DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
EXAMEN COLEGIADO DE PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO (1314)
PRIMER EXAMEN FINAL SEMESTRE 2014 – 1
Miércoles 27 de noviembre de 2013, 15:30 horas

Tipo
Osborne Reynolds (1842 – 1912)

Resolución

1. Una esfera hueca de acero, llena, de aire pesa 7.5 [N] y tiene un volumen total de 1 [ℓ]. Conociendo los valores de densidad del acero (ρ_{acero}=7800[kg/m^3]) y del aire (ρ_{aire}=1[kg/m^3]) y considerando que la aceleración gravitatoria del lugar es g=9.78 [m/s^2], determine:

a) La masa de aire contenida en la esfera. Exprese el resultado en gramos.
b) La densidad total de la esfera con aire. Indique si la esfera flota en agua líquida justificando su respuesta.

a) $\rho = \dfrac{m}{V}$, $\quad W_T = m_T g$, $\quad m_T = \dfrac{W_T}{g}$, $\quad m_T = \dfrac{7.5\ [\mathrm{N}]}{9.78 \left[\frac{m}{s^2}\right]} = 0.7669\ [\mathrm{kg}]$;

sea: ac = aceite, a = agua;

$V_{ac} + V_a = V_T$; $\quad V_{ac} + V_a = 0.001\ [\mathrm{m}^3] \ldots \quad (1)$

$m_T = m_{ac} + m_a$, $\quad m_T = \rho_{ac} V_{ac} + \rho_a V_a$, $\quad 0.7669\ [\mathrm{kg}] = \left(7800 \left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) V_{ac} + \left(1 \left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) V_a \ \ldots (2);$

resolviendo el sistema de ecuaciones formado por (1) y (2) :

$V_{ac} = 0.0982 \times 10^{-3}\ [\mathrm{m}^3]$

$V_a = 0.9018 \times 10^{-3}\ [\mathrm{m}^3]$

entonces: $m_a = \rho_a V_a = \left(1 \left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)(0.9018 \times 10^{-3}\ [\mathrm{m}^3]) = 0.9018 \times 10^{-3}\ [\mathrm{kg}]$

$\mathbf{m_a = 0.9018\ [g]}$

b) $\rho_T = \dfrac{m_T}{V_T} = \dfrac{0.7669\ [\mathrm{kg}]}{0.001 [\mathrm{m}^3]}$; $\quad \boldsymbol{\rho_T = 766.9 \left[\frac{kg}{m^3}\right]}$, $\quad$ como $\rho_T < \rho_a$ **la esfera flotaría**.

2. Considere un sistema termodinámico cerrado en el que 0.2 [mol] de aire, como gas ideal, se expande a presión absoluta constante de 100 [kPa] de un volumen inicial de 2 [ℓ] hasta 3.2 [ℓ]. Determine para el proceso:

a) La variación de temperatura. Indique si ésta aumentó o disminuyó.
b) La cantidad de calor asociada e indique si lo entregó el sistema o lo recibió.

a) $P_1 V_1 = n R_u T_1$, $\quad T_1 = \dfrac{P_1 V_1}{n R_u} = \dfrac{(100\,000\ [\mathrm{Pa}])(0.002 [\mathrm{m}^3])}{(0.2 [\mathrm{mol}])\left(8.314 \left[\frac{J}{mol \cdot K}\right]\right)} = 120.279\ [\mathrm{K}]$

$T_2 = \dfrac{P_2 V_2}{n R_u} = \dfrac{(100\,000\ [\mathrm{Pa}])(0.0032 [\mathrm{m}^3])}{(0.2 [\mathrm{mol}])\left(8.314 \left[\frac{J}{mol °K}\right]\right)} = 192.4465\ [\mathrm{K}]$,

$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 192.4465\ [\mathrm{K}] - 120.279\ [\mathrm{K}]$, $\quad \mathbf{\Delta T_{12} = 72.1675\ [K]}$

la temperatura aumentó.

b) ${}_1Q_2 + {}_1W_2 = \Delta U_{12}$, $\quad {}_1Q_2 = \Delta U_{12} - {}_1W_2$, $\quad \Delta U_{12} = m(\Delta u_{12})$ $\quad \Delta U_{12} = m c_v \Delta T_{12}$

