

Física 2 - Primer semestre

Segundo Parcial, 13 de Julio de 2013

Importante:

- El estudiante deberá hacer un esfuerzo para comunicar claramente su razonamiento. Las respuestas correctas que no incluyan una definición, un esquema o una explicación, serán consideradas como incompletas.
- La prueba es individual y sin material.
- **Por favor, entregar cada ejercicio por separado de los demás, con nombre completo identificando cada uno.**

TABLA de DATOS

Calor específico del aluminio = 900 J/Kg K

Calor específico del agua = 4190 J/Kg K

Calor de vaporización del agua = $2,256 \times 10^6$ J/KgConstante de los gases $R = 8,31$ J/mol KMonoatómico: $C_v = (3/2)R$ Diatómico: $C_v = (5/2)R$ Diatómico: $\gamma = 7/5$ Coeficiente de dilatación lineal del aluminio = 23×10^{-6} 1/°CCoeficiente de dilatación lineal del cobre = 17×10^{-6} 1/°C

Masa molar del Helio = 4,00 g/mol

Problema 1 (10 puntos)

Un bloque de aluminio caliente de 3 Kg inicialmente a una temperatura de 200 °C es sumergido en 1,5 litros de agua contenida en un recipiente adiabático. Inicialmente el agua está a una temperatura de 60 °C.

- Determine la temperatura de equilibrio del sistema
- ¿Qué cantidad de agua se evapora en el proceso?

Problema 2 (10 puntos)

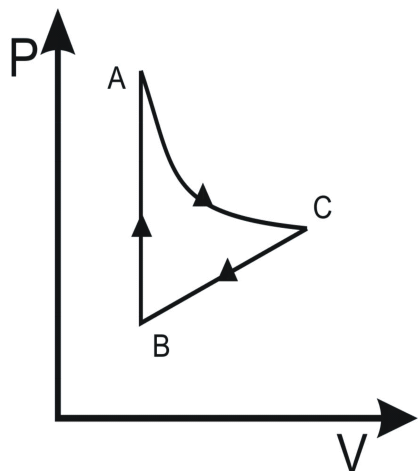
Una chapa de aluminio tiene un orificio circular de 2,000 cm de diámetro sobre el cual reposa un disco de cobre de 2,005 cm de diámetro. Ambos objetos están inicialmente a 0°C y el centro del disco coincide con el centro del agujero. Se empieza a calentar ambos objetos hasta que, para una dada temperatura, el disco se encaja perfectamente al agujero.

- Determine a qué temperatura se da ese efecto.
- ¿Cuál es el diámetro del disco a esa temperatura?

Problema 3 (20 puntos)

Un mol de un gas ideal diatómico sufre el proceso cíclico descrito en el diagrama PV de la figura. El tramo AC representa un proceso adiabático y el tramo AB un proceso isocórico. El tramo BC es un proceso donde la presión crece linealmente con el volumen, o sea, para ese tramo, $P = \alpha V$ siendo α una constante). Sabemos que $P_A = 300$ kPa, $P_B = 100$ kPa y $V_A = 3$ litros.

- Determinar las temperaturas de los puntos A, B y C.
- Determinar el trabajo neto del ciclo.
- Determinar cuánto calor es intercambiado con el ambiente en cada uno de los tramos por separado, indicando si esta cantidad de calor entró o salió del sistema. ¿El ciclo funciona como una máquina térmica o como un refrigerador?



Problema 4 (20 puntos)

Un mol de gas helio (que modelaremos como ideal monoatómico) efectúa un ciclo de Carnot entre 300 K y 400 K. El trabajo efectuado sobre el gas en el ciclo es de -104.5 J.

- Dibuje cualitativamente un diagrama P-V del ciclo.
- Calcule la velocidad media cuadrática de las moléculas del gas en los estados ubicados en los vértices del ciclo.
- Calcule la eficiencia del ciclo.
- Calcule el trabajo efectuado sobre el gas en los procesos de dilatación.
Sugerencia: piense en cuales caminos el gas absorbe o libera calor.
- Calcule la variación de entropía durante la dilatación del gas.

