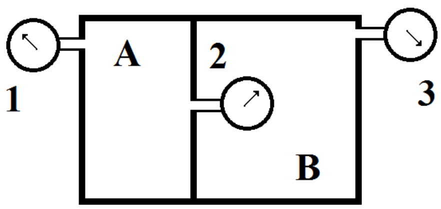
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
EXAMEN COLEGIADO DE PRINCIPIOS DE
TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO (1314)
SEGUNDO EXAMEN FINAL SEMESTRE 2015 – 2
Lunes 1 de junio de 2015, 8:00 horas

Tipo
Enrico Fermi (1901 – 1954)

Resolución

1. En la figura se muestra un tanque dividido en dos compartimientos y en cada uno hay un fluido compresible. El vacuómetro 1 indica una presión de 0.2 [bar] y el manómetro 3 una presión de 20 [kPa]. Si un barómetro, en el lugar, indica 50 [cm] de mercurio y la aceleración gravitatoria es 9.78 [m/s^2], determine en el SI:



a) La presión absoluta del gas en cada compartimiento.
b) La lectura del medidor de presión 2; indique si está operando como manómetro, vacuómetro o barómetro, argumentando su respuesta.

a) $P_{Atm} = \rho_{Hg} g h_{bar} = \left(13\,600\ \left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(9.78\ \left[\frac{m}{s^2}\right]\right)(0.5\ [m]) = 66\,504\ [Pa]$

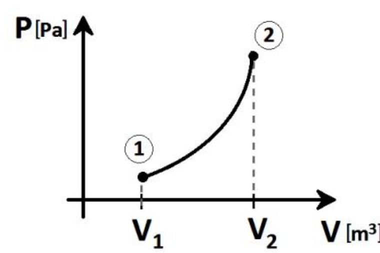
$$P_{absA} = P_{Atm} - L_{VAC1} \quad ; \quad P_{absA} = (66\,504\ [Pa]) - (20\,000\ [Pa]), \qquad \mathbf{P_{absA} = 46\,504\ [Pa]}$$

$$P_{absB} = P_{atm} + L_{man3} = (66\,504\ [Pa]) + (20\,000\ [Pa]) \ , \qquad \mathbf{P_{absB} = 86\,504\ [Pa]}$$

b) $L_2 = P_{absB} - P_{absA} = (86\,504\ [Pa]) - (46\,504\ [Pa]) = 40\ [kPa]$,

$$\mathbf{L_2 = 40\,000\ [Pa]} \ , \qquad \textbf{está como vacuómetro ya que } \mathbf{P_B > P_A}$$

2. Un gas ideal se expande al triple de su volumen original de V_1 = 0.8 litros en un proceso casi-estático (como se muestra en el diagrama) de acuerdo con la siguiente relación: P = K V^2 , donde P es la presión absoluta y V el volumen del gas. Si la presión inicial del gas es 1 [atm], determine la transferencia de calor en el proceso si la energía interna del gas aumentó 1 [kJ].



Sistema termodinámico cerrado, por lo tanto:

$${}_1Q_2 + {}_1W_2 = \Delta U_{12} \ ; \qquad {}_1W_2 = -\int_1^2 P dV =$$

$${}_1W_2 = -\int_1^2 K\, V^2 dV = -K\int_1^2 V^2 dV = -K\left[\frac{1}{3}\ V^3\right]_1^2 = -\frac{1}{3} K\,(V_2^3 - V_1^3) \ ;$$

como: $P_1 = K\,(V_1)^2$, entonces: $K = \frac{P_1}{(V_1)^2}$, por lo tanto: ${}_1W_2 = -\frac{1}{3}\left(\frac{P_1}{(V_1)^2}\right)(V_2^3 - V_1^3)$

