Boletín seminario de problemas VII (Termodinámica)

1. Un sistema está compuesto por 3kg de agua a 80°C. Sobre él se realiza un trabajo de 25kJ agitándolo con una rueda de paletas, al mismo tiempo que se le extrae 15kcal de calor. a) ¿Cuál es la variación de la energía interna del sistema?; b) ¿cuál es su temperatura final?

2. Se calienta un mol de gas de oxígeno desde una temperatura de 20°C y una presión de 1atm hasta una temperatura de 100°C. Suponer que el oxígeno es un gas ideal. a) ¿Cuánto calor deberá suministrarse si durante el calentamiento se mantiene constante el volumen?; b) ¿cuánto calor deberá suministrarse si se mantiene constante la presión?; c) ¿cuánto trabajo realizará el gas en la parte b)?

3. El estado inicial de un mol de gas ideal es P_1=3 atm, V_1=1l, y su energía interna es U_1=456J. El gas se deja expansionar a presión constante hasta un volumen de 3l. Entonces se enfría a volumen constante hasta que su presión es de 2atm, siendo su energía interna en la situación final U=912J. a) Representar este proceso en un diagrama PV y calcular el trabajo realizado por el gas; b) determinar el calor absorbido durante este proceso. **No** suponer que todos los procesos son cuasiestáticos.

4. Un mol de gas ideal se encuentra inicialmente en un estado con $P_1 = 3$atm, $V_1 = 1$l y $U_1 = 456$J. El gas se enfría a volumen constante hasta que su presión es de 2atm. Se deja expandir entonces a presión constante hasta que su volumen es de 3l. La energía interna del gas en el estado final es $U = 912$J. a) Representar este proceso en un diagrama PV y calcular el trabajo realizado por el gas; b) determinar el calor absorbido durante este proceso. **No** suponer que todos los procesos son cuasiestáticos.

5. El estado inicial de un mol de gas ideal es $P_1 = 3$atm, $V_1 = 1$l y $U_1 = 456$J. Su estado final es $P_2 = 2$atm, $V_1 = 3$l y $U_1 = 912$J. Todos los procesos considerados son cuasiestáticos. El gas se expansiona isotérmicamente hasta que su volumen es 3l y su presión 1atm. Se calienta entonces a volumen constante hasta que su presión es de 2atm. a) Representar este proceso en un diagrama PV y calcular el trabajo realizado por el gas; b) determinar el calor absorbido durante este proceso.

6. El gas del problema anterior (con los mismos estados inicial y final) se expande y se añade calor de tal forma que el gas sigue una línea recta en el diagrama PV desde el estado inicial al final. a) Representar este proceso en un diagrama PV y calcular el trabajo realizado por el gas; b) determinar el calor absorbido durante este proceso.

7. Un mol y medio de helio se expansiona mediante un proceso adiabático y cuasiestático desde una presión inicial de 5atm y una temperatura de 500K hasta una presión final de 1atm. Calcular: a) la temperatura final del sistema; b) el volumen final del sistema; c) el trabajo realizado por el gas; d) la variación de energía interna del mismo.

8. Dos moles de un gas ideal monoatómico tienen una presión inicial de $P_1 = 2$atm y un volumen inicial $V_1 = 2$l. Se obliga al gas a realizar cuasiestáticamente el siguiente proceso cíclico: se expansiona isotérmicamente hasta que tiene un volumen $V_2 = 4$l, luego se calienta a volumen constante hasta que su presión vale $P_3 = 2$atm, y finalmente se enfría a presión constante hasta que vuelve hasta su estado inicial. a) Dibujar este ciclo en un diagrama PV; b) calcular el calor añadido y el trabajo realizado por el gas durante cada parte del ciclo; c) hallar las temperaturas T_1, T_2 y T_3.

9. Un gas ideal de n moles se encuentra inicialmente a presión P_1, volumen V_1 y temperatura T_h. Experimenta una expansión isotérmica hasta que su presión y volúmenes son P_2 y V_2. Luego se expande adiabáticamente hasta que la temperatura es T_c y la presión y el volumen son P_3 y V_3. A continuación se comprime isotérmicamente hasta alcanzar la presión P_4 y el volumen V_4, el cual está relacionado con el volumen inicial por $T_c V_4^{\gamma-1} = T_h V_1^{\gamma-1}$. El gas entonces se comprime adiabáticamente hasta recuperar su estado original. a) Suponiendo que cada una de las etapas es cuasiestática, representar este ciclo en un diagrama PV (este ciclo se denomina *ciclo de Carnot* para un gas ideal); b) demostrar que el calor absorbido Q_h durante la expansión isotérmica a T_h es $Q_h = nRT_h ln(\frac{V_2}{V_1})$; c) demostrar que el calor cedido Q_c por el gas durante la compresión isotérmica a T_c es $Q_h = nRT_c ln(\frac{V_3}{V_4})$; d) utilizando el resultado de que para una expansión adiabática $TV^{\gamma-1}$ es constante, demostrar que $V_2/V_1 = V_3/V_4$; e) el rendimiento del *ciclo de Carnot* viene definido por el trabajo neto realizado dividido por el calor absorbido Q_h. Teniendo en cuenta el primer principio de la termodinámica, demostrar que este rendimiento es $1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|}$; f) utilizando los resultados previos, demostrar que $\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$.

