$

$$\text{Vol}_3=2*\text{Vol}_1$$

$$P_1=250$$

$$P_2=300$$

$$\text{Work}=P_2*(\text{Vol}_3-\text{Vol}_1)$$

$$m=\text{Vol}_1/v_1$$

$$v_1=\text{Volume}(\text{Steam},x=1,P=P_1)$$

$$v_3=\text{Vol}_3/m$$

$$T_{\text{Final}}=\text{Temperature}(\text{Steam},v=v_3,P=P_2)$$

$$u_1=\text{IntEnergy}(\text{Steam},x=1,P=P_1)$$

$$u_3=\text{IntEnergy}(\text{Steam},v=v_3,P=P_2)$$

$$\text{Calor_transferido}=\text{Work}+m*(u_3-u_1)$$

4.127 Un dispositivo sin fricción que consta de cilindro-émbolo contiene inicialmente aire a 200 (kPa) y $0,2 \text{ (m}^3\text{)}$. En este estado, un resorte lineal ($F \propto x$) toca el émbolo pero no ejerce fuerza sobre él. El aire se calienta después hasta un estado final de $0,5 \text{ (m}^3\text{)}$ y 800 (kPa) . Determine:

- a) el trabajo total efectuado por el aire **150 (kJ)**
b) el trabajo realizado contra el resorte **90 (kJ)**

$$P_1=200$$

$$\text{Volumen}_1=0.2$$

$$P_2=800$$

$$\text{Volumen}_2=0.5$$

$$\text{Work_total}=0.5*(P_2+P_1)*(\text{Volumen}_2-\text{Volumen}_1)$$

$$\text{Work_spring}=0.5*(P_2-P_1)*(\text{Volumen}_2-\text{Volumen}_1)$$



- 4.131** En un dispositivo de cilindro-émbolo está una masa de 12 (kg) de vapor saturado de refrigerante 134^a a 240 (kPa). Se transfieren 300 (kJ) de calor al refrigerante a presión constante, mientras una fuente de 110 (V) suministra corriente a un resistor dentro del cilindro durante 6 (min). Determine la corriente suministrada si la temperatura final es de 70 (°C), también muestre el proceso en un diagrama $T-v$ con respecto a las líneas de saturación. **12,8 (A)**

$m=12$
 $P_1=240$
 $Q_{in}=-300$
 $Voltaje=110$
 $t=60*6$
 $T_2=70$
 $h_1=Enthalpy(R134a,x=1,P=P_1)$
 $h_2=Enthalpy(R134a,T=T_2,P=P_1)$
 $DELTA_h=(h_2-h_1)$
 $Q_{total}=Q_{in}+m*DELTA_h$
 $Q_{total}=Voltaje*Intensidad*t/factor_1$
 $factor_1=1000$

- 4.133** Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene inicialmente gas helio a 150 (kPa), 20 (°C) y 0,5 (m³). El helio se comprime ahora en un proceso politrópico ($P V^n = \text{constante}$) hasta 400 (kPa) y 140 (°C). Determine la pérdida o ganancia de calor durante este proceso. **- 11,2 (kJ)**

$P_1=150$
 $T_1=273.15+20$
 $Volumen_1=0.5$
 $P_2=400$
 $T_2=273.15+140$
 $(P_1*Volumen_1)/T_1=(P_2*Volumen_2)/T_2$
 $P_1*Volumen_1^n=P_2*Volumen_2^n$
 $Work=(P_2*Volumen_2-P_1*Volumen_1)/(1-n)$
 $u_1=IntEnergy(Helium,T=T_1,P=P_1)$
 $u_2=IntEnergy(Helium,T=T_2,P=P_2)$
 $P_1*Volumen_1=m*R*T_1$
 $R=R\#/MolarMass(Helium)$
 $Q-Work=m*(u_2-u_1)$
 $cv_1=Cv(Helium,T=T_1,P=P_1)$
 $Calor-Work=m*cv_1*(T_2-T_1)$