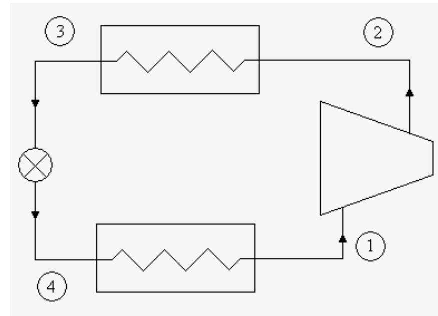
$${}_1W_2 = -\frac{1}{3}\left[\frac{101\,325\ [Pa]}{(0.0008\ [m^3])^2}\right]\left[(0.0024\ [m^3])^3 - (0.0008\ [m^3]^3)\right]$$

$$ {}_{1}W_{2} = -\frac{1}{3}(1.5832 \times 10^{11})(13.312 \times 10^{-9})[\mathrm{J}] \; = \; -702.5186\ [\mathrm{J}] $$

$$ {}_{1}Q_{2} = \Delta U_{12} - {}_{1}W_{2} = (1000\ [\mathrm{J}]) - (-702.5186\ [\mathrm{J}]), \qquad \mathbf{{}_{1}Q_{2} = 1\,702.5186\ [J]} $$

3. En un ciclo de refrigeración, como el que se muestra en el diagrama, se midieron las propiedades que se indican en la tabla. Considerando el ciclo ideal y que el sistema termodinámico es la sustancia de trabajo (refrigerante R134-a), determine para el ciclo:

a) Los flujos energéticos, en [kJ/kg].
b) El rendimiento o coeficiente de operación.



Estado	*presión* [kPa]	*temperatura* [°C]	*entalpia específica* [kJ/kg]	*entropía específica* [kJ/(kg·°C)]
1 *(vapor saturado)*	272.2	– 1.502	397.4	1.728
2 *(vapor sobrecalentado)*	815.4	36.08	420.1	1.728
3 *(líquido saturado)*	815.4	32	244.6	1.153
4 *(mezcla de líquido y vapor)*	272.2	– 1.502	244.6	1.164

a) Considerando que $\Delta E_{\text{cinética}} \approx 0$ y que $\Delta E_{\text{potencial gravit.}} \approx 0$ en cada dispositivo, tenemos:

- en el compresor:

$$ {}_{1}q_{2} + {}_{1}w_{2} = \Delta h_{12} \quad , \qquad {}_{1}q_{2} = 0 $$

$$ \text{entonces} \quad {}_{1}w_{2} = h_{2} - h_{1} = (420.1 - 397.4)\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] = 22.7\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] \quad , \qquad \mathbf{w_{compresor} = 22.7\left[\frac{kJ}{kg}\right]} $$

- en el condensador – enfriador:

$$ {}_{2}q_{3} + {}_{2}w_{3} = \Delta h_{23} \quad , \qquad {}_{2}w_{3} = 0 $$

$$ {}_{2}q_{3} = h_{3} - h_{2} = (244.6 - 420.1)\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] = -175.5\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] \quad , \qquad \mathbf{q_{condensador} = -175.5\left[\frac{kJ}{kg}\right]} $$

- en la válvula de estrangulamiento:

$$ {}_{3}q_{4} + {}_{3}w_{4} = \Delta h_{34}\ ; \qquad {}_{3}q_{4} = 0 \ , \qquad {}_{3}w_{4} = 0 $$

- en el evaporador:

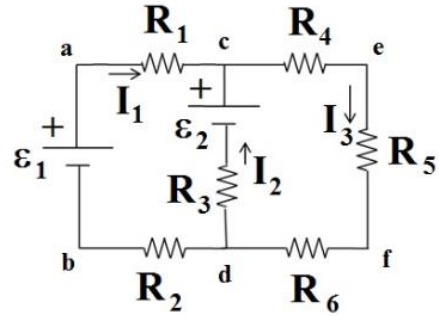
$$ {}_{4}q_{1} + {}_{4}w_{1} = \Delta h_{41} \ , \qquad {}_{4}w_{1} = 0 $$

$$ {}_{4}q_{1} = h_{1} - h_{4} = (397.4 - 244.6)\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] = 152.8\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right] \quad , \qquad \mathbf{q_{evaporador} = 152.8\left[\frac{kJ}{kg}\right]} $$

b) para el cálculo del rendimiento, tenemos: $\beta = \dfrac{q_{evap}}{w_{comp}} = \dfrac{152.8\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]}{22.7\left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]}$

$$ \boldsymbol{\beta = 6.7317\ [1]} $$

4. Para el circuito eléctrico que se muestra, conociendo los valores de las fuentes de fuerza electromotriz y los resistores que se indican, determine:



a) Las corrientes eléctricas I_1, I_2 e I_3.
b) La potencia entregada por la fuente ε_1.
c) La energía que disipa el resistor R_5 en un minuto.