$n R_u = m R$, $\quad m = \dfrac{n R_u}{R}$,

$\Delta U_{12} = \dfrac{n R_u}{R} c_v \Delta T_{12} = \dfrac{(0.2\ [\mathrm{mol}])\left(8.314 \left[\frac{J}{mol \cdot K}\right]\right)}{\left(286.7 \left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]\right)} \left(717 \left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]\right)(72.1675\ [\mathrm{K}]) = 300.1049\ [\mathrm{J}]$

${}_1W_2 = -\int_1^2 P dV = -P \int_1^2 dV = -P(V_2 - V_1) = -(100\,000\ [\mathrm{Pa}])(0.0032 - 0.002)[\mathrm{m}^3]$

${}_1W_2 = -120\ [\mathrm{J}]$

${}_1Q_2 = (300.1049\ [\mathrm{J}]) - (-120\ [\mathrm{J}])$, $\quad \mathbf{{}_1Q_2 = 420.1049\ [J]}$

3. Un dispositivo de aire acondicionado se utiliza para mantener la temperatura interior de una habitación a 21 [°C] mientras el exterior está a 38 [°C]. La energía en forma de calor, en cada unidad de tiempo, que retira de la habitación es 15 [kW] y dicho dispositivo tiene el rendimiento de una máquina de Carnot, determine:

a) La potencia mecánica requerida.
b) La variación de entropía del exterior al estar operando el dispositivo durante un minuto.

a) $T_A = T_{ext} = 38 [°C] = 311.15\ [\mathrm{K}]$, $\quad T_B = T_{hab} = 21 [°C] = 294.15\ [\mathrm{K}]$

$\dot{Q}_B = 15\ [\mathrm{kW}]$

$\beta_c = \dfrac{T_B}{T_A - T_B} = \dfrac{294.15\ [\mathrm{K}]}{(311.15 - 294.15)[\mathrm{K}]} = 17.3029\ [1]$

$\beta = \dfrac{\dot{Q}_B}{\dot{W}}$, $\quad \dot{W} = \dfrac{\dot{Q}_B}{\beta} = \dfrac{15\ [\mathrm{kW}]}{17.3029}$, $\quad \mathbf{\dot{W} = 0.8669\ [kW]}$

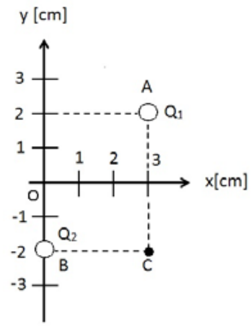
b) $\dot{Q}_A = \dot{W} + \dot{Q}_B = (0.8696\ [\mathrm{kW}]) + (15 [\mathrm{kW}]) = 15.8669\ [\mathrm{kW}]$

$\Delta S_{ext} = \int \dfrac{dQ_A}{T_A} = \dfrac{1}{T_A} Q_A$

$Q_A = \dot{Q}_A \Delta t = (15.8669 \times 10^3 [\mathrm{W}])(60\ [\mathrm{s}]) = 952.014\ [\mathrm{kJ}]$

$\Delta S_{ext} = \dfrac{1}{311.15\ [\mathrm{K}]}(952.014\ [\mathrm{kJ}])$, $\quad \mathbf{\Delta S_{ext} = 3.0596 \left[\frac{kJ}{K}\right]}$

4. Se tienen dos cargas eléctricas puntuales Q_1 y Q_2 ubicadas en los puntos A y B como se indica en la figura. Si el campo eléctrico total en el punto C es $\vec{E}_C = (-120\hat{\imath} - 45\hat{\jmath})(10^3)[\frac{N}{C}]$, determine:



a) La magnitud y signo de cada carga.
b) El potencial eléctrico en el punto C.

A (3,2) [cm]
B (0, – 2) [cm]
C (3, – 2) [cm]

a) $\vec{E}_C = -80\hat{\imath} - 45\hat{\jmath}\left[\frac{kN}{C}\right]$, $\quad \vec{E}_C = \vec{E}_{C1} + \vec{E}_{C2}$;

de acuerdo con la figura: $\vec{E}_{C1} = E_{c1}(-\hat{\jmath})$, $\quad \vec{E}_{C2} = E_{c2}(-\hat{\imath})$, $\quad$ entonces: $Q_1 > 0$ y $Q_2 < 0$

