

Certamen 2. Termodinámica. 28/11/24

Nombre:

Carrera:

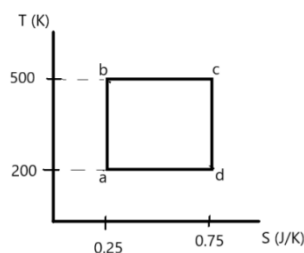
Parte I. Selección múltiple.

P1) Un inventor afirma haber construido una máquina térmica que opera entre temperaturas de 200 K y 100 K con un rendimiento del 60%. Con respecto a su afirmación podemos concluir que:

- A) Es válida
- B) No es válida
- C) Falta información para afirmar su validez.
- D) Ninguna de las anteriores

P2) Un sistema recorre reversiblemente el ciclo **a-b-c-d-a** en el diagrama T-S mostrado en la figura. El flujo neto de calor es:

- A) 250 J
- B) 100 J
- C) -100 J
- D) 150 J

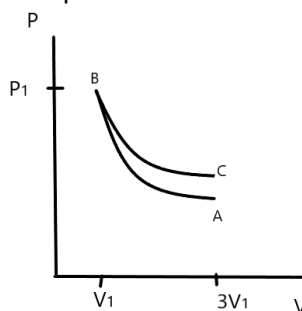


P3) Considere un proceso adiabático irreversible. Con respecto a la entropía del sistema y la del ambiente (medio) podemos decir que:

- A) Aumenta solo la del sistema
- B) No aumenta en ninguna de las dos
- C) Aumenta en las dos
- D) Aumenta solo la del ambiente

P4) Un mol de gas ideal monoatómico se somete a una compresión adiabática (etapa AB) seguida de una expansión isotérmica a la temperatura T_1 (etapa BC), como se muestra en la figura. Las variaciones de entropía, para las etapas AB y BC, son respectivamente:

- A) $\Delta S_{AB} = 0$; $\Delta S_{BC} = 0$
- B) $\Delta S_{AB} = 0$; $\Delta S_{BC} = R \ln 3$
- C) $\Delta S_{AB} = R T_1$; $\Delta S_{BC} = -R \ln 3$
- D) $\Delta S_{AB} = R \ln (1/3)$; $\Delta S_{BC} = 0$



P5) Una máquina de Carnot trabaja entre un depósito caliente a 320 K y un depósito frío a 260 K. Si absorbe 500 J de calor en el depósito caliente. El flujo neto de calor es:

- A) 93.75 J
- B) 0.8125 J
- C) 406.25 J
- D) Ninguna de las anteriores

P6) En una expansión libre de 0.75 moles de un gas ideal desde 1.5 litros hasta 3.0 litros La variación de entropía que experimenta el sistema durante este proceso es:

- A) cero
- B) 4.32 J/K
- C) -4.32 J/K
- D) ninguna de las anteriores

P7) Considere una cantidad fija de un gas ideal monoatómico, cuyas propiedades termodinámicas iniciales son P_0 , V_0 y T_0 . Si este gas experimenta un proceso tal que la presión final es $2P_0$ y el volumen final es $2V_0$. La variación de energía interna es:

- A) 0
- B) $(15/2)(P_0V_0)$
- C) $(9/2)(P_0V_0)$
- D) $(5/2)(P_0V_0)$

P8) El cambio de entalpía, durante un proceso de compresión isobárica, de 2.4 moles de un gas ideal diatómico que se encuentra a 250°C y $200 \times 10^3 \text{ Pa}$ hasta reducir el volumen a la mitad del valor inicial es:

- A) 18263 J
- B) - 18263 J
- C) 13045 J
- D) -13045 J

P9) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?

- A) No es posible un proceso cuyo único resultado sea la transferencia de calor de un foco frío a uno caliente.
- B) Es imposible un dispositivo que operando cíclicamente transforme íntegramente calor en trabajo.
- C) En todo proceso real de un sistema su variación de entropía es positiva o nula.
- D) Todas las afirmaciones anteriores son falsas.

P10) Un sistema se cambia de un estado inicial de equilibrio dado a un estado final de equilibrio dado mediante cualquiera de dos procesos diferentes, uno reversible (rev.) y otro irreversible (irrev.). ¿Cuáles de las siguientes expresiones es verdadera, si ΔS se refiere al sistema?

- A) $\Delta S_{irrev} = \Delta S_{rev}$
- B) $\Delta S_{irrev} > \Delta S_{rev}$
- C) $\Delta S_{irrev} < \Delta S_{rev}$
- D) Ninguna de las anteriores

P11) Sobre la “Muerte térmica del Universo”, se puede considerar como válida (as):

- I) La idea se fundamenta en el segundo principio que nos señala que en un sistema aislado, la entropía tiende a aumentar.
- II) En términos físicos, el Universo habrá alcanzado la máxima entropía.
- III) Se llegaría a una temperatura cercana al cero absoluto.