10. Una empresa quiere construir un tanque para gas formado por un recipiente de paredes adiabáticas con una *tapa* (también adiabática) de 100m^2 de sección. El borde exterior de la tapa está directamente expuesto a la atmósfera. La tapa normalmente está sujeta por calzos mecánicos, aunque puede liberarse y desplazarse verticalmente bajo la acción conjunta del gas y de la gravedad (figura 1). Se pide: (a) si la presión máxima que soportan las paredes laterales es de 3atm, calcula la masa máxima que podría tener la tapadera cuando hay cierta cantidad de gas en el interior; (b) la capa se construye finalmente con 500kg de masa. Dentro del tanque hay un barómetro que marca 0,1atm cuando **os c zos s e n p** a 15m del suelo. En el recipiente hay 6000 moles de un gas ideal diatómico. Si se retiran los calzos, calcula la altura a la que queda la tapa del suelo en el equilibrio, así como la temperatura final del gas y su variación de energía interna.

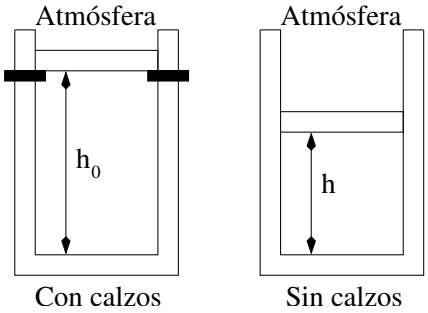


Figura 1: *Problema 10*

11. Un recipiente está formado por dos compartimentos, uno totalmente adiabático y otro con una única pared permeable al calor que está en contacto con el exterior, **e c c ´ co o f en e de c or** y está a una temperatura constante de 450K. Cada compartimento contiene un mol de gas ideal diatómico. Los compartimentos están separados entre sí por una pared adiabática, de espesor despreciable y superficie 0.25m^2 que puede desplazarse a lo largo del eje x (figura 2). Inicialmente ambos gases están en equilibrio, a la misma presión y temperatura, con la pared a 0.5m de cada extremo. Al cabo de un cierto tiempo t el gas 1 ha absorbido 1517J. Se pide: (a) la posición de la pared móvil en ese instante.

Supóngase que el proceso tiene lugar a lo largo de una sucesión de procesos de equilibrio, aunque **es e es do no es de eq r o ec n co**; (b) la variación de energía interna de cada gas, el calor y el trabajo intercambiado por cada uno; (c) la presión a ambos lados de la pared.

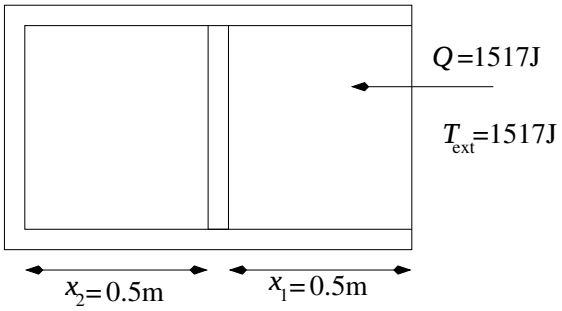


Figura 2: *Problema 11*

12. En la figura 3 aparece un cilindro de sección S que está formado por dos cámaras A y B separadas entre sí por un pistón. Éste está unido por un resorte de constante elástica $k = 3\text{Nm}^{-1}$ a otro pistón dotado de un vástago. Cada cámara contiene un mol de gas ideal monoatómico. El pistón y todas las paredes del cilindro son adiabáticos, con excepción de la pared exterior de la cámara B, la cual está en contacto con el exterior. Éste actúa como fuente de calor. Inicialmente los dos compartimentos tienen el mismo volumen, $V_0 = 2\text{m}^3$. Se desplaza muy lentamente el vástago hasta que la presión en la cámara A dobla a la presión inicial ($P_0 = 10^5\text{Nm}^{-2}$). Si pide: (a) lo que se ha desplazado el pistón intermedio; (b) el trabajo intercambiado por cada cámara, especificando si se trata de trabajo realizado por el gas o sobre éste; (c) la variación de energía interna de cada gas.

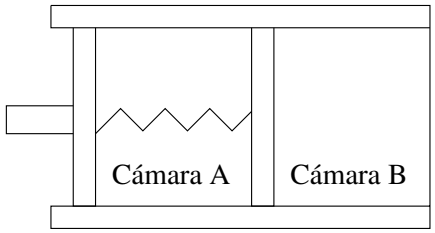
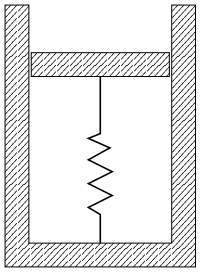


Figura 3: *Problema 12*

13. El pistón muy largo de paredes adiabáticas de la figura 4 contiene dos moles de un gas ideal monoatómico ($C_v = \frac{3}{2}nR$; $C_p = \frac{5}{2}nR$). Un muelle de constante $k = 2\text{N/m}$ une el fondo del pistón con el borde inferior de la tapa (también adiabática), la cual tiene 10kg de masa y una superficie de 0.1m^2. En el estado inicial, la tapa está a 0.5m del fondo y el muelle está en equilibrio (es decir, no está ni estirado ni comprimido y por tanto no ejerce ninguna fuerza). La presión atmosférica es de 101325Pa. Empieza a llover y la parte superior se va llenando lentamente de agua hasta que la presión **d e g s** ha aumentado en un 20 % con respecto a su presión inicial (nuevo estado de equilibrio). Determina: (a) la presión y temperatura iniciales del gas, (b) la temperatura final del gas, la longitud que se ha contraído el muelle y la masa de agua que se ha acumulado sobre la tapa; (c) la

variación de energía interna del gas y el calor y el trabajo intercambiados por éste; (d) ¿Se realiza trabajo sobre el gas o es el gas el que lo realiza? DATOS: $R = 8{,}314\text{J/K} \cdot \text{mol}$; $g = 10\text{m/s}^2$. NOTA: Considera las siguientes aproximaciones: (1) el muelle no absorbe calor; (2) el muelle no se dilata; (3) la energía potencial del muelle es despreciable.