



FÍSICA

2.- Dispónse dun cilindro de 20 cm de diámetro cun pistón libre de rozamentos e transmisor perfecto de calor, unido a un vástago. Pónse o cilindro vertical, co vástago cara arriba e suxeitase este de maneira que o pistón situado no centro do cilindro divide ao mesmo en dous volumes iguais de 20 L cada un, cheos de ar, considerado un gas perfecto, a presión e temperatura ambientes, que se atopan a 1 atm e 25° C. O cilindro é estanco por ámbalas partes e termicamente illado do exterior. Apóíase un peso de 500 kg no vástago e se libera o conxunto pistón-vástago-peso, que se despraza cara abaixo para logo volver cara arriba, orixinándose un movemento de vaivén ata que finalmente, por fricción co ar interior, o conxunto estabilízase en certa posición. Determinar:

a) As variables termodinámicas -P, V e T- do ar nos dous compartimentos cando se estabiliza e o traballo recibido polo conxunto do ar no cilindro.

b) ¿Hai traballo non útil?. ¿Cal é o incremento total de entropía no universo?.

Datos: $R = 0,287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. $C_p = 1,0043 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. $C_v = 0,7165 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

2. Se dispone de un cilindro de 20 cm de diámetro con un pistón libre de rozamientos y transmisor perfecto de calor, unido a una barra. Se pone el cilindro vertical, con la barra hacia arriba y se sujeta de manera que el pistón situado en el centro del cilindro divide el mismo en dos volúmenes iguales de 20 L cada uno, llenos de aire, considerado un gas ideal, a presión y temperatura ambiente, que son 1 atm y 25 °C. El cilindro está sellado en ambos lados y térmicamente aislado del exterior. Se apoya un peso de 500 kg en el eje y se libera el conjunto pistón-vástago-peso, que se desplaza hacia abajo para luego volver hacia arriba, originando un movimiento de vaivén hasta que finalmente, por la fricción con el aire interior, el conjunto se estabiliza en cierta posición. Determinar:

a) Las variables termodinámicas P, V y T del aire en los dos compartimentos cuando se estabiliza y el trabajo recibido por todo el aire en el cilindro.

b) ¿Hay trabajo no útil?. ¿Cuál es el aumento total de la entropía en el universo?.

Datos: $R = 0,287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. $C_p = 1,0043 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. $C_v = 0,7165 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

Referencias:

<http://forum.lawebdefisica.com/threads/34882-Problema-de-piston-que-se-desplaza>

<http://opsfisquim.blogspot.com.es/2015/06/recopilacion-de-problemas-del-foro.html>

[http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cálculos_de_entropía_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Cálculos_de_entropía_(GIE))

http://laplace.us.es/wiki/index.php/Segundo_Principio_de_la_Termodin

[.%C3%A1mica#Trabajo_.C3.BAtil_total](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Segundo_Principio_de_la_Termodin#%C3%A1mica#Trabajo_.C3.BAtil_total)

Problemas donde se cita variación entropía universo: 1994 Cataluña B3, 2000 Cataluña A2, 2000 Cataluña C3, 2001 Cataluña A3.

En general en problemas de termodinámica debemos comenzar dejando claro el convenio de signos usado: se utiliza el convenio IUPAC según el cual la primera ley es $\Delta U = Q + W$, $Q > 0$ y $W > 0$ son aportados al sistema (no se utiliza el convenio Clausius según el cual es $\Delta U = Q - W$)

Describimos la **situación inicial, antes de poner el peso.**

Usamos subíndice i para inicial, 1 para compartimento por debajo del pistón y 2 para compartimento por encima del pistón.

Asumimos que el volumen de la barra/vástago es despreciable y no interviene térmicamente.

