DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
EXAMEN DEPARTAMENTAL DE PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO (1314)
SEGUNDO EXAMEN PARCIAL SEMESTRE 2013 – 1
Sábado 20 de octubre de 2012, 8:00 horas

Tipo
Edme Mariotte (1620 – 1684)

Resolución:

1. En un compresor se tiene nitrógeno con un volumen de 800 [cm^3] a 45 [°C] y una presión de 101 325 [Pa]. Se expande adiabáticamente hasta que su volumen alcanza el doble. Determine:

a) El número de moles de nitrógeno dentro del compresor y la temperatura final del gas.
b) El trabajo de expansión.

a) $V_1 = 800\ [\text{cm}^3] = 0.0008\ [\text{m}^3]$
$T_1 = 45\ [°\text{C}] = 318.15\ [\text{K}]$
$P_1 = 101\ 325\ \text{Pa}$
$V_2 = 2V_1$

$$PV = n\bar{R}T\,, \qquad n = \frac{P_1V_1}{\bar{R}T_1} = \frac{(101\ 325\ \text{Pa})(0.0008\ \text{m}^3)}{\left(8.314\ \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)(318.15\ \text{K})}\ ; \qquad \mathbf{n = 0.0306\ [mol]}$$

Para un proceso adiabático: $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1}\,, \quad T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1}\,,$

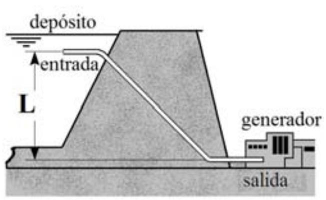
$$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{k-1} = T_1\left(\frac{1}{2}\right)^{k-1} = (\ 318.15\ \text{K})(0.5)^{1.4-1}; \qquad \mathbf{T_2 = 241.11\ [K]}$$

b) $${}_1W_2 = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{k-1}\ , \qquad P_1V_1{}^k = P_2V_2{}^k\ ;\ P_2 = P_1(0.5)^k = (\ 101\ 325\ \text{Pa})(0.5)^{1.4} = 38\ 395\ \text{Pa}$$

$${}_1W_2 = \frac{(38\ 395\ \text{Pa}\ )(2)(0.0008\ \text{m}^3) - (\ 101\ 325\ \text{Pa})(0.0008\ \text{m}^3)}{1.4-1}\,, \qquad {}_1\mathbf{W_2} = \mathbf{-49.07\ \ [J]}$$

2. En la presa que se muestra, el agua fluye en la entrada del conducto con una rapidez de 0.4 [m/s] y sale a 9.5 [m/s] al edificio del generador, 175 [m] por debajo de la toma. Considerando que la temperatura del agua en la presa es 28 [°C] y que la aceleración gravitatoria del lugar es 9.78 [m/s^2], determine:

a) La diferencia de presiones entre la salida y la entrada de la toma.
b) El diámetro del conducto a la salida conectada al edificio del generador, si el área de entrada en la toma es 0.7 [m^2].



L = 175 [m]

a) $v_1 = 0.4\frac{\text{m}}{\text{s}}, \qquad v_2 = 9.5\frac{\text{m}}{\text{s}}\,, \qquad \Delta P = P_2 - P_1$

con la ecuación de Bernoulli: $\frac{1}{2}v_1{}^2\rho + \rho\,g\,z_1 + P_1 = \frac{1}{2}v_2{}^2\rho + \rho\,g\,z_2 + P_2\ ;$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\,\rho\,(v_1{}^2 - v_2{}^2) + \rho\,g\,(z_1 - z_2)$$

$$\Delta P = \frac{1}{2}\left(10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left[\left(0.4\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(9.5\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2\right] + \left(10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(9.78\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)[(175\text{m}) - (0)]$$

$$\Delta P = (\ -45\ 045\ )\text{Pa}\ + (\ 1\ 711{,}500)\text{P}; \qquad \mathbf{\Delta P = 1\ 666.455\ [kPa]}$$

b) $\dot{m}_1 = \dot{m}_2\ ; \qquad \dot{m} = \rho\,v\,A\,, \qquad \rho_1v_1A_1 = \rho_2v_2A_2\ , \qquad \rho_1 = \rho_2$

$v_1A_1 = v_2A_2\,, \qquad A = \frac{1}{4}\,\pi d^2\ ,\ \ A_2 = \frac{v_1A_1}{v_2}\ ; \qquad \text{entonces} \qquad \frac{1}{4}\pi d_2{}^2 = \frac{v_1}{v_2}\,A_1$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4v_1A_1}{\pi\,v_2}} = \sqrt{\frac{4\left(0.4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(0.7\ \text{m}^2)}{\pi(9.5\ \frac{\text{m}}{\text{s}})}} = 0.1937\ \text{m}\ \ , \qquad \mathbf{d_2 = 19.37\ [cm]}$$

3. Se tienen 1.6 [kg] de hielo a 0 [°C] a nivel del mar en un recipiente de paredes adiabáticas. Se pone en contacto con vapor saturado que sale de una turbina a 100 [°C]. Determine:

a) La cantidad de vapor que salió de la turbina si se sabe que en la situación de equilibrio se llegó a líquido saturado a 100 [°C].
b) La variación de entropía de la masa que originalmente era hielo, al ponerse en contacto con el vapor.