$\varepsilon_1 = 12$ [V] ; $\varepsilon_2 = 10$ [V] ;
$R_1 = R_4 = 6$ [Ω] ; $R_2 = R_3 = 4$ [Ω] ;
$R_5 = R_6 = 2$ [Ω] .

a) Aplicando ley de corrientes de Kirchhoff en el nodo c:

$$I_1 + I_2 = I_3 \ , \qquad I_1 + I_2 - I_3 = 0 \ \ldots.(1)$$

aplicando ley de voltajes de Kirchhoff en la malla izquierda:

$$\varepsilon_1 - R_1 I_1 - \varepsilon_2 + R_3 I_2 - R_2 I_1 = 0 \ , \quad (R_1 + R_2)\, I_1 - R_3 I_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \ ,$$
$$(6+4) I_1 - 4 I_2 = (12 - 10)[\mathrm{V}] \ \ldots(2)$$

aplicando ley de voltajes de Kirchhoff en la malla derecha:

$$(R_4 + R_5 + R_6) I_3 + R_3 I_2 - \varepsilon_2 = 0 \ , \qquad (R_4 + R_5 + R_6) I_3 + R_3 I_2 = \varepsilon_2$$
$$(6 + 2 + 2) I_3 + 4 I_2 = 10 \ \ldots(3)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones formado por (1), (2) y (3):

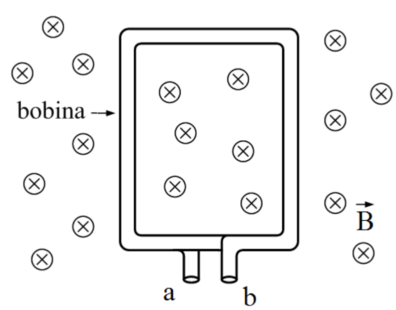
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 10 & -4 & 0 \\ 0 & 4 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 10 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{I_1 = 0.3778}\ [\mathbf{A}] \ , \quad \mathbf{I_2 = 0.9444}\ [\mathbf{A}] \ , \quad \mathbf{I_3 = 0.8222}\ [\mathbf{A}]$$

b) $P_{\varepsilon_1} = \varepsilon_1 I_1 = (12\ [\mathrm{V}])(0.3778\ [\mathrm{A}])$, $\qquad \mathbf{P_{\varepsilon_1} = 4.5336\ [W]}$

c) $U_{R5} = P_{R5}\Delta t = R_5 (I_3)^2 \Delta t = (2\ [\Omega])(0.8222\ [\mathrm{A}])^2 (60\ [\mathrm{s}])$, $\qquad \mathbf{U_{R5} = 81.1215\ [J]}$

5. En un motor eléctrico, una bobina de 50 vueltas y área transversal de 0.12 [m^2] está colocada perpendicularmente a un campo magnético variable cuya dirección es constante, como se indica en la figura. Si el campo magnético aumenta a razón de 20 [mT] cada segundo, determine:

a) La rapidez de variación del flujo magnético que atraviesa la bobina.
b) La diferencia de potencial inducida, es decir v_{ab}. Indique qué punto está a mayor potencial.



$\vec{B}$ = campo magnético que entra a la hoja

a) $\emptyset = \iint \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \iint |\vec{B}| \cdot |\overrightarrow{ds}| \cos\theta$, como $\theta = 0°$, entonces: $\emptyset = B \iint ds = BA$;

dado que el flujo magnético es $\emptyset = B\,A$, podemos escribir

$\frac{d\emptyset}{dt} = \frac{dB}{dt} A$, entonces $\frac{dB}{dt} = \frac{20\ [mT]}{1\ [S]} = 0.02\ \left[\frac{T}{s}\right]$

$$\frac{d\emptyset}{dt} = \left(0.02\ \left[\frac{T}{s}\right]\right)(0.12\ [m^2])\ ; \qquad \boldsymbol{\frac{d\emptyset}{dt} = 0.0024\ \left[\frac{Wb}{s}\right]}$$

b) con base en la ley de Faraday: $|V_{ab}| = \left|-N\frac{d\emptyset}{dt}\right| = (50)\left(0.0024\ \left[\frac{Wb}{s}\right]\right) = 0.12\ [V]$;

y de acuerdo con el Principio de Lenz $V_a > V_b$, por lo tanto

$\boldsymbol{V_{ab} = +0.12\ [V]}$, **"a" está a mayor potencial.**