- A) Solo I
- B) Solo II
- C) Solo II y III
- D) I, II y III

P12) La variación de entropía específica para un gas de van der Waals ($P = \frac{RT}{(v-b)} - \frac{a}{v^2}$), puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

- A) $ds = c_v dT + \left[\frac{a}{v^2} \right] dv$
- B) $ds = \frac{c_v}{T} dT + \frac{R}{(v-b)} dv$
- C) $ds = \frac{c_p}{T} dT - \frac{R}{P} dP$
- D) Ninguna de las anteriores

Parte 2: Problemas

Problema 1 (16 puntos): Un cubo de hielo de 500 gramos pasa de -10°C a 115°C , a presión constante de 1 atm.

a) ¿cuánta energía (calor) se requiere para realizar este proceso.?

b) ¿cuál es la variación de entropía en cada una de las etapas del proceso?

$$\text{Datos: } c_{p,(\text{hielo})} = 2110 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}; c_{p,(\text{vapor})} = 2080 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}; c_{p,(\text{agua})} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg K}};$$
$$l_f = 3.34 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}; l_v = 2.26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Desarrollo:

a) ¿cuánta energía (calor) se requiere para realizar este proceso.?

Q_1 : Calor necesario para elevar la temperatura del hielo de -10°C a 0°C .

Q_2 : Calor necesario para fundir el hielo.

Q_3 : Calor necesario para elevar la temperatura del agua de 0°C a 100°C .

Q_4 : Calor necesario para vaporizar el agua.

Q_5 : Calor necesario para elevar la temperatura del agua de 100°C a 115°C

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = mc_h \Delta T = 0.5 \text{ kg} \times 2110 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times (273 - 263)\text{K} = 10550 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

$$Q_2 = ml_f = 0.5 \text{ kg} \times 3.34 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 167000 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

$$Q_3 = mc_a \Delta T = 0.5 \text{ kg} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^{\circ}\text{C}} \times (373 - 273)\text{K} = 209300 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

$$Q_4 = ml_v = 0.5 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1130000 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

$$Q_5 = mc_v \Delta T = 0.5 \text{ kg} \times 2080 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times (388 - 373)\text{K} = 15600 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q = 1532450 \text{ J} \quad (1 \text{ pto})$$

b) ¿cuál es la variación de entropía en cada una de las etapas del proceso?

ΔS_1 : Hielo de -10°C a 0°C .

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mc_h dT}{T} = mc_h \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 0.5 \text{ kg} \times 2110 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times \ln\left(\frac{273 \text{ K}}{263 \text{ K}}\right) = 39.4 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ (2 pts)}$$

ΔS_2 : fundir el hielo.

$$\Delta S_2 = \frac{Q}{T_f} = \frac{ml_f}{T_f} = \frac{0.5 \text{ kg} \times 3.34 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{273 \text{ K}} = 611.7 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ (2 pts)}$$

ΔS_3 : elevar la temperatura del agua de 0°C a 100°C .

$$\Delta S_3 = \int_{T_2}^{T_3} \frac{dQ}{T} = \int_{T_2}^{T_3} \frac{mc_a dT}{T} = mc_a \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) = 0.5 \text{ kg} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times \ln\left(\frac{373 \text{ K}}{273 \text{ K}}\right) = 653.2 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ (2 pts)}$$

ΔS_4 : vaporizar el agua.

$$\Delta S_4 = \frac{Q}{T_v} = \frac{ml_v}{T_v} = \frac{0.5 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{373 \text{ K}} = 3029.5 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ (2 pts)}$$

ΔS_5 : elevar la temperatura del agua de 100°C a 115°C

$$\Delta S_5 = \int_{T_3}^{T_4} \frac{dQ}{T} = \int_{T_3}^{T_4} \frac{mc_v dT}{T} = mc_v \ln\left(\frac{T_4}{T_3}\right) = 0.5 \text{ kg} \times 2080 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times \ln\left(\frac{388 \text{ K}}{373 \text{ K}}\right) = 41.0 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ (2 pts)}$$

Problema 2 (20 puntos): Un gas ideal diatómico (con $n = 0.274$ moles) a $T_1 = 400$ K, ocupa un volumen $V_1 = 3$ L, estando sometido a una presión $P_1 = 3$ atm. A partir de este estado se realizan las siguientes transformaciones reversibles:

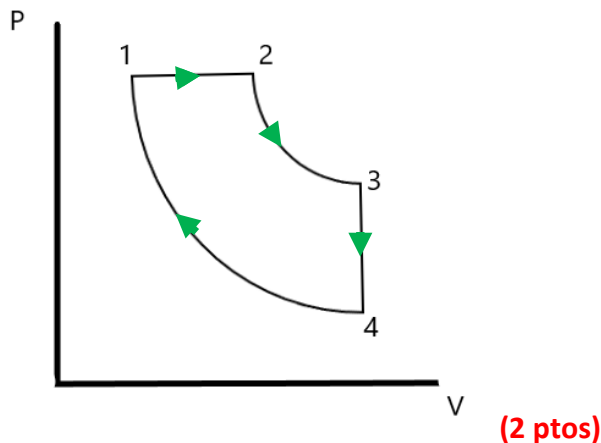
- I) Se expande isobáricamente hasta un valor de volumen $V_2 = 9$ L, siendo la $T_2 = 1200$ K.
- II) A continuación, desde el estado 2 se expande adiabáticamente hasta un volumen $V_3 = 12$ L.
- III) Desde el estado 3, realiza un proceso a volumen constante hasta el estado 4.
- iv) Finalmente, desde el estado 4 y mediante una compresión adiabática recupera su estado inicial (estado 1).