PROBLEMA 1

Primero supongo que todo el calor que pierde el bloque sube la temperatura del agua hasta un valor final de equilibrio T_f

$$m_{Al} c_{Al} (T_f - T_{iAl}) + m_{Ag} c_{Ag} (T_f - T_{iAg}) = 0$$

$\Rightarrow T_f = 102^\circ\text{C}$; No puede ser! El agua líquida a presión normal no puede de 100°C

Supongamos ahora que no se evapora toda el agua, entonces la temperatura final será $T_f = 100^\circ\text{C}$.

$$m_{Al} c_{Al} (T_f - T_{iAl}) + m_{Ag} c_{Ag} (T_f - T_{iAg}) + m_{evap} L = 0$$

$$T_f = 100^\circ\text{C}$$

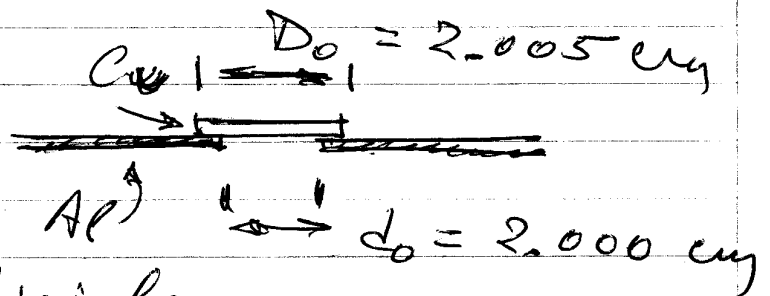
masa de agua
evaporada

calor de
vaporización.

$$\Rightarrow m_{evap} \approx 8.25 \text{ g}$$

Temperatura de equilibrio 100°C

PROBLEMA 2



Dilatación superficial:

$$S = S_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

↳ coef. de dilat. lineal

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D^2 = D_0^2 (1 + 2\alpha \Delta T) \Rightarrow$$

$$D = D_0 \sqrt{1 + 2\alpha \Delta T} \approx D_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$(a) \begin{cases} D_{Cu} = D_0 (1 + \alpha_{Cu} \Delta T) \\ d_{Al} = d_0 (1 + \alpha_{Al} \Delta T) \end{cases} \Rightarrow$$

$$D_{Cu} = d_{Al} \Rightarrow \Delta T = \frac{D_0 - d_0}{d_0 \alpha_{Al} - D_0 \alpha_{Cu}} = 419,6^\circ \text{C}$$

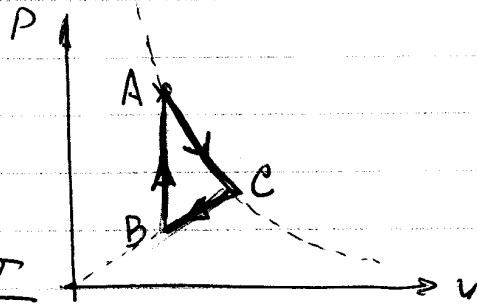
$$(b) D = D_0 (1 + \alpha_{Cu} \times 419,6) = 2.019 \text{ cm.}$$

PROBLEMA 3

(4) $D = 300 \text{ kPa}$
 $P_A = 100 \text{ kPa}$
 $V_A = 3 \text{ lt}$
 $n = 1$

$R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

$\gamma = 7/5$



$$P_A V_A = n R T_A \Rightarrow T_A = 108.3 \text{ K}$$

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{P_B}{P_A} T_A \Rightarrow T_B = 36.1 \text{ K}$$

$$P_B = \alpha V_B \Rightarrow \alpha = \frac{P_B}{V_B} = 33.3 \frac{\text{kPa}}{\text{lt}} = 33.3 \frac{\text{MPa}}{\text{m}^3}$$

$$P_C = \alpha V_C$$

$$\frac{P_A V_A^\gamma}{P_A} = \frac{P_C V_C^\gamma}{P_C} \Rightarrow P_A V_A^\gamma = P_C \left(\frac{P_C}{\alpha} \right)^\gamma \Rightarrow \frac{P_A V_A^\gamma \alpha^\gamma}{P_C^\gamma} = P_C^{\gamma+1}$$

$$P_C = \left(\frac{P_A V_A^\gamma \alpha^\gamma}{P_C^\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma+1}} = 158.05 \text{ kPa}$$

$$V_C = \frac{P_C}{\alpha} = \frac{158.05 \text{ kPa}}{33.3 \text{ kPa/lt}} = 4.75 \text{ lt}$$

$$T_C = \frac{P_C V_C}{n R} \Rightarrow T_C = 90.3 \text{ K}$$

(b) $W_{\text{ciclo}} = W_{AC} + W_{CB}$ $W_{AC} = - \int_{V_A}^{V_C} P dV$ $P V^\gamma = P_A V_A^\gamma$

$$W_{AC} = - P_A V_A^\gamma \int_{V_A}^{V_C} V^{-\gamma} dV = \frac{P_A V_A^\gamma}{\gamma-1} \left(V_C^{-\gamma+1} - V_A^{-\gamma+1} \right)$$

$$W_{AC} = \frac{1}{\gamma-1} \left(\underbrace{P_A V_A^\gamma}_{P_C V_C^\gamma} V_C^{-\gamma+1} - P_A V_A \right) = \frac{P_C V_C - P_A V_A}{\gamma-1} = \frac{n R (T_C - T_A)}{\gamma-1}$$