$P_{1i} = P_{2i} = 1 \text{ atm}$

$V_{1i} = V_{2i} = 20 \text{ L}$



$$T_{1i}=T_{2i}=T_i=273+25=298 \text{ K}$$

Convertimos el dato de R dado a atm·L, calculando el factor de conversión entre $J = \text{Pa} \cdot \text{m}^3$ y atm·L

$$\frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 101,325 \frac{\text{J}}{\text{atm} \cdot \text{L}}$$

$$R = 0,287 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1 \text{ atm} \cdot \text{L}}{101,325 \text{ J}} = 2,83247 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad (\text{Usando 3 cifras: } 2,83)$$

>Conociendo que $R=0,082 \text{ atm} \cdot \text{L}/\text{K} \cdot \text{mol}$, podemos conocer la masa molar media, que son $(0,082/2,83) \cdot 1000 = 28,95 \text{ g/mol}$ gas

$$m_{1i} = m_{2i} = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \cdot 20}{2,83 \cdot 298} = 0,0237 \text{ kg}$$

Conociendo el volumen inicial de cada compartimento y su sección, podemos calcular la altura inicial de cada compartimento

Si el diámetro son 20 cm, el radio del pistón es 0,1 m.

$$V = S \cdot h \Rightarrow 20 \cdot 10^{-3} = \pi \cdot 0,1^2 \cdot h \Rightarrow h = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,1^2} = 0,63662 \text{ m}$$

El cilindro en total tiene $2 \cdot 0,63662 = 1,27324 \text{ m}$ de altura.

Describamos la **situación final, una vez se ha estabilizado con el peso encima**.

Usamos subíndice f para final.

No se proporciona g como dato, usamos $g=9,8 \text{ m/s}^2$

Numeramos ecuaciones

$$[1] \quad V_{1f} + V_{2f} = 40 [L] \quad (\text{el volumen total son } 40 \text{ L})$$

$$[2] \quad T_{1f} = T_{2f} = T_f \quad (\text{interconectados por un pistón que es transmisor de calor})$$

$$[3] \quad m_{1f} = m_{2f} = m = 0,0237 [kg]$$

En el compartimento 1 (debajo), la presión final es la suma de:

-la presión que ejerce la masa a través del pistón (más masa supondría más P_{1f})

-la presión que ejerce el compartimento de arriba (más presión arriba supondría más P_{1f})

No consideramos que haya que sumar la presión atmosférica: aunque enunciado indica "...se sujeta de manera que el pistón situado en el centro del cilindro divide el mismo en dos volúmenes iguales ... a presión y temperatura ambiente, que son **1 atm** y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ", solamente indica el valor de la presión inicial. Se indica "El cilindro está sellado en ambos lados" por lo que no actúa sobre el compartimento inferior la presión atmosférica directamente, y la presión atmosférica que actúa sobre la barra no la consideramos.

Por ello, usando la equivalencia $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

$$P_{1f} [atm] = P_{2f} [atm] + P_{\text{peso}} [atm] = P_{2f} + \frac{m \cdot g}{S} [atm] = P_{2f} + \frac{500 \cdot 9,8}{\pi \cdot 0,1^2} \cdot \frac{1}{101325} = P_{2f} + 1,54 [atm]$$

$$[4] \quad P_{1f} = P_{2f} + 1,54 [atm]$$

Al mismo tiempo

$$P_{1f} V_{1f} = m_{1f} RT_{1f} = m RT_f = 0,0237 \cdot 2,83 \cdot T_f = 0,067 T_f [atm \cdot L]$$

$$[5] \quad P_{1f} V_{1f} = 0,067 T_f [atm \cdot L]$$

$$P_{2f} V_{2f} = m_{2f} RT_{2f} = m RT_f = 0,0237 \cdot 2,83 \cdot T_f = 0,067 T_f [atm \cdot L]$$

$$[6] \quad P_{2f} V_{2f} = 0,067 T_f [atm \cdot L]$$

Describamos el proceso entre esas dos situaciones: el cilindro está aislado térmicamente del exterior y no intercambia calor, por lo que se puede pensar en un proceso adiabático, pero el proceso de cada compartimento es separado y no podemos considerar solamente una suma de dos procesos adiabáticos ya que aunque no haya aporte de calor al sistema global de los dos cilindros, sí hay aporte de trabajo al sistema al colocar la masa, y hay intercambio de calor entre los dos compartimentos. Pero sí podemos considerar el proceso como una suma de varios procesos, y se