a) $m_H = 1.6\ \text{kg}$ (masa que originalmente era hielo a 0 [°C])
$T_{iH} = 0\ [°\text{C}]$, (temperatura inicial de la masa m_H)
$T_{iv} = 100°\text{C}$, (temperatura inicial del vapor que sale de la turbina)
Sistema termodinámico: contenido del recipiente de paredes adiabáticas (sistema aislado)
$Q = 0\ ; \qquad Q_H + Q_v = 0$

$$m_Hh_{fus} + m_Hc_L(T_{eb} - T_{fus}) - m_vh_{eb} = 0\ , \quad \text{de donde} \quad m_v = \frac{m_Hh_{fus} + m_Hc_L(T_{eb} - T_{fus})}{h_{eb}}$$

$$m_v = \frac{(1.6\ \text{kg})\left(333\ \times\ 10^3\,\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right) + (1.6\ \text{kg})\left(4186\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{k}}\right)(100-0)°\text{C}}{2\ 257\ 000\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}}\ \ ; \qquad \mathbf{m_v = 0.5328\ [kg]}$$

b) $$\Delta S_H = \int_1^2\frac{\delta Q}{T}\ \ ; \qquad \Delta S_H = \int_1^3\frac{\delta Q}{T} + \int_3^2\frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T_{fus}}\int_1^3\delta Q + \int_3^2\frac{m_Hc_LdT}{T}$$

$$\Delta S_H = \frac{1}{T_{fus}}\ {}_1Q_3 + m_H\,c_L\int_3^2\frac{dT}{T} = \frac{1}{T_{fus}}m_H\,h_{fus} + m_H\,c_L\,\text{Ln}\,\frac{T_3}{T_2}$$

$T_2 = T_{fus} = 0°\text{C} = 273.15\ \text{K}\ , \quad T_3 = T_{eb} = 100°\text{C} = 373.15\ \text{K}\ \ ;$

$$\Delta S_H = \frac{m_H\,h_{fus}}{T_{fus}} + m_Lc_L\text{Ln}\frac{T_{eb}}{T_{fus}}\ ,$$

$$\Delta S_H = \frac{(1.6\ \text{kg})\left(333\ \times\ 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}\right)}{273.15\ \text{K}} + \ (1.6\ \text{kg})\left(4\ 186\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right)\text{Ln}\frac{373.15\ \text{K}}{273.15\ \text{K}}$$

$$\Delta S_H = 1\ 950.5766\ \frac{\text{J}}{\text{K}} + 2\ 089.3792\ \frac{\text{J}}{\text{K}}\ ; \qquad \boldsymbol{\Delta S_H = 4\ 039.9559}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}\right]$$

4. Un refrigerador doméstico funciona retira calor de un compartimiento de alimentos a una tasa promedio de 880 [kJ/h]. Si el rendimiento de dicho refrigerador es 2.2, determine:

a) La energía eléctrica que recibe el compresor de dicho dispositivo en el lapso de 3 minutos.
b) El rendimiento máximo posible que podría lograrse si los depósitos térmicos entre los que operara el refrigerador fuesen – 4 [°C] y 27 [°C].

En un cada unidad de tiempo: $\dot{Q}_B = 880\ \times\ 10^3\ \frac{\text{J}}{\text{h}}\left(\frac{1\ \text{h}}{3\ 600\ \text{s}}\right) = 244.4444\ \frac{\text{J}}{\text{s}}$

$$\beta = \frac{\dot{Q}_B}{\dot{W}}\ ; \qquad \dot{W} = \frac{\dot{Q}_B}{\beta} = \frac{244.4444\ \frac{\text{J}}{\text{s}}}{2.2} = 111.1111\ \text{W}$$

$$W = \ \dot{W}\Delta t = (\ 111.1111\ \text{W})(3)(60\ \text{s})\ \ , \qquad \mathbf{W_{comp}} \ = \ \mathbf{20}\ [\ \mathbf{k\ J}\ ]$$

b) $T_A = 27\ °\ C = 300.15\ \text{K}\ ;\qquad T_B = \ -4°C = 269.15\ \text{K}$

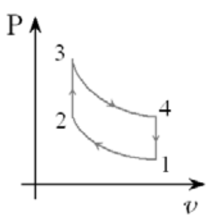
$$\beta_c = \frac{T_B}{T_A - T_B} = \frac{269.15\ \text{K}}{(\ 300.15 - 269.15\ )\text{K}}\ \ ; \qquad \boldsymbol{\beta_c = 8.6823}\ [\mathbf{1}]$$

5. Para un ciclo de Otto reversible que opera con aire, cuya relación de compresión es 12, se sabe que la temperatura alcanzada por el gas al final de la compresión adiabática es 590 [°C]. Determine:

a) El cambio de entropía y de entropía especifica en dicho proceso adiabático.
b) La temperatura inicial del gas.