$$|\vec{E}_{C1}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{{r_{AC}}^2}, \qquad |Q_1| = \frac{|\vec{E}_{C1}|{r_{AC}}^2}{k}, \qquad |Q_1| = \frac{\left(45\times10^3\left[\frac{N}{C}\right]\right)(0.04\,[m])^2}{9\times10^9\left[\frac{N\cdot m^2}{C^2}\right]} = 8[nC]$$

$$\mathbf{Q_1 = +8[nC]}$$

$$|\vec{E}_{C2}| = k\frac{Q_2}{{r_{BC}}^2}, \qquad |Q_2| = \frac{|\vec{E}_{C2}|{r_{BC}}^2}{k} = \frac{\left(120\times10^3\left[\frac{N}{C}\right]\right)(0.03\,[m])^2}{9\times10^9\left[\frac{N\cdot m^2}{C^2}\right]} = 12[nC]$$

$$\mathbf{Q_2 = -12[nC]}$$

b) $V_C = V_{C1} + V_{C2}$

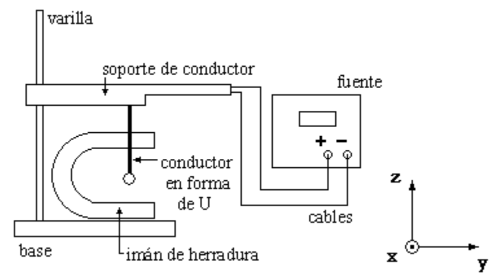
$$V_{C1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r_{AC}} = \left(9\times10^9\left[\frac{N\cdot m^2}{C^2}\right]\right)\left(\frac{8\times10^{-9}\,[C]}{0.04\,[m]}\right) = 1800\,[V]$$

$$V_{C2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2}{r_{BC}} = \left(9\times10^9\left[\frac{N\cdot m^2}{C^2}\right]\right)\left(\frac{-12\times10^{-9}\,[C\}}{0.03[m]}\right) = -3600\,[V]$$

$V_C = 1800\,[V] - 3600\,[V] = -1800\,[V]$, $\qquad \mathbf{V_C = -1.8\,[kV]}$

5. En la práctica de *Campo magnético* realizada en el laboratorio de esta asignatura, un equipo de estudiantes colocó un conductor de 2 [cm] con corriente eléctrica dentro de un campo magnético generado por un imán de herradura como se muestra en la figura. Sabiendo que la corriente eléctrica que circulaba en el conductor en sentido positivo del eje "x" era 2.5 [A], que dicho conductor tenía una longitud de 2 [cm] y que la fuerza magnética que experimentó en la posición mostrada fue $\vec{F} = 8\,\hat{\jmath}$ [mN], determine:

a) El vector campo magnético que generaba el imán de herradura. Indique en un esquema dónde estaban situados cada uno de sus polos.
b) La energía que disipó en conductor durante 3 minutos si la diferencia de potencial que se le aplicó fue 12 [V].



a) i=2.5 [A]

$\vec{\ell} = 0.02\,[m](\hat{\imath})$, $\qquad \vec{F}_m = i\,\vec{\ell}\times\vec{B}$, $\qquad \vec{F}_m = F_m(\hat{\jmath})$, $\qquad |\vec{F}_m| = i|\vec{\ell}||\vec{B}|\,\mathrm{sen}(\alpha)$,

con base en la figura: $\alpha = 90^o$, por lo tanto: $\qquad F_m = i\,\ell\,B$

$$B = \frac{F_m}{i\,\ell} = \frac{8\times10^{-3}\,[N]}{(2.5\,[A])(0.02[m])} = 0.16\,[T] = 160\,[mT]$$

$|\vec{F}_m|(\hat{\jmath}) = i\,|\vec{\ell}|\,(\hat{\imath})\times|\vec{B}|(-\hat{k})$

$$\mathbf{\vec{B} = -160\,\hat{k}\,[mT]}$$

b) $U = P\Delta t = Vi\,\Delta t = (12\,[V])(2.5\,[A])(3)(60\,[s]) = 5400\,[J]$, $\qquad \mathbf{U = 5.4\,[kJ]}$

Osborne Reynolds (1842 – 1912).
Ingeniero y físico irlandés que realizó importantes contribuciones en los campos de la hidrodinámica y la dinámica de fluidos, siendo la más notable la introducción del Número de Reynolds en 1883. Estudió las condiciones en las que la circulación de un fluido en el interior de una tubería pasaba del régimen laminar al régimen turbulento.

unam
donde se construye el
futuro