- a) Representar el Ciclo en un diagrama presión-volumen
- b) Determine las temperaturas: T_3 y T_4
- c) Determine el calor en cada una de las etapas del ciclo.
- d) Determine el trabajo neto del ciclo.
- e) Determine el rendimiento del ciclo.
- f) Determine la variación de entropía en cada una de las etapas del ciclo.

Dato: Utilice $R = 8.31$ J/ mol K. Convierta los litros a m^3 y las presiones a pascal.

Datos: $T_1 = 400$ K ; $T_2 = 1200$ K ; $n = 0.274$ moles ; $P_1 = P_2 = 3$ atm ; $\gamma = 1.4$
 aire: gas ideal diatómico: $c_v = \frac{5}{2}R$; $c_p = \frac{7}{2}R$; $R = 8.31 \frac{J}{molK}$
 $V_1 = 3$ L ; $V_2 = 9$ L ; $V_3 = 12$ L ; $1L = 1 \times 10^{-3} m^3$

a) Representar el Ciclo en un diagrama presión-volumen



b) Determine las temperaturas: T_3 y T_4

Desarrollo:

i) Cálculo de T_3 .

Proceso 2-3 adiabático

$$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = T_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = 1200 \text{ K} \left(\frac{9 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{12 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{0.4}$$

$$T_3 = 1069.6 \text{ K} \quad (1 \text{ pto})$$

ii) Cálculo de T_4 .

Proceso 4-1 adiabático

$$T_4 V_4^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1} \rightarrow T_4 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_4} \right)^{\gamma-1} = 400 \text{ K} \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{12 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{0.4}$$

$$T_4 = 229.7 \text{ K} \quad (1 \text{ pto})$$

c) Flujo de calor en cada etapa del ciclo

i) Proceso 1-2 Isobárico

$$Q_{12} = n c_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = n c_p (T_2 - T_1) = n \frac{7}{2} R (T_2 - T_1) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{7}{2} \times 8.31 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \times (1200 - 400) \text{ K}$$

$$Q_{12} = 6375.4 \text{ J} \quad (2 \text{ pto})$$

ii) Proceso 2-3 Adiabático: $Q_{23} = 0$ (1 pto)

iii) Proceso 3-4 Isocórico

$$Q_{34} = n c_v (T_4 - T_3) = n \frac{5}{2} R (T_4 - T_3) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{5}{2} \times 8.31 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \times (229.7 - 1069.6) \text{ K}$$

$$Q_{34} = -4781.0 \text{ J} \quad (2 \text{ pto})$$

iv) Proceso 4-1 Adiabático: $Q_{41} = 0$ (1 pto)

d) Determine el trabajo neto del ciclo.

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0 \rightarrow Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$$

$$W_{\text{ciclo}} = Q_{\text{ciclo}} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 6375.4 \text{ J} + 0 + (-4781.0 \text{ J}) + 0$$

$$W_{\text{ciclo}} = W_{\text{neto}} = 1594.4 \text{ J} \quad (2 \text{ pto})$$

e) Determine el rendimiento del ciclo.

$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_{absorbido}} = \frac{W_{neto}}{Q_{12}} = \frac{1594.4 \text{ J}}{6375.4 \text{ J}} = 0.25 \quad (25\%) \quad (2 \text{ pts})$$

f) Determine la variación de entropía en cada una de las etapas del ciclo.

i) Proceso 1-2 Isobárico

$$\Delta S_{12} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{n c_P dT}{T} = n c_P \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{7}{2} \times 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times \ln \left(\frac{1200 \text{ K}}{400 \text{ K}} \right) = 8.76 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (2 \text{ pts})$$

ii) Proceso 2-3 Adiabático: $Q_{23} = 0$

$$\Delta S_{23} = 0 \quad (1 \text{ pts})$$

iii) Proceso 3-4 Isocórico

$$\Delta S_{34} = \int_{T_3}^{T_4} \frac{dQ}{T} = \int_{T_3}^{T_4} \frac{n c_V dT}{T} = n c_V \ln \left(\frac{T_4}{T_3} \right) = 0.274 \text{ mol} \times \frac{5}{2} \times 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times \ln \left(\frac{229.7 \text{ K}}{1069.6 \text{ K}} \right) = -8.76 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (2 \text{ pts})$$

iv) Proceso 4-1 Adiabático: $Q_{41} = 0$

$$\Delta S_{41} = 0 \quad (1 \text{ pts})$$