a) Como es un proceso adiabático reversible: $\boldsymbol{\Delta S = 0}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}\right]$

y $\boldsymbol{\Delta s = 0}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{kg\cdot K}}\right]$



b) $r = 12\ ,\quad v_1 = 12\ v_2\ \ ;\qquad T_2 = 590\ °C = 863.15\ \text{K}$

$$\Delta s = \ c_v \text{Ln}\frac{T_2}{T_1} + \ R\ \text{Ln}\ \frac{v_2}{v_1}\ \ ; \qquad \Delta s = 0\ \ , \qquad \text{por lo tanto}$$

$$c_v \text{Ln}\ \frac{T_2}{T_1} = \ -R\ \text{Ln}\ \left(\frac{1}{r}\right)\ , \qquad \text{Ln}\ \frac{T_2}{T_1} = \ -\ \frac{R}{c_v}\ \text{Ln}\ \left(\frac{1}{r}\right)$$

$$T_1 = \frac{T_2}{e^{-\frac{R}{c_v}\text{Ln}\left(\frac{1}{r}\right)}} = \frac{863.15\ \text{K}}{e^{-\frac{286.7}{717.3}\text{Ln}\left(\frac{1}{12}\right)}}\ ; \qquad \mathbf{T_1 = 319.70}\ [\mathbf{K}] = \mathbf{46.55}\ [°\mathbf{C}]$$

. En una práctica de laboratorio de esta asignatura, un grupo de alumnos midió la diferencia de potencial (V_{ab}) en un resistor al variar la corriente eléctrica (I) que circulaba en dicho dispositivo eléctrico; obtuvo la tabla que se muestra. Con base en ello, determine:

a) El modelo matemático que relaciona a la diferencia de potencial (V_{ab}) en función de la corriente eléctrica (I).
b) El porcentaje de error en la determinación de la resistencia si, de acuerdo con el fabricante, la resistencia nominal del dispositivo es 560 [Ω].

I [mA]	V_{ab} [V]
25	14.3
30	17
35	19.8
40	22.1

a) $V_{ab} = \ m\ I + b\ ;$ empleando el método del mínimo de la suma de los cuadrados:

tenemos que: $m = 0.524\ \left[\frac{\text{V}}{\text{mA}}\right]$ y $b = 1.27\ [\text{V}]$; por lo tanto el modelo matemático es:

$$\mathbf{V_{ab}}[\mathbf{V}] = \mathbf{0.524}\ \left[\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{mA}}\right]\mathbf{I}[\mathbf{mA}] + \mathbf{1.27}\ [\mathbf{V}]$$

o bien $\mathbf{V_{ab}}[\mathbf{V}] = \mathbf{524}\ \left[\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{A}}\right]\mathbf{I}[\mathbf{A}] + \mathbf{1.27}\ [\mathbf{V}]$

b) de acuerdo con la relación de Ohm: $V_{ab} = \ R\ I$, entonces

$m = R$, por lo que $R = 0.524\ \frac{\text{V}}{\text{mA}} = 524\ \Omega$

$$\%\ e = \left|\frac{R_{nom} - R_{exp}}{R_{nom}}\right| \times\ 100\ \% = \left|\frac{(560 - 524)\Omega}{560\ \Omega}\right| \times\ 100\ \%\ ; \qquad \%\ \mathbf{e} = \mathbf{6.4286}\ \%$$

Tipo
Samuel Finley Breese Morse (1791 – 1872)

Solución

1. **a)** $\mathbf{n = 0.0345}\ [\mathbf{mol}]$, $\mathbf{T_2 = 205.01}\ [\mathbf{K}]$; **b)** ${}_1\mathbf{W_2} = \ \mathbf{-81.0715}\ [\ \mathbf{J}\ ]$

2. **a)** $\boldsymbol{\Delta P = 2\ 057.655}\ [\mathbf{kPa}]$; **b)** $\mathbf{d_2 = 21.97}\ [\mathbf{cm}]$

3. **a)** $\mathbf{m_v = 0.5994}\ [\mathbf{kg}]$; $\boldsymbol{\Delta S_H = 4\ 544.9503}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}\right]$

4. **a)** $\mathbf{W_{comp}} \ = \ \mathbf{18}\ [\ \mathbf{k\ J}\ ]$; b) $\boldsymbol{\beta_c = 7.1662}\ [\mathbf{1}]$

5. **a)** $\boldsymbol{\Delta S = 0}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}\right]$, $\boldsymbol{\Delta s = 0}\ \left[\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{kg\cdot K}}\right]$; b) $\mathbf{T_1 = 302.59}\ [\mathbf{K}] = \mathbf{29.44}\ [°\mathbf{C}]$

6. **a)** $\mathbf{V_{ab}}[\mathbf{V}] = \mathbf{440.6}\ \left[\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{A}}\right]\mathbf{I}[\mathbf{A}] + \mathbf{1.048}\ [\mathbf{V}]$;

b) $\%\ \mathbf{e} = \mathbf{6.2553}\ \%$

2012 AÑO INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA SOSTENIBLE PARA TODOS