PROBLEMA 3 (Continuación)

$$W_{AC} = \frac{MR(T_C - T_A)}{\gamma - 1} = -374 \text{ J}$$

$$W_{CB} = - \int_{V_C}^{V_B} p dV = - \alpha \int_{V_C}^{V_B} V dV = - \frac{\alpha}{2} (V_B^2 - V_C^2)$$

$$W_{CB} = 225,8 \text{ J}$$

$$W_{\text{ciclo}} = W_{AC} + W_{CB} = -374 + 225,8 = \boxed{-148,2 \text{ J} = W_{\text{ciclo}}}$$

$$(C) \quad \boxed{Q_{AC} = 0} \quad Q_{CB} = \Delta E_{CB} - W_{CB} = nC_V(T_B - T_C) - W_{CB}$$

$$Q_{CB} = - \frac{5}{2} R (90,3 - 36,1) - 225,8 = \boxed{-1352 \text{ J} = Q_{CB}}$$

(sale calor)

$$Q_{BA} = Q_{\text{ciclo}} - (Q_{AC} + Q_{CB}) \quad Q_{\text{ciclo}} = -W_{\text{ciclo}}$$

$$Q_{\text{ciclo}} = 148,2 \text{ J} \Rightarrow Q_{BA} = 148,2 + 1352 = 1500 \text{ J}$$

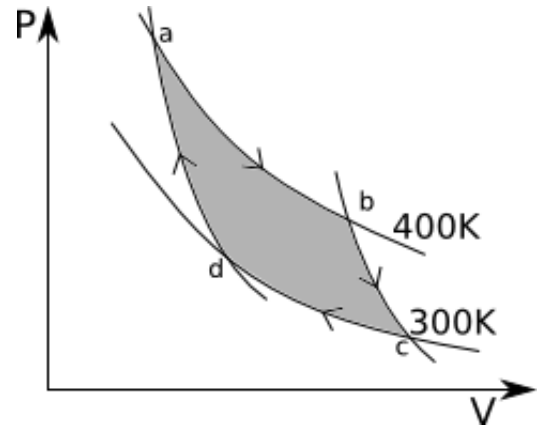
$$\boxed{Q_{BA} = 1500 \text{ J}} \quad (\text{entra calor})$$

El ciclo funciona como máquina térmica porque $W_{\text{ciclo}} < 0 \Rightarrow$ el sistema trabaja sobre el ambiente.

PROBLEMA 4

Procesos y teoría cinética

Un mol de gas helio (que modelaremos como ideal monoatómico, ver masa molar en la tabla de constantes), de $C_v = 12.54 \text{ J/mol.K}$, efectúa un ciclo de Carnot entre 300K y 400K (ver figura). El trabajo efectuado sobre el gas en el ciclo es de -104.5J .



a) Diagrama P-V

b) Calcule la velocidad media cuadrática de las moléculas del gas en los puntos a, b, c y d.

c) Calcular la eficiencia del ciclo.

d) Calcular el trabajo efectuado sobre el gas en los procesos de dilatación (por separado). Sugerencia: utilice la eficiencia calculada en B.

e) Calcular la variación de entropía durante la dilatación del gas.

Solución:

b)

$$M \cdot v_{rms}^2 = 3RT \Rightarrow v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\text{en a y b: } v_{rms} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,314 \text{ J/mol.K} \cdot 400\text{K}}{4 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}}} = 1579.3 \text{ m/s}$$

$$\text{en c y d: } v_{rms} = 1367.7 \text{ m/s}$$

c)

$$e = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = 0.25$$

d)

$$Q_{ab} = Q_H$$

$$e = \frac{W_{ciclo}}{Q_H} = \frac{W_{por\ el\ gas}}{Q_H} = \frac{-W_{sobre\ el\ gas}}{Q_H} \Rightarrow Q_{ab} = \frac{-W_{sobre\ el\ gas}}{e} = \frac{104.5\text{J}}{0.25} = 418\text{J}$$

$$\Delta E_{ab} = Q_{ab} + W_{ab} = 0 \quad (\Delta T = 0)$$

$$\Rightarrow W_{ab} = -418\text{J}$$

$$\Delta E_{bc} = Q_{bc} + W_{bc} = W_{bc} \text{ (adiabático)}$$

$$\Delta E_{bc} = n \cdot C_v \cdot \Delta T = -1246.5\text{J}$$

$$\Rightarrow W_{bc} = -1246.5\text{J}$$

e)

$$\Delta S_{ac} = \frac{Q_{ab}}{400\text{K}} = \frac{418\text{J}}{400\text{K}} = 1.045 \text{ J/K}$$